

ERGONOMÍA

Vibraciones y

Contaminación

INDICE

CONTENIDO	PÁGINA
PROLOGO	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. GENERALIDADES	7
3. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DEL HOMBRE A LAS VIBRACIONES	14
4. CONSECUENCIAS DE LAS VIBRACIONES	18
4.1. EFECTOS DE AMPLIACIÓN Y ATENUACIÓN	20
4.2. EFECTOS DE LA ACELERACIÓN (NOTA)	24
5. ESTUDIO DE VIBRACIONES	25
5.1. MÉTODOS DE MEDICIÓN	27
5.2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	28
5.2.1. TRADUCTOR	29
5.2.1.1. TRADUCTOR PARA VIBRACIONES GLOBALES	32
5.2.1.2. TRADUCTORES PARA VIBRACIONES MANO-BRAZO	33
5.2.2. PREAMPLIFICADORES	33
5.2.3. ANALIZADORES	33
5.2.4. REGISTROS	34
5.2.5. MEDIDAS A TENER EN CUENTA EN LA MEDICIÓN	37
5.2.6. LÍMITES DE EXPOSICIÓN	38
5.3. CONSIDERACIONES Y ENFERMEDADES	62
5.3.1. CONSIDERACIONES GENERALES	62
5.3.2. DIRECCIÓN DE LAS VIBRACIONES	63
5.3.3. MAGNITUDES	63
5.3.4. UNIÓN MANO Y FUENTE DE VIBRACIÓN	65
5.3.5. CONDICIONES Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN	65
5.3.6. EXPOSICIÓN DIARIA	66
5.4. ENFERMEDADES RESULTANTES DE LAS VIBRACIONES	70
5.5. CONTROL DE VIBRACIONES	77
6. LAS VIBRACIONES EN MÁQUINAS	85
6.1. LAS VIBRACIONES EN MÁQUINAS TODO TERRENO	85
6.1.1. CONTROL DE LAS VIBRACIONES EN MÁQUINAS TODO TERRENO	91
6.1.2. CURVAS DE APLICACIÓN	93
6.2. VIBRACIONES CAUSADAS POR HERRAMIENTAS	98
6.2.1. REDUCCIÓN DE LAS VIBRACIONES EN LAS HERRAMIENTAS	100
6.2.1.1. LLAVES DE IMPACTO Y HERRAMIENTAS DE IMPULSO	100
6.2.1.2. MARTILLOS REMACHADORES	102
6.2.1.3. SUFRIDERAS	103

6.2.1.4.	DESINCRUSTADORES	103
6.2.1.5.	HERRAMIENTAS DE PERCUSIÓN	104
6.2.1.5.1.	CINCELADORES	104
6.2.1.6.	AMOLADORAS	105
6.2.1.6.1.	LIMADORAS	105
6.2.1.6.2.	AMOLADORAS FIJAS	106
6.2.1.6.3.	AMOLADORAS ANGULARES Y VERTICALES	106
6.2.1.6.4.	TURBO AMOLADORAS	107
7.	SUSTANCIAS NOCIVAS SOBRE EL HOMBRE	110
8.	CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS CONTAMINANTES	112
9.	EFECTO DE LAS SUSTANCIAS SOBRE EL HOMBRE	145
10.	EFECTO DE LAS SUSTANCIAS NOCIVAS	146
11.	VIAS DE ENTRADA DE LOS CONTAMINANTES EN EL ORGANISMO	149
12.	ANATOMÍA	150
12.1	SISTEMA RESPIRATORIO	150
12.1.1.	MECÁNICA RESPIRATORIA	157
12.1.2.	CANTIDAD DE AIRE RESPIRADO	159
12.1.3.	EL AIRE EN LOS ALVEOLOS	160
12.1.4.	INCORPORACIÓN DEL OXIGENO	160
12.1.5.	TRANSPORTE DEL OXÍGENO	161
12.1.6.	TRASPORTE DE ANHIDRIDO CARBONICO	163
12.2.	SISTEMA DIGESTIVO	163
12.2.1.	DIGESTIÓN	180
12.2.2.	ABSORCIÓN	183
12.2.3.	VÍAS URINARIAS	184
12.3.	PIEL	187
12.4.	CONJUNTIVAS	187
13.	RELACIÓN DOSIS-RESPUESTA/DOSIS EFECTO	187
14.	MECANISMOS DE TOXICIDAD	191
15.	ABSORCIÓN EN GENERAL	192
15.1.	ABSORCIÓN POR FILTRACIÓN	193
15.2.	ABSORCIÓN PASIVA	193
15.3.	ABSORCIÓN POR DIFUSIÓN FACILITADA	193
15.4.	ABSORCIÓN POR TRANSPORTE ACTIVO	194
15.5.	ABSORCIÓN POR ENDOCITOSIS	194
16.	DISTRIBUCIÓN, LOCALIZACIÓN Y ACUMULACIÓN	200
17.	ELIMINACIÓN DE LOS XENOBIÓTICOS	203
18.	EXPOSICIÓN A MEZCLAS DE SUSTANCIAS	206
19.	EVALUACIÓN DE LAS SUSTANCIAS NOCIVAS	207
20.	LISTADO DE CHEQUEO PARA LA CONFORMACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO	208
21.	ENFERMEDADES PROVOCADAS POR SUSTANCIAS NOCIVAS	209
21.1	ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR SUSTANCIAS	210

	QUÍMICAS	
21.2.	ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR EL POLVO	210
21.3	ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS	212
22.	CALIDAD DEL AIRE EN ESPACIOS CERRADOS (Síndrome del edificio enfermo)	213
22.1.	EPIDEMIOLOGIA DEL S.E.E	214
22.2.	CAUSAS RESPONSABLES DEL S.E.E.	215
23.	MEDICIONES DE LAS SUSTANCIAS TÓXICAS	220
23.1.	TOMA DE MUESTRA.	221
23.2	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DIRECTA DE CONTAMINANTES	222
23.3.	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DIRECTA DE LA MUESTRA DE AIRE	229
23.4.	OTROS DETECTORES DE CONTAMINACIÓN	230
23.5.	CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMITIDAS	230
23.6.	CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMITIDAS	231
24.	PROTECCIÓN PERSONAL	235
24.1.	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	236
24.1.1.	PROTECCIÓN DE LOS OJOS Y CARA	237
24.1.2.	PROTECCION DE LOS DEDOS, LAS MANOS Y LOS BRAZOS	238
24.1.3.	PROTECCION DE LOS PIES Y LAS PIERNAS	242
24.1.4.	PROTECCION DEL TORAX Y EL ABDOMEN	243
24.2.	CAPACITACION	246
24.3.	MANTENIMIENTO	246
24.4.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS	247
24.4.1.	MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS	256
24.5.	EXAMENES MÉDICOS	257
24.6.	PRECAUCIONES	257
24.7.	CONTROL Y PREVENCIÓN DE CONTAMINANTES EN LAS HERRAMIENTAS	262
24.7.1.	CONTROL DE POLVOS	263
24.7.2.	SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE POLVO EN HERRAMIENTAS	264
24.7.2.1.	LIJADORA DE DISCO	264
24.7.2.2.	LIJADORAS ORBITALES Y ROTO-ORBITALES	264
24.7.2.3.	AMOLADORAS DE CENTRO HUNDIDO	264
24.7.2.4.	AMOLADORA RECTA	264
24.7.2.5.	AMOLADORA DE TROQUEL	265
24.7.2.6.	AMOLADORAS CON TAMBOR RECUBIERTO DE DIAMANTE	265
24.7.2.7.	TALADRADORAS	265
25.	FUENTES DE ASPIRACIÓN	266
26.	PROBLEMÁTICA EN EQUIPOS DE SOLDAR	267
	BIBLOGRAFÍA	275

PROLOGO

En la primera parte tomamos la problemática de la biomecánica y antropometría esfuerzos manejo de cargas y ruido, este último no considerado en la elección de herramientas pero muy importante desde el punto de vista de la salud del trabajador usuario de los equipos

En esta segunda parte se toma la problemática de las vibraciones, algo también poco tomado en cuenta pese a las distintas normativas legales nacionales e internacionales para luego proseguir con el diseño fundamental de las herramientas pero ya con todos los elementos necesarios a tener en cuenta que entra en juego en este libro que si bien como se menciona en el 1º volumen tiene su origen en una edición anterior en la cual se realizó en su momento para llenar el hueco que existía en el área de Higiene y Seguridad en el trabajo para aplicar la ergonomía en el uso de herramientas, es necesario ahora actualizarlo a las exigencias que impone la industria al hombre



Prof. Lic. José Luis Melo

1. INTRODUCCIÓN

Como se menciona en todo estudio de sonidos las vibraciones son las productoras de ellos, las hojas de los árboles, las cuerdas de los instrumentos una botella, etc. producen sonidos porque de hecho hay algo en ellas que vibra.

En la industria es común encontrar fuentes que junto con el ruido generen vibraciones.

En la vida diaria también nos encontramos que el hombre esta sometido a vibraciones si tener que estar trabajando, como por ejemplo por efecto al que una persona está sometida al estar viajando en los vehículos de transporte de pasajeros, estar parado en el andén de una estación de ferrocarril, mientras pasa un tren, etc.

Los efectos que causa sobre el hombre pueden llegar a ser importantes, además está el hecho que las vibraciones se caracterizan por afectar zonas muy extensas del cuerpo, incluso, según el caso, la totalidad del cuerpo, originando respuestas inespecíficas en la generalidad de los casos, como ser mareos, dolores articulares, cefaleas, trastornos respiratorios, trastornos gástricos, etc..

2. GENERALIDADES

Físicamente se puede definir al **movimiento vibratorio armónico** como, **es el que toma un punto sometido a una fuerza atractiva proporcional a su distancia al centro de atracción**

El movimiento de una cuerda tensa fija en los extremos, o el movimiento del parche de un tambor al ser golpeado, se denominan movimientos vibratorios, son en si movimientos de oscilación muy rápidos, debido a la elasticidad de los cuerpos vibrante, a los cuales se les puede aplicar la definición correspondiente para el movimiento pendular debido a la fuerza de gravedad

Algebraicamente se representa como sigue:

$$E = a/2 \text{ sen } 2\pi t/ T$$

E = elongación al cabo del tiempo t

A = amplitud del movimiento

π = es la relación de la circunferencia con el diámetro

T = el período

La representación gráfica se presenta en la **figura 1**. donde las elongaciones están en las ordenadas y los tiempos en las abscisas

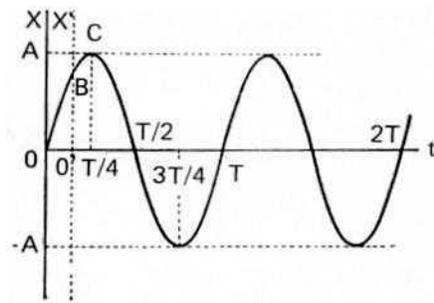


Figura 1.

Las vibraciones son movimientos periódicos de un sólido que se transmite en forma directa por el simple contacto entre sólidos.

NOTA:

Las vibraciones en líquidos y sólidos llegan a recorrer grandes distancias antes de producir sonidos en el aire, además dichas vibraciones pueden llegar a causar resonancias en estructuras distantes, por lo que se aconseja eliminar las vibraciones lo más próximo posible a la fuente

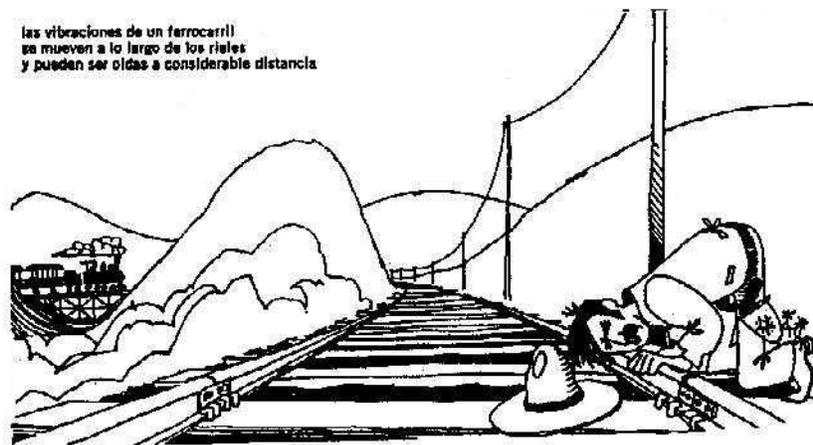


Figura 2

NOTA:

Los indios para percibir ruido (pisadas) colocaban un oído sobre el piso.

Las vibraciones están formadas por ondas similares a las del ruido las cuales pueden ser de amplitud constante o variable, pero de baja frecuencia, que no tienen porque producir ruidos audibles.

Las vibraciones por lo general no exceden de los 100 ciclos por segundo (100 Hz), las mismas por su característica no estimulan el oído humano, pero afectan al cuerpo por contacto. Pero cabe hacer notar que en algunos casos llegan a frecuencias de 2 000 Hz, que se propagan por sólidos (generalmente vehículos, con elementos que giran a la gran velocidad, llegando a las 100 000 RPM)

La necesidad de estudiar los efectos de las vibraciones responde a diversas causas:

- Algo que vibra puede producir ruido, (Si se desea silenciar un equipo lo primero que hay que observar es la existencia de vibraciones, con el fin de eliminarlas o a su defecto reducirlas)
- Las vibraciones son las consecuencias de un mal diseño o de un desgaste, por lo cual son muy estudiadas en el mantenimiento predictivo
- Las vibraciones con fuertes aceleraciones (muy intensas) suele ser un gran riesgo a la salud de los individuos que se encuentran en su presencia, generando siempre molestias y cansancio. (esto es muy frecuente en le transporte de pasajeros y el conductor del vehículo suele ser la principal víctima)
- Las grandes vibraciones llegan a ser un serio riesgo a la estabilidad de construcciones civiles o mecánicas dado que son las promotoras de la fatiga de los materiales.

Algunos autores de la formula anterior de las vibraciones (expresadas en función del desplazamiento, la velocidad y la aceleración) las presentan como:

$$X = A \text{ sen } wt$$

X = desplazamiento respecto a su posición de reposo

A = desplazamiento máximo

W = pulsación = $2\pi f$

Si t, representa el tiempo que emplea el sistema en volver a su posición original en dirección y sentido, lo denominamos período, en otras palabras **se define periodo al tiempo en que tarda un punto en volver a su lugar de origen en dirección y sentido**

La inversa del período se la denomina frecuencia de vibración

$$f = \frac{1}{T}$$

La unidad de medida de la frecuencia de vibración es la misma que la del sonido Hertz (Hz)

El valor de w en la expresión de la función senusoidal, es llamado pulsación o frecuencia angular. La frecuencia angular está relacionada con la frecuencia y el período

$$W = 2f = 2 \frac{\pi}{T}$$

El desplazamiento máximo se lo denomina amplitud (ver **figura 3.**)

La mayoría de las vibraciones que nos encontramos en la practica son del tipo senusoidal, pero esto no quita el hecho que en muchos casos hay ondas que no tienen nada comparable con una senoide, pero si siempre llevan una función periódica.

Es de hacer notar que toda función periódica de vibraciones se puede descomponer en una o más funciones senusoidales.

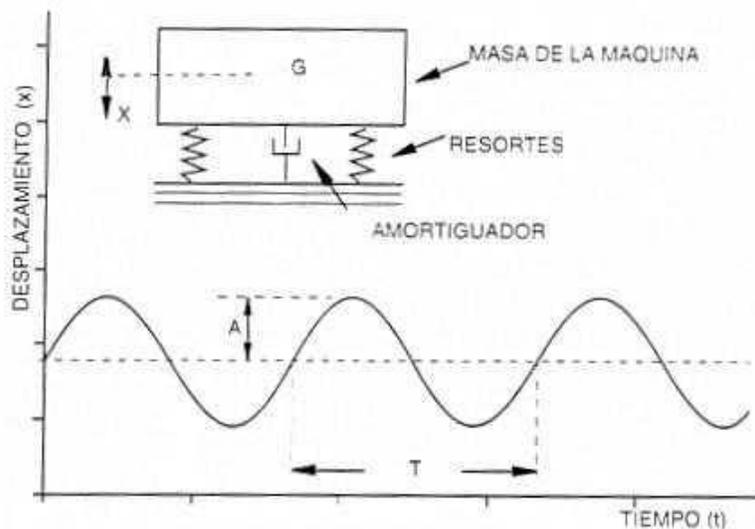


Figura 3.

En la figura anterior se representó en la parte superior un sistema en el cual un cuerpo rígido (máquina) puede desplazarse únicamente en el sentido marcado por la flecha, soportado por dos resortes, el movimiento del cuerpo se amortigua por medio del dispositivo amortiguador del tipo viscoso, en este tipo de elemento amortiguador la fuerza que está en oposición al desplazamiento es proporcional a la velocidad del mismo.

Si este sistema es apartado de su punto de equilibrio aplicándole una carga instantánea, va a tratar de retornar al estado de equilibrio, por lo general no va a pasar en forma continua paulatina y lineal, sino que lo hará pasando al otro lado a una distancia menor volviendo al opuesto también a una distancia menor y así sucesivamente hasta alcanzar el punto de equilibrio, es decir genera una serie de oscilaciones amortiguadas. La amplitud de las oscilaciones son amortiguadas pero no la frecuencia de las mismas las que permanecen constantes durante toda la duración del fenómeno, ya que dependen de los elementos componentes del sistema (la masa del cuerpo, las características del resorte y el amortiguador).

Las oscilaciones descriptas, se las denomina amortiguadas y su frecuencia se calcula mediante:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{J}{G} \left[1 - \frac{(H)^2}{(H_k)^2} \right]} \text{ (Hz)}$$

Donde:

J = Constante elástica del resorte en gr/cm

G = peso del cuerpo en gramos

H = Coeficiente de amortiguamiento en gr/cm seg

H_k = Valor de amortiguamiento crítico

$$H_k = 2\sqrt{JG}$$

Se dice que se está en presencia de un sistema de amortiguamiento crítico cuando este retorna a su posición de reposo al cesar la fuerza desequilibrante, que se aplica sin llegar a oscilar (f = 0)

$$H = H_k$$

El valor de H es por lo general bastante bajo, por lo cual se tiene:

$$f = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \frac{J}{G}} = 5\sqrt{\frac{1}{e}} \text{ (Hz)}$$

Donde:

E = deflexión estática del resorte bajo el peso del cuerpo

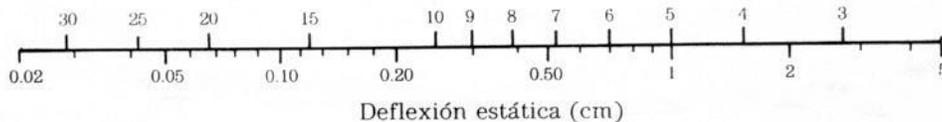


Figura 4. Frecuencia de resonancia de un sistema en función del aplastamiento del elemento elástico

En el caso que al sistema representado en la **figura 3.** le es aplicada una fuerza periódica, el comportamiento variará con relación a la frecuencia (o periodicidad de aplicación de la fuerza), en este caso las vibraciones resultantes se denominan forzadas.

Los sistemas de oscilaciones forzadas son los más comunes de encontrar en la práctica.

Es muy común encontrar que el elemento que brinda la fuerza periódica es parte del cuerpo que vibra, como por ejemplo una rueda mal balanceada en un vehículo, un motor con el eje descentrado, etc.

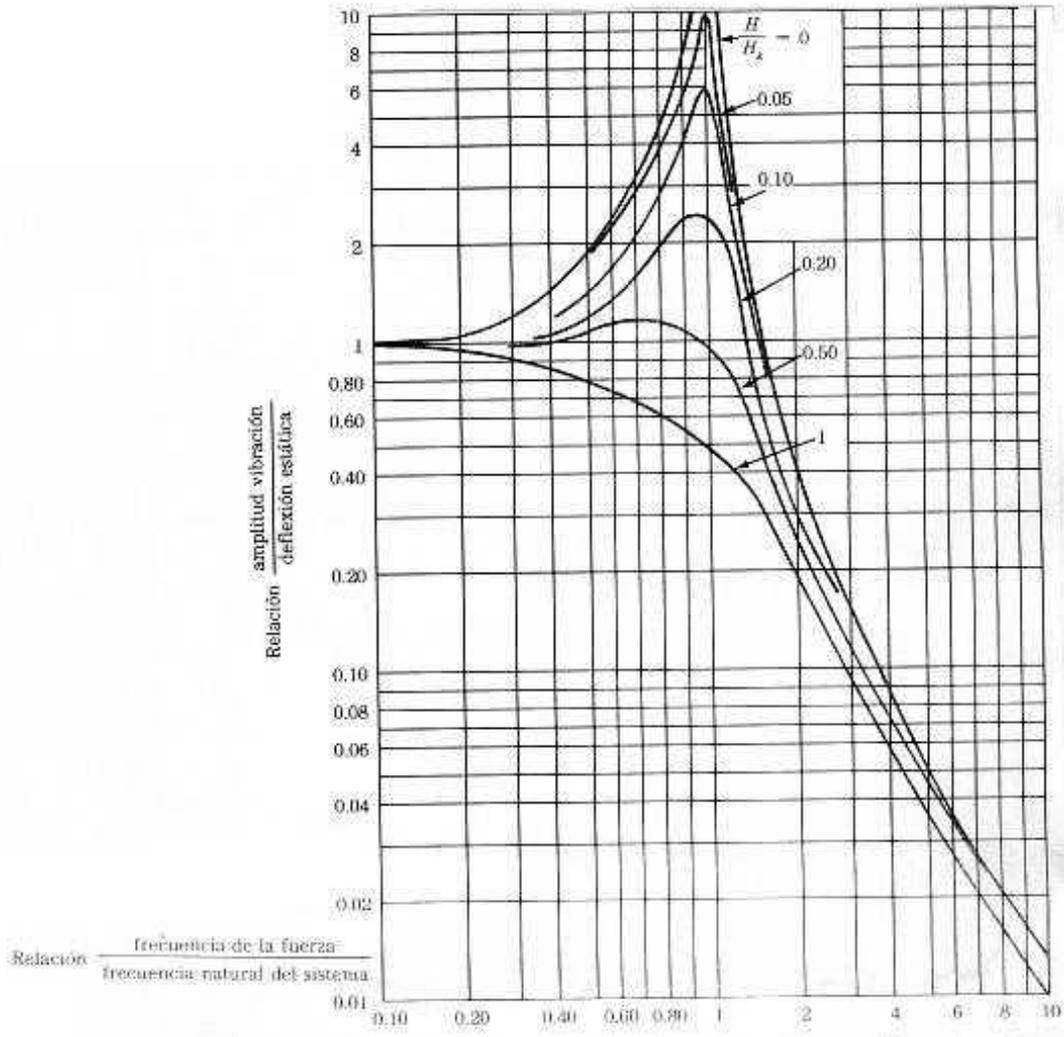


Figura 5. Amplitud de la vibración del sistema de la figura 15.3. al ser excitado por una fuerza periódica de frecuencia variable

En el gráfico de la **figura 5.** se representa la amplitud de la vibración en función de la frecuencia, al ser excitado por una fuerza de frecuencia variable, el eje de las abscisas marca la relación entre la frecuencia de la fuerza excitante y la frecuencia natural del sistema, en el punto donde es verdadera la relación, la unidad corresponde a una excitación de frecuencia igual a la resonancia, por lo que adquiere una fundamental importancia.

En el eje de ordenadas se representan la relación entre la amplitud de la vibración y la deflexión estática, la variable independiente (H/H_k) es la relación entre el amortiguamiento del sistema y el amortiguamiento crítico.

Se observa que independientemente de la relación de amortiguamiento para valores bajos de la relación frecuencia de la fuerza/frecuencia natural del sistema (0,5), la relación de desplazamiento es constante e igual a uno (1), lo que permite que el desplazamiento se aproxime a la deflexión estática.

Pero en el entorno de la frecuencia de resonancia del sistema (relación frecuencia de la fuerza/frecuencia natural del sistema) la amplitud de desplazamiento aumenta, para disminuir rápidamente, y para valores de la relación aproximadamente igual a 2 es casi inexistente el desplazamiento, esto indica que a un sistema se le aplica una fuerza de un valor aproximado al doble del correspondiente a la frecuencia natural el sistema no vibra.

En el caso opuesto ocurre lo mismo, si se desea disminuir la amplitud de la vibración, se debe reducir la frecuencia, como, por ejemplo, en el caso de un motor se monta este sobre una gran base sólida (bloque de cemento), y se aísla mediante un elemento elástico.

Un elemento que se tiene en cuenta es el coeficiente de **transmisibilidad**, el cual **se define como la relación entre la fuerza que transmite el sistema al soporte y la fuerza aplicada a los mismos.**

En algunas oportunidades se requiere amortiguar las fuerzas transmitidas. Hay que tener en cuenta el fenómeno ya mencionado del efecto que producen las vibraciones a larga distancia (estas se transforman en ruidos), por ello hay que evitar colocar elementos que vibren en estructuras (sin colocarles protecciones antivibratorias), en las construcciones ocasionan ruidos por transmisión en sólidos a grandes distancias.

En la **figura 6.** se representa la variación del factor de transmisibilidad con la frecuencia y el amortiguamiento, como se observa para las bajas frecuencias o frecuencias de trabajo inferiores al sistema, la fuerza transmitida es igual a la aplicada, es decir que la aislación no es efectiva, en función al crecimiento de la frecuencia, la fuerza transmitida también se incrementa, en este caso el aislamiento no es efectivo y amplifica la fuerza aplicada, el fenómeno llega a su máximo en la frecuencia de resonancia.

Pasada la frecuencia de resonancia el aislamiento comienza a ser efectivo, cuando se cruza el punto de transmisibilidad (igual a uno), disminuye de acuerdo a la relación de amortiguamiento

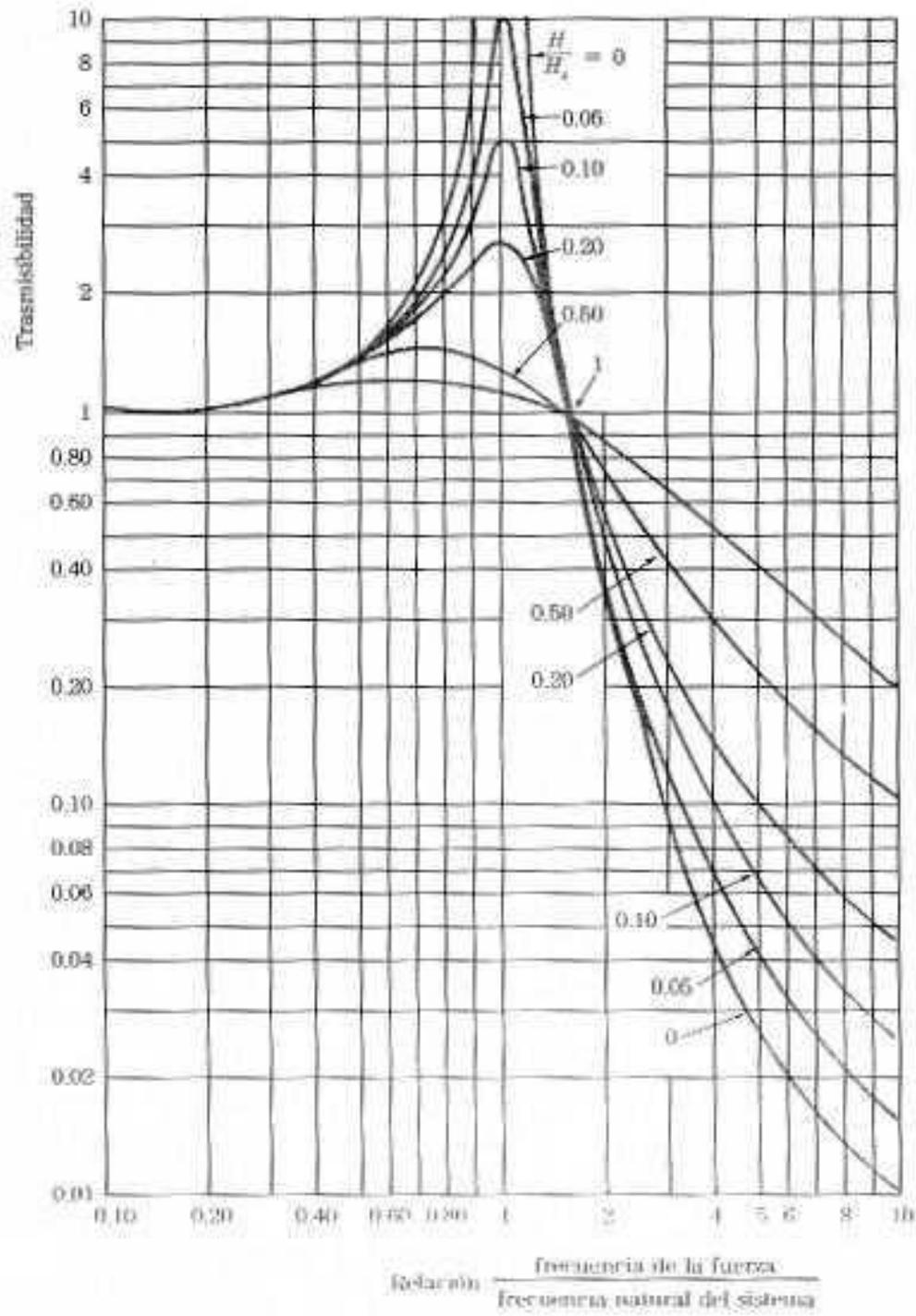


Figura 6. Variación del factor de transmisibilidad con la frecuencia y el amortiguamiento

3. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DEL HOMBRE A LAS VIBRACIONES

Hay en la actualidad un creciente número de normas referente a la exposición de las personas a las vibraciones, (ISO, ACGIH, AFNOR, DIN, VDI, etc.), dado que en el presente cada día se está tecnificando más los puestos de trabajo, esta tecnificación acarrea el problema que cada vez es mayor el número de personas afectadas por la exposición a vibraciones mecánicas, como ser los conductores de vehículos de transporte o maquinaria de trabajo vial, trabajo agrícola, o trabajo minero, o en el empleo de herramientas de percusión, o roto-percusión, también con el uso de martillos neumáticos, o pisonés, etc.

En muchos casos no afectan en forma directa o indirecta la salud del individuo, pero si el confort del, o la capacidad de trabajo.

Las Normas son realizadas de tal manera que comprenden los efectos sobre personas sanas, en otras palabras, están destinadas a aquellas personas que desarrollan su vida normalmente y capaces de absorber el estrés propio del trabajo y el viaje. Estas son en si vibraciones transmitidas al cuerpo por sus superficies de apoyo, que son principalmente los pies, en segundo lugar, la pelvis (según su posición de parado o sentado)

En forma similar al ruido, las vibraciones mecánicas, se deben al movimiento de las partículas respecto de un punto fijo. Los movimientos se describen por la variación temporal de magnitudes de estado como desplazamiento, velocidad o de aceleración. Además, es de nuestro interés cinco magnitudes las que se consideran a continuación:

- 1- Lugar y dirección en que son transmitidas al cuerpo
- 2- Frecuencia de la vibración
- 3- Aceleración de la vibración
- 4- Tiempo de acción
- 5- Frecuencia propia del cuerpo o parte de él y resonancia

Nota:

- La frecuencia es medida en ciclos por segundo o hertz (Hz)
- La intensidad de desplazamiento se mide en cm. o m.m.
- La aceleración máxima a la cual se somete el cuerpo en g ($g \approx 9,81 \text{ m / seg}^2$)
- La dirección según lo indicado en las siguientes figuras

Las vibraciones suelen transmitirse al cuerpo humano por tres vías principales:

- 1- Los pies (lugar normal de sostén de los seres humanos)
- 2- Los glúteos (en todo puesto de trabajo en posición de sentado fundamentalmente en los vehículos)
- 3- Las manos (vinculo de acople del hombre con las herramientas, mandos de las máquinas)

Para estudiar el efecto de las vibraciones sobre el hombre esa de fundamental importancia saber cual es la dirección en la cual se produce la transmisión de las vibraciones.

Para realizar el estudio sistemático de las direcciones de transmisión de las vibraciones, las mediciones se hacen según un sistema de coordenadas cartesianas ortogonales, referidas al hombre.

Eje x: postero-anterior
Eje y: derecha-izquierda
Eje z: pies-cabeza

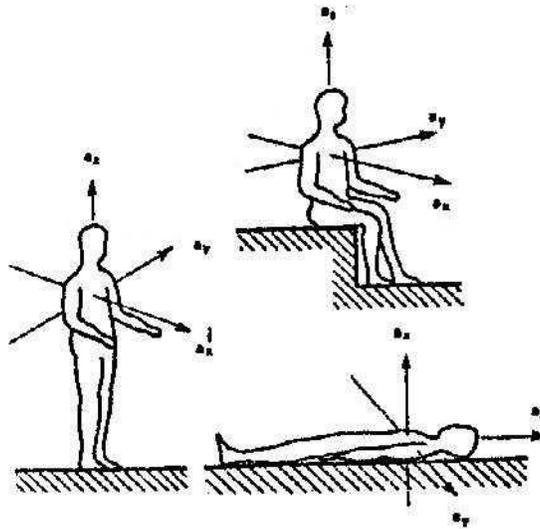


Figura 7. Sistema de cartesianas ortogonales referidas al hombre

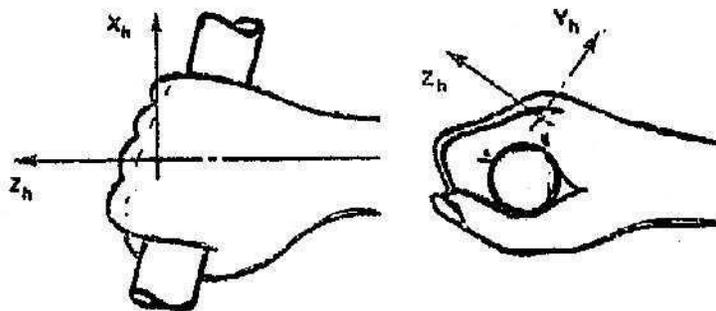


Figura 8. Sistema de transmisión de las vibraciones en el sistema mano-brazo

En la **figura** anterior (7.) se observa como se miden las transmisiones de las vibraciones en el cuerpo humano en las posiciones de pie, sentado y acostado, en la **figura** siguiente (8.) se aprecia el sistema de coordenadas ortogonales en el caso de vibraciones que afectan al sistema mano-brazo.

La magnitud de los efectos fisiológicos y patológicos de las vibraciones mecánicas depende de la amplitud de las vibraciones, lo cual es junto con la frecuencia, la característica que define su importancia y puede valorar a través del recorrido máximo del cuerpo que vibra.

La variación en el tiempo de las magnitudes de estado se caracteriza por la frecuencia, en contraposición con el ruido donde interesa el rango de las frecuencias audibles hasta 16 Hz, en las vibraciones, el rango de frecuencia entre 1 y 60 Hz y al sistema mano-brazo entre 1 y 1.000 Hz.

Otra magnitud condicionante de la carga debida a las vibraciones es la periodicidad con que se presentan. Las vibraciones periódicas pueden presentarse con componentes de distintas armónicas, las que en la técnica cumple un importante papel, las vibraciones no periódicas, el desarrollo temporal del desplazamiento cambia, como por ejemplo en herramientas que operan por percusión (golpe), o roto percusión.

En la evolución temporal hay que tener en cuenta la dirección de las vibraciones para el análisis de carga, dado que las vibraciones pueden actuar en forma vertical, horizontal, angular o combinada. La magnitud de la carga depende también del lugar de incidencia (pies, manos, glúteos)

La carga como en todos los casos dura mientras dure la exposición eventualmente interrumpida por pausas.

Todo sistema mecánico que posee las características elementales de masa y elasticidad puede ser puesto en vibraciones por medio de una fuerza exterior, la cual se denomina excitación y es la que provoca la vibración

Los efectos de las vibraciones sobre las estructuras humanas son muy importantes, el ser humano desde el punto de vista mecánico es un conjunto complejo y su reacción varía de acuerdo a la posición en la que se encuentra.

La complejidad de la estructura del hombre se debe a que está formado por partes de distintas características, tiene partes sólidas (los huesos), partes blandas (los tejidos) y partes líquidas (los humores), donde cada una de ellas tiene características de elasticidad distintas

Nota:

Las vibraciones más bajas entre 1 y 80 Hz son más dañinas para el hombre, pudiendo provocar lesiones en los ojos, las articulaciones y los tendones

La totalidad del cuerpo es más sensible a las frecuencias que se encuentran comprendidas entre 4 y 8 Hz, con respecto a la dirección vertical, y en la horizontal tanto lateral como de espalda, los efectos de resonancia ocurren a frecuencias más bajas precisamente entre 1 y 2 Hz.

Cada sistema tiene una frecuencia propia natural para vibrar y se da el caso que cuando más cerca esté la frecuencia de la vibración provocada de la citada

frecuencia natural, mayor será la amplitud de la vibración, debido a esta propiedad puede darse el caso de que la amplitud sea mayor que la amplitud de la vibración de excitación, fenómeno éste que se llama resonancia.

Cuando un sistema vibratorio actúa sobre el hombre, lo obliga a vibrar, si la frecuencia propia del hombre coincide con la del sistema que actúa sobre él se produce el fenómeno de resonancia

Las frecuencias de resonancia en el hombre para vibraciones verticales se observan en la siguiente **figura (9.)**

- Intestinos y parte abdominal	3 Hz
- Frecuencia principal de resonancia del hombre parado	4 a 6 Hz
- Segunda frecuencia de resonancia de la pelvis	10 a 12 Hz
- Torso, pelvis	4 a 8 Hz
- Hombros, cuello	10 a 12 HZ
- Cabeza	20 Hz
- Globo ocular	40 a 100 Hz

Figura 9.

En el caso de vibraciones horizontales sobre el sistema mano - brazo, las frecuencias de resonancia para la muñeca y el codo están entre 12 y 20 HZ

Por ejemplo, debido a los efectos de las vibraciones de los vehículos terrestres provistos de neumáticos tienen (según Radke), una frecuencia de resonancia en el orden de 1 a 4 Hz, siendo la frecuencia predominante en las máquinas agrícolas y camiones pesados del orden de los 2 a 7 Hz, en los vehículos ferroviarios las frecuencias son de 4Hz o más.

Una persona ubicada en un vehículo se ve sometida a vibraciones sobre su cuerpo (órganos y miembros), como consecuencia de la interrelación entre las frecuencias de vibración y las frecuencias individuales de vibración de los componentes del cuerpo, los cuales están vinculados entre si en forma elástica y no rígida, en sistema vibratorio múltiple. Las tensiones y deformaciones resultantes (según Coermann, Magid y Ziegenruecker), pueden ser la causa de dolores localizados, (como ser dolores abdominales de pecho o en los testículos), dolor de cabeza, otros tipos de dolores, malestar general y ansiedad.

La capacidad para conducir vehículos se ve reducida cuando las mismas son verticales con frecuencias entre 2 y 16 Hz. A frecuencias entre 4 y 20 Hz y con aceleraciones del orden de 0,06 a 0,09 g, muy común en el transporte automotor de pasajeros, las personas se sienten incómodas, pueden llegar a tener náuseas y vómitos, sobre todo los niños entre 1 y 12 años de edad. También las olas marinas producen mareos, e indisposición general, estas tienen una frecuencia menor a 1 Hz.

Como dato también podemos decir que el hombre es menos sensible que la mujer.

4. CONSECUENCIAS DE LAS VIBRACIONES

En el hombre, contrariamente a lo que ocurre en los sistemas vibratorios mecánicos, no son constantes los parámetros relevantes del comportamiento vibratorio, como la distribución de masas, la constante del resorte y los valores de amortiguación. El cuerpo humano tiene la particularidad de tender a adaptarse a las vibraciones mediante las contracciones de distintas partes musculares. La relación entre la duración de la vibración y la pausa es de vital importancia, dado que contrariamente a los sistemas mecánicos el hombre tiene la capacidad de recuperarse (recuperación biológica), durante las pausas.

Por lo general las bajas frecuencias afectan a los órganos grandes, pero las altas frecuencias son absorbidas en la superficie del cuerpo.

Las vibraciones horizontales producen una menor sollicitación al hombre que las verticales, este fenómeno se debe al amortiguamiento producido por el efecto que al estar parado (o sentado), el cuerpo puede oscilar perdiendo efecto la vibración

En la **figura 10.** se representan los efectos de las vibraciones verticales en personas sentadas

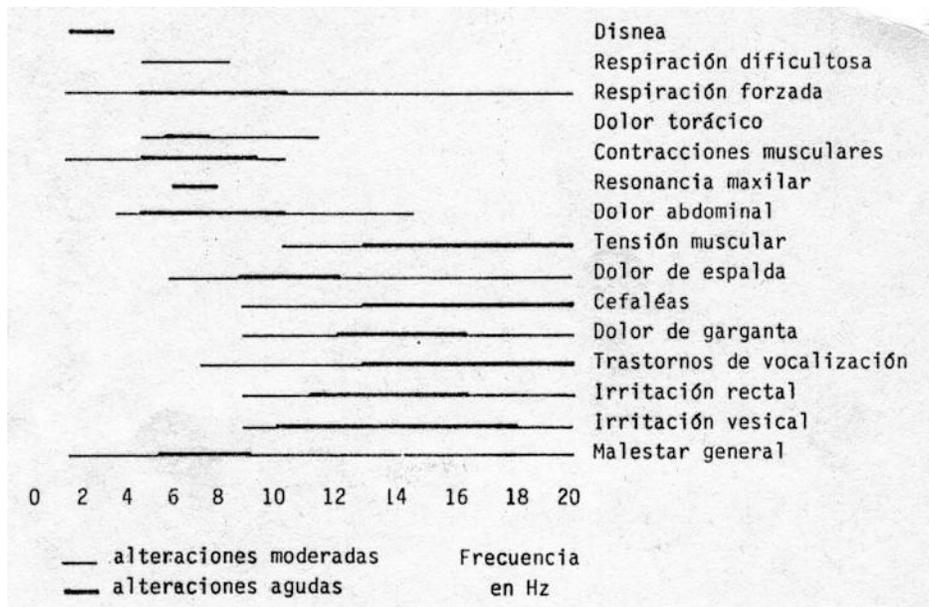


Figura 10.

Para valores elevados de aceleración pueden producirse lesiones en los huesos, columna vertebral o estómago.

Cuando se estudia el efecto sobre el hombre es necesario clasificar el tipo de exposición a las vibraciones en dos tipos distintos, según la forma de entrada al hombre. Un tipo es cuando es afectado totalmente la masa corporal en cuyo caso diremos que estamos en presencia de una vibración total del cuerpo, y en el caso que solo está expuesta una parte del cuerpo a un sistema vibratorio diremos que estamos en presencia de una vibración segmental.

La clasificación anterior no implica que las partes del cuerpo que no estén en contacto superficial con el sistema vibratorio no resulten afectadas por este

<i>EFFECTOS PERJUDICIALES DE LAS VIBRACIONES EN EL HOMBRE</i>		
FRECUENCIA DE LA VIBRACIÓN	MÁQUINA O HERRAMIENTAS QUE LA ORIGINA	EFFECTOS SOBRE EL ORGANISMO
Muy baja frecuencia 1 Hz	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte: Avión, coche, barco, tren (movimiento de balanceo) 	<ul style="list-style-type: none"> - Estimulan el laberinto del oído izquierdo. - Provocan trastornos en el sistema nervioso central - Puede producir mareos y vómitos (mal de los transportes)
Baja frecuencia 1 – 20 Hz	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos de transporte para pasajeros y/o mercancías. • Vehículos industriales, carretillas, etc. • Tractores y maquinaria agrícola. • Maquinaria y vehículos de obras públicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Lumbalgias, hernias, pinzamientos discales, lumbociáticas. - Agravan lesiones raquídeas menores o inciden sobre trastornos debidos a malas posturas. - Síntomas neurológicos: Variación del ritmo cerebral, dificultad del equilibrio. - Trastorno de visión por resonancia.
Alta frecuencia 20 - 1000 Hz	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas manuales rotativas, alternativas o percutoras tales como: <ul style="list-style-type: none"> - Pulidoras - Lijadores - Motosierras - Martillo neumático 	<ul style="list-style-type: none"> - Trastornos ósteo-articulares objetiva-bles radiológicamente tales como: <ul style="list-style-type: none"> • Artrosis hiperosteosante de codo. • Lesiones de muñeca. • Afecciones angioneuróticas de la mano tales como calambres que pueden acompañarse de trastornos prolongados de sensibilidad. • Aumento de la incidencia de enfermedades de estómago.

Figura 11. Efectos perjudiciales de las vibraciones en el hombre (Anexo 8/6/2 de Higiene Industrial Básica INSHT 1986)

Las vibraciones mecánicas tienen gran influencia negativa sobre el rendimiento laboral, afectando la coordinación de la recepción y elaboración de informaciones y la actuación motora, (esto afecta la actividad de manejo y conducción de vehículos, máquinas viales, mineras o agrícolas)

Si una persona es sometida a carga vibratoria, esta va a dar juicios objetivos y subjetivos. Una valoración objetiva es, por ejemplo, la medición de la aceleración de una parte del cuerpo comparada con otra, en cambio una valoración subjetiva permite la obtención de criterios, como “soportable o insoportable”, las relaciones entre las cargas por vibraciones son objetivamente medibles y subjetivamente perceptibles permitiendo llegar a la determinación de la magnitud comparativa, intensidad valorada de las vibraciones.

La intensidad valorada de una vibración es una magnitud adimensional y su símbolo es K, según en el eje direccional que actúa una vibración, se le agrega al símbolo K las letras X, Y o Z.

La recomendación de la VDI 2057 fija la interrelación entre intensidad valorada y percepción subjetiva de una vibración (ver **figura 12.**)

Nivel	Intensidad valorada de la vibración KX, KY, KZ, KB	Descripción de la percepción
A	< 0,1	Imperceptible Umbral de percepción
B ₁	0,1	
B ₂	0,2	Ligeramente perceptible
C ₁	0,4	
C ₂	0,8	Perceptible
D ₁	1,6	
D ₂	3,15	Muy perceptible
E ₁	6,3	
E ₂	12,6	Fuertemente perceptible
E ₃	25	
E ₄	50	
F	100	
	> 100	

Figura 12. Relación entre intensidad valorada de la vibración y percepción subjetiva

Nota:

Las vibraciones transmitidas por las herramientas a las manos traen serios problemas al hombre, el mismo efecto lo ocasionan las estructuras vibrantes en las que se apoyan las manos.

4.1. EFECTOS DE AMPLIACIÓN Y ATENUACIÓN

La vibración transmitido al cuerpo dentro de este puede ampliarse o atenuarse, como consecuencia de la posición y postura del cuerpo (de pie o sentado, o de

rodillas, etc.), en el caso de estar sentado del tipo de asiento, o de la frecuencia de vibración, por ejemplo, en el caso de presentarse un asiento con una frecuencia de vibración alta en relación a la frecuencia de resonancia del cuerpo o parte de él, el desplazamiento de la masa comprometida (cuerpo o parte de él), es alto, por lo tanto estamos en presencia de una ampliación de las vibraciones. Para que esto ocurra la proporción existente entre ambas frecuencias es inferior a 1,414 (Radke), en caso contrario, se produce una atenuación, lo cual significa que la amplitud de desplazamiento de la masa comprometida es inferior que la del asiento, la amplitud se hace mayor cuando la proporción entre ambas es aproximadamente 1; (el asiento vibra casi a la misma frecuencia de resonancia de la parte comprometida)

Nota:

Un caso particular es la cabeza de un individuo, pues cuando la frecuencia supera la de resonancia, la amplitud de desplazamiento disminuye, al llegar a los 10 Hz ambos vibran a la misma frecuencia en amplitudes iguales, cuando la frecuencia de vibración es mayor la transmisión a la cabeza disminuye, hasta llegar a los 70 Hz donde solo lo hace un 10 % de la amplitud del asiento (Según Coerman)

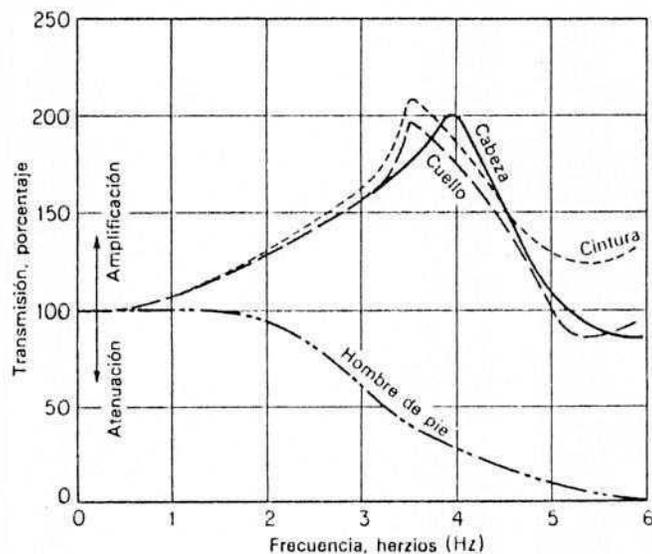


Figura 13. Respuesta mecánica del hombre a la vibración vertical, mostrando la amplitud y la atenuación, mediante la frecuencia, de las posiciones sentado y de pie (Según Radke)

Se debe prever que siempre alguna clase de vibración provocada o no, pueden afectar los sistemas laborales. , en la **figura 13**. se presenta unos ejemplos de amplificación y de atenuación del cuerpo humano mientras este esté de pie o sentado

Con el uso de los datos de vibraciones tabuladas usadas como dato (se toma como un valor 100 %), la amplificación, o atenuación, se van a medir mediante el uso de instrumentos (acelerómetros) colocados en diferentes lugares del cuerpo, tal como la cintura, el cuello y la cabeza.

Cuando una persona está de pie hay un efecto de atenuación que se debe al hecho que las piernas absorben los efectos dado que la persona dobla o endereza sus piernas con respecto a los movimientos, pero cuando la persona se encuentra sentada aparece un efecto de amplificación (en distintas partes del cuerpo), cuando la frecuencia de las vibraciones ronda el campo que hay entre 3,5 y 4 Hz, en cambio a frecuencias de 5 a 6 H la transmisión disminuye a casi la amplitud de la vibración de origen

Nota:

En experiencias hechas sobre mesas vibrantes se confirma lo anterior

La diferencia entre los datos obtenidos en laboratorio y los valores teóricos (de vibraciones sin probabilidad de causar molestias), pueden ser atribuidas a los efectos del cuerpo sobre las nalgas, (alguna forma de molestia leve)

Las molestias de los asientos se eliminan o mejoran con un diseño adecuado de ella, (suspensión de ballesta, resorte o cilindro neumático, mediante un buen acolchado usando elementos móbidos, etc.).

La atenuación efectuada por diversos asientos o la ampliación de las vibraciones se representan en la **figura 14.**, allí puede observarse que el asiento de suspensión da como resultado una atenuación sustancial en las frecuencias críticas de 3 a 6 Hz.

Los efectos de las vibraciones están influenciados por factores tales como la postura del cuerpo y los materiales que se interponen entre el elemento vibrante y la parte del cuerpo que recepciona dicha vibración (como puede ser el almohadón del asiento el espaldar o respaldo, la morbilidad de estos y la elasticidad de la suspensión), en el anexo I a este capítulo se presentará la problemática del asiento en los vehículos terrestres de transporte por ruedas neumática

En la **figura 15.** se muestran datos de comparación de la reacción subjetiva de personas de pie y sentadas, a las cuales se las somete a vibraciones de diferentes frecuencias en una plataforma vibratoria, las curvas que se observan son curvas de tolerancias. Las mismas son las correspondientes a los niveles subjetivos, de las molestias (molestos, muy molestos y alarmantemente molestos).

La mayor tolerancia de las personas se encontró en las que se hallaban en posición de pie, esto es debido sin lugar a dudas a la razón ya mencionada anteriormente de poder flexionar las piernas.

El nivel más bajo de tolerancia se encontró entre las frecuencias de 4 y los 6 u 8 Hz.

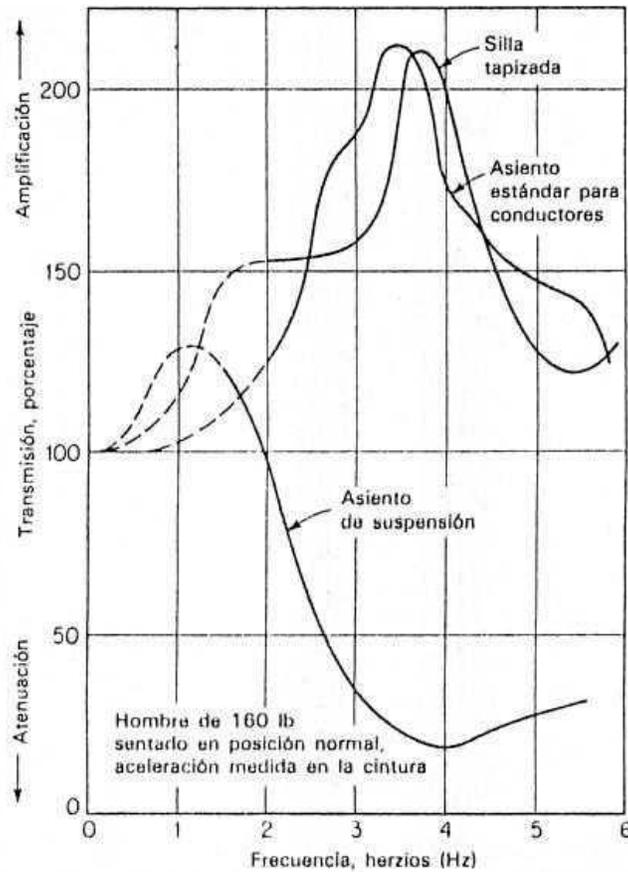


Figura 14. Respuesta mecánica del cuerpo humano a las vibraciones, cuando se está sentado en diferentes tipos de asientos (Según Simons, Radke y Oswald)

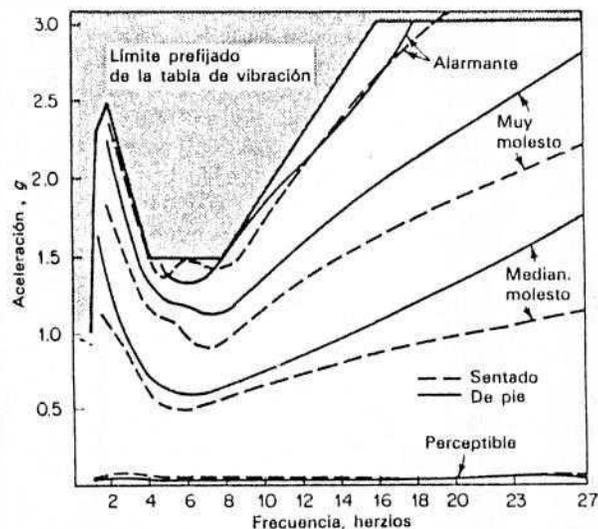


Figura 15. Reacción subjetiva de personas, sentadas y de pie, cuando se los somete a una vibración de todo el cuerpo, cada curva representa las combinaciones de frecuencias y amplitudes que las personas consideraron que producían el nivel de sensación en cuestión (como podría ser el de medianamente molesto) (Según Chaney)

Según las condiciones físicas, la edad y la contextura una persona puede soportar durante más o menos tiempo una carga vibratoria, en el punto 9.6. (límites de exposición).

4.2. EFECTOS DE LA ACELERACIÓN (NOTA)

La aceleración que puede experimentar una persona al manejar un vehículo terrestre es relativa, en el caso de encontrarse en una aeronave el efecto es mucho más notable (como el caso de los aviones de velocidades supersónicas) y en un grado mucho mayor en naves espacial.

Los efectos fisiológicos de una aceleración se dan en el peso efectivo del cuerpo y de los miembros en forma proporcional al número de unidades G, esto quiere decir que a 2G el peso del cuerpo y de los miembros es del doble de lo normal (G = aceleración de la atracción de la tierra a nivel del mar (gravedad))

Fraser estableció que a +5G, si se mantiene la presión arterial media a nivel del corazón en 120 m.m. Hg, la presión teórica en la base del cerebro sería cero, mientras que en los pies sería 370 m.m. Hg., según algunos de los efectos de +G_z (aceleración hacia arriba) son:

- a) 2 ½ + G_z dificultad para levantarse uno mismo
- b) de 3 a 4 + G_z imposible levantarse uno mismo y se produce la disminución progresiva de la visión
- c) 4 ½ a 6 + G_z disminución de la visión hasta llegar a una oscuridad total al cabo de 5 s se pierde la audición y de la conciencia si continúa la exposición, algunas personas producen convulsiones y todos tienen dificultad de respiración

En el caso de - G_z (aceleración hacia abajo) los efectos son los siguientes:

- a) - G_z, se siente uno molesto, es tolerable, hay congestión y sofoco facial
- b) de - 2 G_z a - 3 G_z hay congestión facial grave, palpitaciones y dolor de cabeza, la visión se torna progresivamente borrosa, gris o incluso rojiza al cabo de 5 s
- c) - 5 G_z es el límite de lo tolerable a 5 s, pocas veces alcanzado por las personas en pruebas

Los efectos de la aceleración horizontal en las direcciones hacia adelante y atrás en + G_z y - G_z, y en las direcciones laterales en + G_y y - G_y los efectos no son tan acentuados como en las direcciones verticales.

La carga G que pueden tolerar las personas, fundamentalmente hacia delante + G_z es la base del diseño de los asientos en las aeronaves

Pese a que surgen síntomas de incomodada, presión y dificultades respiratorias, algunas personas pueden soportar cargas de 12 a 15 G hasta más de 100 s (Chambers y Hitchcock)

En la **figura 15.16.** se representan los niveles medios de la aceleración en diferentes direcciones, que pueden ser toleradas en períodos específicos, según la magnitud, cada curva denota la carga media G que debe tolerar durante el tiempo indicado.

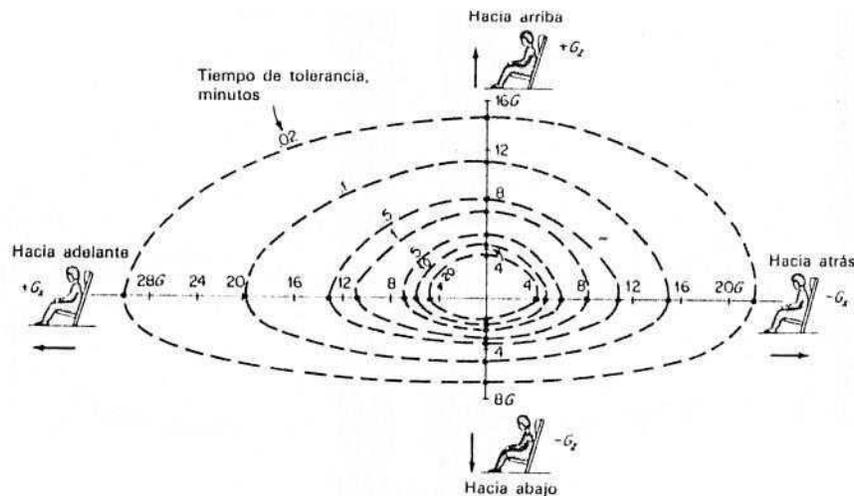


Figura 16. Niveles medios de aceleración tolerables (Según chambers)

5. ESTUDIOS DE VIBRACIONES

Para lograr la solución de un inconveniente basado en vibraciones es necesario conocer las características del fenómeno vibratorio, lo que obliga realizar mediciones, para lo cual se hará una buena selección del instrumental necesario

En estudios fisiológicos se toma generalmente como magnitudes representativas o básicas de la vibración su:

- Aceleración eficaz medida en m/s^2 , o cm/s^2 , etc.
- Velocidad en m/s , o $m.m./s$, etc
- Desplazamiento en m , o $m.m.$, o (u) micrones, etc
- y la frecuencia de las vibraciones en Hz.

NOTA:

La medición se efectúa utilizando las magnitudes indicadas o utilizando el concepto de nivel, expresado en dB, al igual que en el estudio de los sonidos:

$$1 \text{ dB} = 20 \log A/A_0$$

Donde:

A = representa la aceleración medida

A_0 = aceleración de referencia 10^{-3} g para la frecuencia de 20 Hz

La aceleración es la magnitud empleada por las normas y utilizada en los criterios para evaluar los efectos sobre el hombre

La frecuencia es otra magnitud utilizada y resulta de importancia en la evaluación de los efectos que ocasionan las vibraciones, sobre el hombre, máquina, equipos y estructuras.

Si se analizan vibraciones se encuentra uno con una gran cantidad de variedades, pero hallar una senusoidal es muy difícil, más común es encontrar una como la de la **figura 15.17**, la cual se la puede descomponer en varias senusoidales (es decir es la suma de varias vibraciones senusoidales).

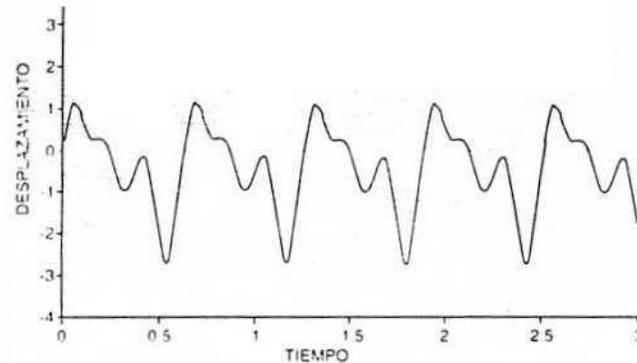


Figura 17 Vibración resultante de la suma de varias vibraciones senusoidales

Pero también nos podemos encontrar con un fenómeno como el de figura 9.18, donde se observa que el mismo tiene tres componentes diferentes, cada uno con distinta amplitud

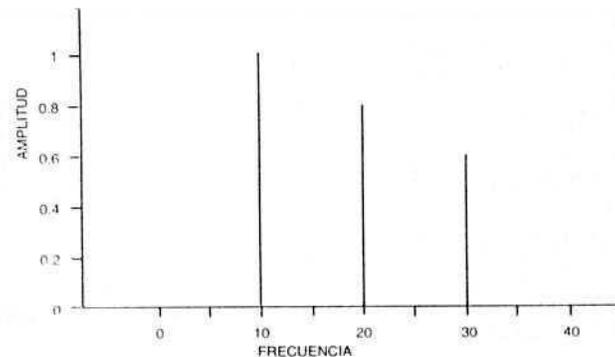


Figura 18.

Igualmente como se hizo en sonido es conveniente definir todos los conceptos utilizados para evitar errores, por ello recurriremos a la **figura 15.19.**, donde se encuentran el resultado gráfico de dos fenómenos vibratorios, el primero uno senusoidal y el segundo uno compuesto por la adición de varias senusoidales como el caso de la **figura 17.**

En la **figura 15.19.** podemos observar varios elementos dignos de ser considerados y definidos.

Se designa como valor pico a la máxima amplitud (separación del punto de equilibrio).

Se designa como valor pico a pico a la suma de las amplitudes negativa y positiva (es la suma de las separaciones en ambos sentidos con respecto al punto de equilibrio)

Se designa como valor medio al promedio de la amplitud

Se designa como valor eficaz al valor promedio cuadrático de los valores instantáneos de la onda

Nota:

En una vibración senusoidal es indistinto medir el valor eficaz que el valor pico, por lo siguiente:

$$\text{Valor eficaz} = 0,707 \times \text{Valor pico}$$

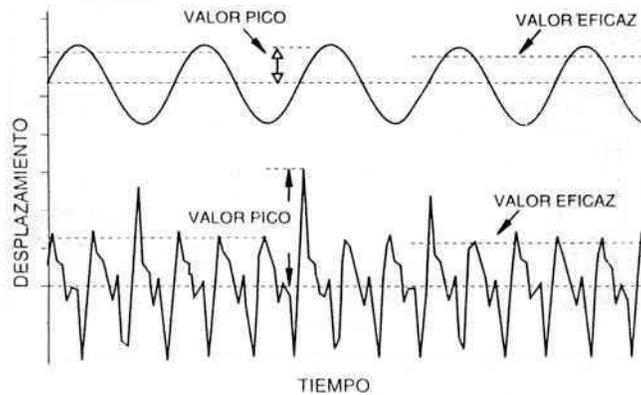


Figura 19.

En el caso que el fenómeno no sea senusoidal el valor pico es una buena estimación del valor máximo que alcanza, mientras que el valor eficaz resulta más representativo de las características generales por ser similar al promedio

Por lo general las normas usan el valor eficaz

5.1. MÉTODOS DE MEDICIÓN

Para poder realizar una correcta evaluación, hay que realizar las mediciones en el punto por donde se efectúan las transmisiones al cuerpo.

El análisis se realiza generalmente con un detector de aceleraciones denominado acelerómetro.

Para hacer las mediciones se utilizan generalmente los siguientes dos métodos:

- Ponderación de frecuencias
- Análisis de frecuencias

Método de ponderación de frecuencias:

Este método consiste en obtener las señales de frecuencia ponderada, para un nivel de vibraciones en función directa de la exposición, La ponderación abarca rangos diferentes según se realice la medición de las vibraciones en forma global (1 – 80 Hz) o mano – brazo (8 – 1.000 Hz), dependiendo de la dirección dominante de la vibración (en el caso de vibraciones globales en el eje longitudinal, entre 4 y 8 Hz y en los ejes transversales entre 1 y 2 Hz)

Del valor ponderado pueden ser obtenidos valores puntuales de nivel en los tres ejes del sistema de coordenadas ortogonales.

Método de análisis de frecuencias:

Este método consiste en una evaluación con análisis de frecuencias, en el rango adecuado, optándose por un ancho de banda que no supere el 1/3 de octava, en cada frecuencia central se deberá obtener el valor de aceleración el cual se comparará con curvas de valoración, para poder determinar la porción del espectro que sea más perjudicial e identificar la fuente de riesgo con mayor precisión

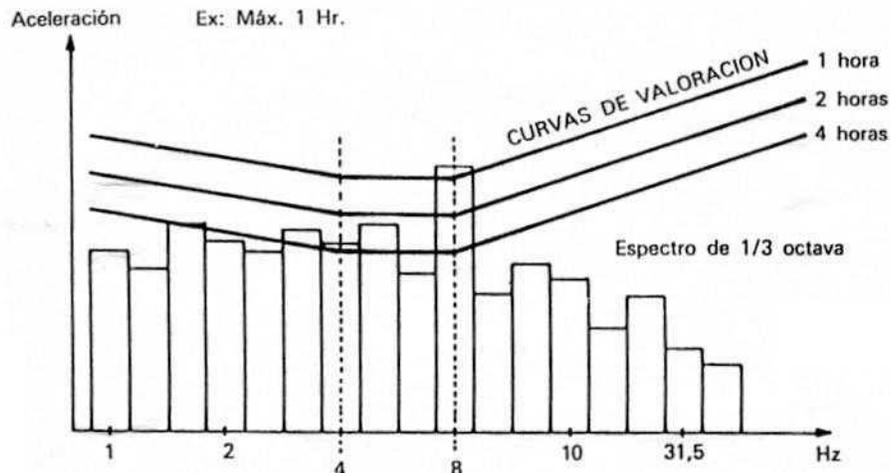


Figura 20. Curvas de calibración (tiempos máximos de exposición), según análisis de frecuencia (MAPFRE)

La elección del método depende de la duración de la señal, cuando se deban medir valores de corta duración, se aconseja que el sistema de medición cuente con un integrador lineal.

5.2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Hay en existencia una enorme cantidad de instrumentos de medición, desde los totalmente mecánicos, a los integrados por sistemas mecánicos, eléctricos y ópticos.

Por lo general el equipo está formado por:

- **Acelerómetro** (Traductor, o detector), es un dispositivo que transforma la energía mecánica en una señal eléctrica
- **Preamplificador**, acondiciona y aumenta la señal que recibe en forma conveniente, dado que la señal del traductor es baja.
- **Analizador de frecuencia** en bandas de octava o de 1/3 de octava
- **Medidor** (registrator), calibrado en unidades vibratoriales. Se encarga de procesar las señales recibidas del preamplificador, con el fin de obtener una visualización analógica o digital del desplazamiento, la velocidad y/o aceleración de la vibración, detectar los valores pico o del valor eficaz, permitiendo seleccionar la escala más adecuada al fenómeno en estudio

- **Filtro (exterior o incorporado)** Permite medir solo aquellas vibraciones cuyas frecuencias caen dentro de una banda determinada (con el cambio de la banda es posible medir el espectro de frecuencia de la vibración)
- **Salida (impresora, registrador, osciloscopio, etc.)** son equipos adicionales optativos de salida de la información detectada

5.2.1. TRADUCTOR

Esa la parte más importante del sistema de medición, existen de diversos tipos, pero ninguno de ellos logra satisfacer todos los requerimientos que se le pueden llegar a imponer, razón que obliga a seleccionarlo en cada caso en forma particular

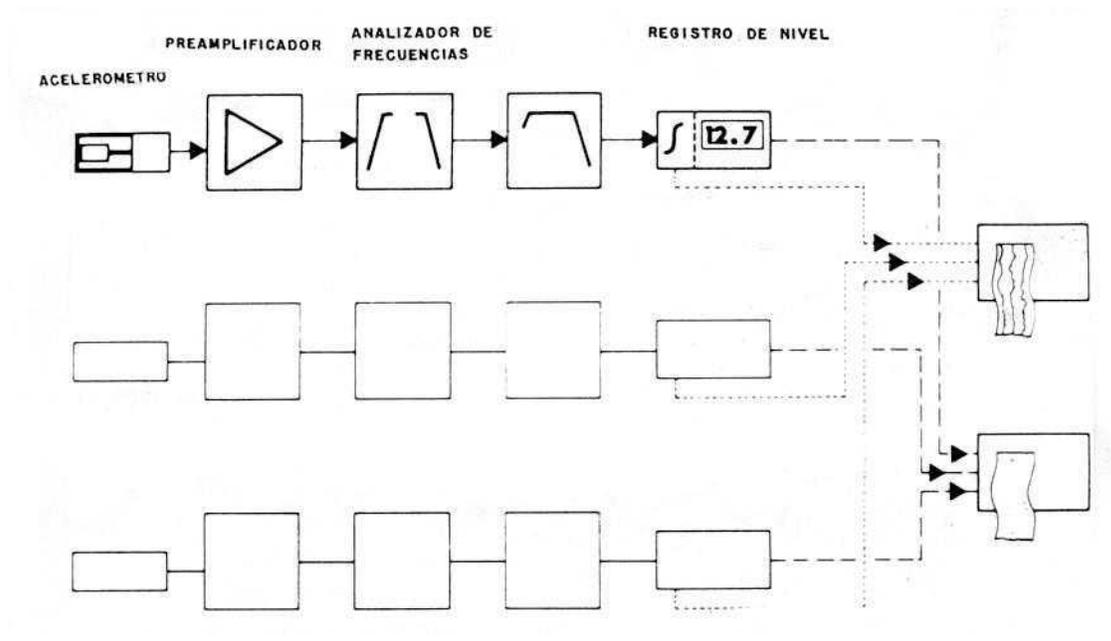


Figura 21. Esquema básico de un medidor de vibraciones

Traductores de velocidad, estos responden directamente a la velocidad de vibración, el más común de ellos es el absoluto o símico de bobina móvil, el mismo consiste en una bobina de hilos finos vinculada a la carcasa del sensor mediante resortes sensibles. Posee un imán permanente adosado a la carcasa, el cual produce un campo magnético, cuando el detector es fijado firmemente sobre un cuerpo vibrante, la carcasa sigue el movimiento de vibración, mientras que la bobina por la forma que está sujeta permanece quieta, el movimiento relativo entre el imán permanente y la bobina genera una tensión eléctrica en está, la cual es proporcional a la velocidad de vibración.

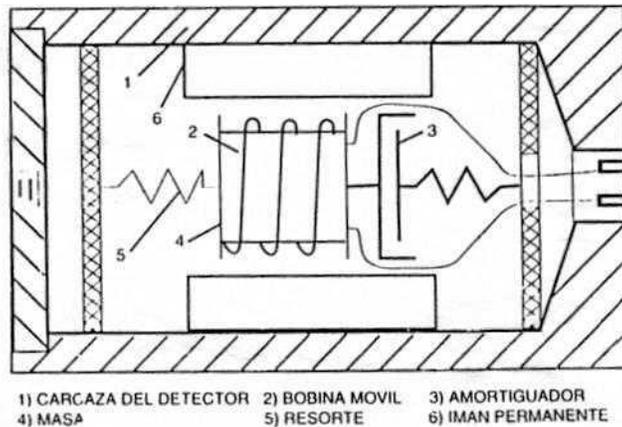


Figura 22. Diagrama simplificado de un traductor de velocidad

Este tipo de medidor de vibraciones es usado en análisis de vibraciones y balanceos dinámicos, es un elemento robusto fácil de aplicar, tiene una salida eléctrica alta y su calibración no está afectada por la longitud del cable, es auto generador por lo que no necesita alimentación eléctrica.

Los traductores de este tipo son más grandes y pesados que el resto de los tipos y más limitados en lo que se refiere al rango de frecuencias y amplitudes a determinar.

La sensibilidad de este tipo de traductor es constante en un amplio rango de frecuencias, sin embargo, en frecuencias bajas la sensibilidad disminuye como consecuencia que la bobina no permanece quieta en el espacio, sino que tiende a seguir al imán y a la carcasa en movimiento, por lo que las mediciones por debajo de los 10 Hz no son confiables (600 RPM)

Nota:

La sensibilidad de un detector de velocidad se expresa en milivoltios/m.m./s, por lo tanto, un traductor de 50 mv/m.m./s genera una tensión de 50 mv/m.m./s cuando es sometido a una vibración de 1 m.m./s de velocidad.

Las interferencias magnéticas afectan la sensibilidad de este tipo de traductor, por lo que presenta problemas de medición en los grandes motores eléctricos, alternadores y transformadores (máquinas eléctricas rotantes en general)

Una variable de este traductor es el presentado en la **figura 15.23**, el cual tiene igual principio de funcionamiento, la diferencia está en que la bobinase encuentra vinculada a una varilla fina que atraviesa un extremo de la carcasa y es fijado al objeto que se le va a medir las vibraciones.

La carcasa del detector relativo debe ser fijada a un cuerpo rígido no sometido a vibraciones, (el sensor mide las vibraciones entre la varilla y la carcasa)

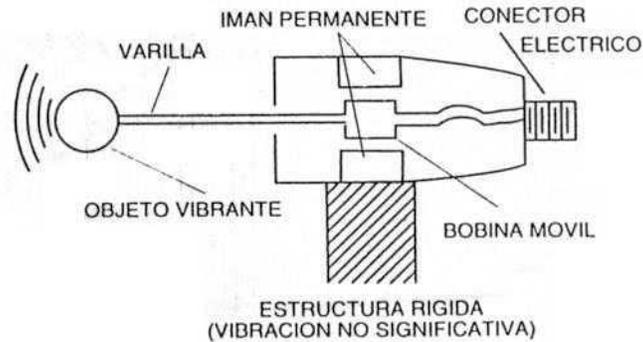


Figura 23

Las características de este instrumento son similares a las del traductor de velocidad sísmicos, pero poseen una respuesta mejor a las frecuencias dado que no pierden la sensibilidad para las frecuencias bajas llegando a utilizar hasta para 1 HZ. (60 RPM)

Es apto para hacer mediciones en objetos chicos por tener poca masa y no afectar las mediciones.

Acelerómetro, es el detector de vibraciones más empleado, es un traductor de salida eléctrica, proporcional a la aceleración de la vibración.

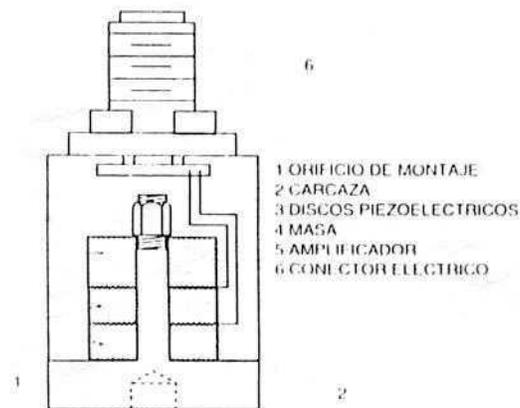


Figura 24. Esquema de un acelerómetro

El tipo más común es el piezoeléctrico, el cual consta de dos discos piezoeléctricos que producen un voltaje eléctrico piezoeléctrico (emite impulsos eléctricos proporcionales a la aceleración de la vibración), debido a la deformación producida en los cristales asimétricos que forman los discos.

El límite superior de las frecuencias útiles del acelerómetro depende de la frecuencia de resonancia de su masa y de la rigidez de su sistema, en cuanto a su límite inferior, este variará con respecto a la longitud del cable y las características de los amplificadores.

La sensibilidad y la magnitud del potencial desarrollado dependerán de los materiales con que fueron fabricados los discos piezoeléctricos, y por su masa (peso).

Tienen mayor sensibilidad los equipos más pesados, pero tienen el inconveniente que el rango que pueden cubrir es menor que los más pequeños, pues tienen una resonancia mayor.

La sensibilidad de un acelerómetro se mide en milivolts/g, donde g es la aceleración de la gravedad. (Cuando se lo somete a un acelerómetro a 100mv/g de aceleración este da una salida de 100 mv.

Estos instrumentos son pequeños, de poco peso y robustos, soportan muy bien las aceleraciones, las temperaturas, posee poca sensibilidad a los campos magnéticos y las vibraciones muy altas

Cuando carece de amplificador la sensibilidad se ve afectada en función de la longitud del cable de conexión

5.2.1.1. TRADUCTOR PARA VIBRACIONES GLOBALES

Se suelen montar sobre capas de metal, en el caso de necesitar que este aislado eléctricamente se montan sobre una placa de micarta, u otro material aislante.

Hay traductores triaxiales que están montados en el interior de un disco que tiene la característica de ser plano y delgado, de tal manera que permite colocarlo sin molestar a la persona con la cual se está efectuando el estudio (por ejemplo, Entre el asiento o la máquina que transmite las vibraciones y la parte del cuerpo más próxima a él o que está en contacto directo) (ver **figura 25**)

Nota:

En el caso que la transmisión de las vibraciones que se desea medir se efectúe a través del suelo, el traductor se coloca pegado a él, y es de esperar que con una presión de 1 Kg alcance para que este comience a emitir señales.



Figura 25 Distintas localizaciones del traductor para vibraciones globales del cuerpo (Brüel & Kjaer, S.A.)

5.2.1.2. TRADUCTOR PARA VIBRACIONES MANO – BRAZO

Este tipo de traductor está preparado especialmente para poder determinar la magnitud de las vibraciones transmitidas por herramientas de percusión roto percusión, etc., el traductor va montado en un adaptador que se coloca en la mano donde se va a estudiar las incidencias de las fuerzas percutoras, llegado el caso que entre la mano y la herramienta exista un elemento elástico, el traductor se debe colocar en el punto de asidero.

Nota:

Es conveniente tomar el espesor, las propiedades físicas y atenuación del material elástico.

Los cables de comunicación entre el acelerómetro y el medidor se deben fijar correctamente, si el acelerómetro es colocado sobre la mano, el cable deberá estar fijado a la muñeca y recorrer todo el brazo hasta superar el hombro, en cambio si el acelerómetro se coloca en la herramienta, el cable irá pegado a ella.

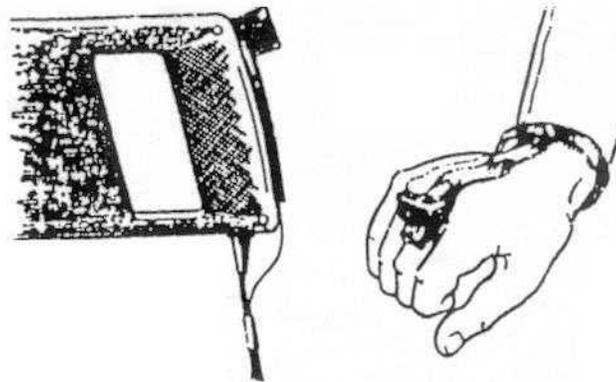


Figura 26. localización del traductor para vibraciones mano-brazo (brüel & Kkjaor S.A.)

5.2.2. PREAMPLIFICADORES

Tienen la función de amplificar las señales más débiles que transmite el acelerómetro y transformar la alta impedancia del acelerómetro en otra más baja

5.2.3. ANALIZADORES

Consisten en un amplificador lineal y un detector con capacidad de medir señales características de las vibraciones como pueden ser:

- Valores pico
- Valores eficaces (RMS), o valores medios de aceleración

- Velocidad, o desplazamiento

La eventual distorsión que pueda llevar la señal que viene del amplificador será evitada siempre que la frecuencia de vibración fundamental se encuentre 10 veces por encima del límite inferior de la frecuencia del sistema de medida, y en los valores mayores se encuentre 10 veces por debajo del límite superior de la frecuencia del sistema.

Es recomendable hacer un análisis en la banda de octava o de 1/3 de octava, a través de un analizador de frecuencias.

En el caso de vibraciones periódicas el espectro de frecuencias se expresará en valores de RMS.

5.2.4. REGISTROS

Por lo general se utilizan tres tipos de registros:

- Registros gráficos sobre papel impreso o calibrado
- Medidores de vibración que indican valores característicos, como ser el RMS o los picos
- Osciloscopios, estos miden en función del tiempo, con lo cual hacen posible el estudio de valores instantáneos de vibraciones. Es recomendable usar osciloscopios de velocidades de barrido lentas, pantallas de larga persistencia y amplificadores DC.

Para el correcto uso del equipo se tiene que tener en cuenta:

- Determinar la posición y lugar donde se ubica el acelerómetro
- Hacer una estimación de los tipos y niveles de vibraciones en los puntos de valores máximos
- Asegurarse que el equipo se encuentre perfectamente calibrado
- Hacer un dibujo o esquema del sistema
- Hacer una correcta anotación de las mediciones efectuadas

Para captar la magnitud de aceleración, el equipo utilizado es el acelerómetro piezoeléctrico cuyo esquema se presenta en la figura 9.27. el principio de funcionamiento consiste en el hecho que cuando el acelerómetro vibra, la masa aplicada sobre el elemento piezoeléctrico emite impulsos eléctricos proporcionales a la aceleración de la vibración.

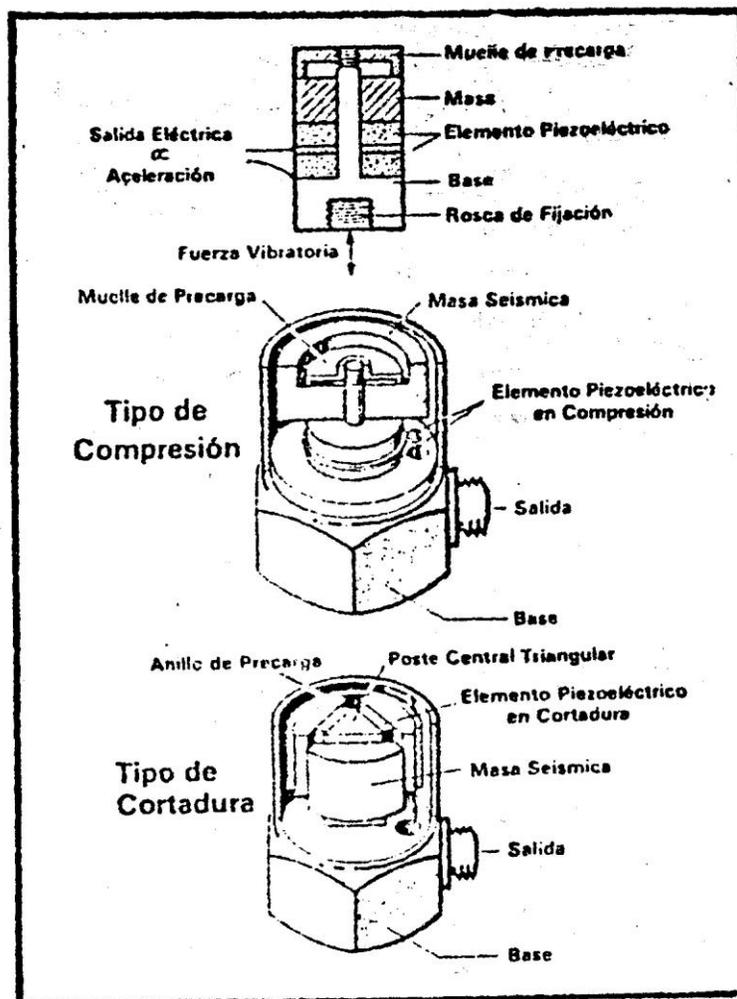


Figura 27 Acelerómetro piezoeléctrico

En los estudios fisiológicos se toma generalmente como magnitud representativa de la vibración su aceleración eficaz medida en m/s^2 , Para captar la magnitud de aceleración, el equipo utilizado es el acelerómetro piezoeléctrico, cuyo esquema se observa en la **figura 27**.

En al siguiente **figura (28.)** se presenta un esquema de un sistema de medición de las vibraciones en un vehículo de uso industrial (REFA)

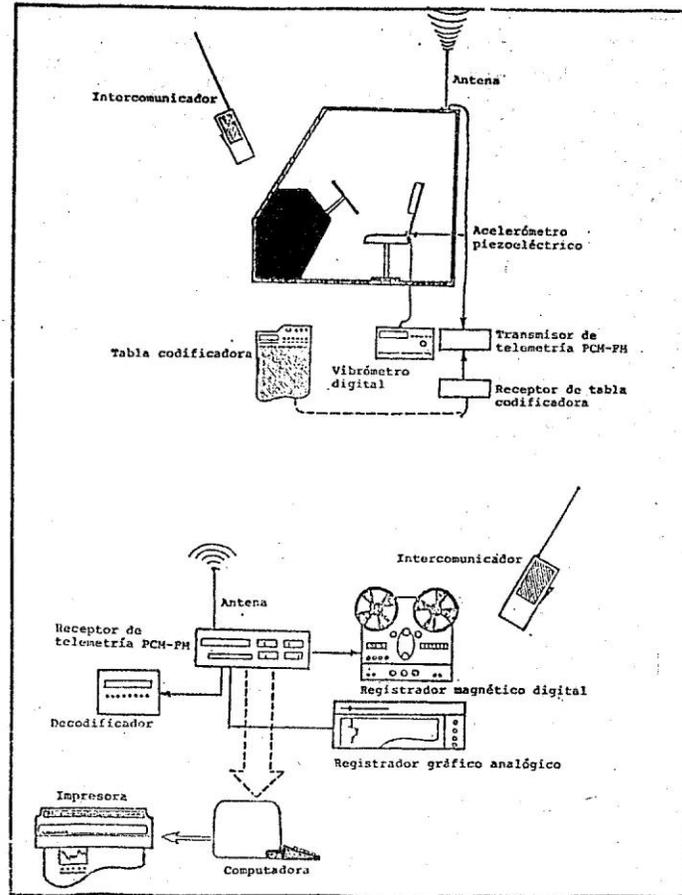


Figura 28. Esquema de medición en un vehículo de uso industrial

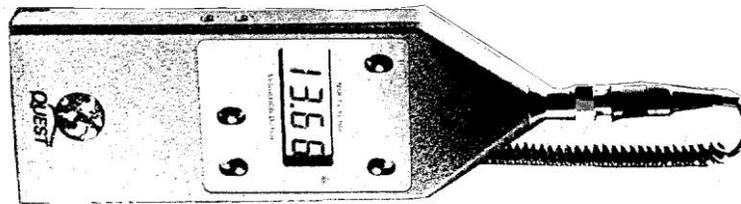
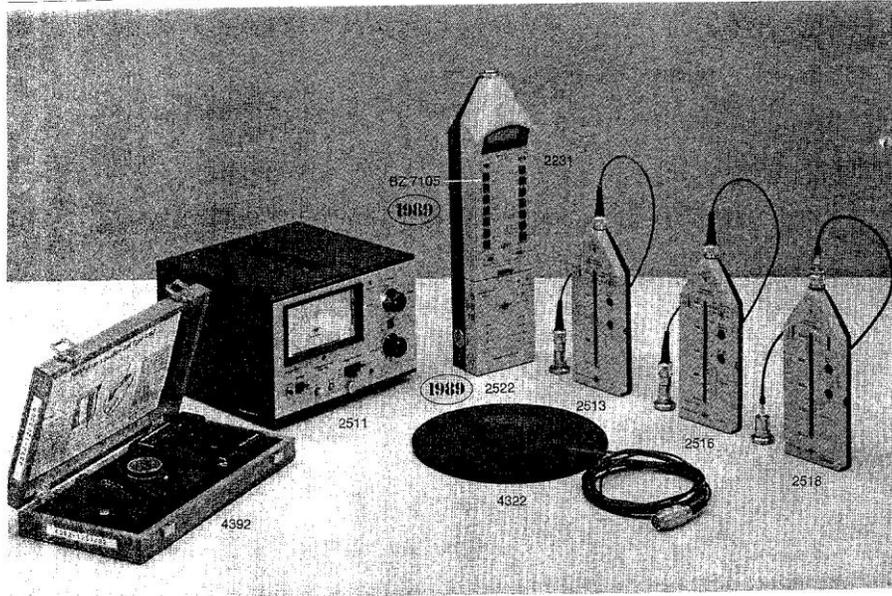


Figura 29. Instrumento para medición de vibraciones (Quest, de EEUU)



- 4392 transductor para medir vibraciones de la mano
- 2511 equipo para medir vibraciones en general
- 4322 transductor para medición de vibraciones de cuerpo entero
- 2513/16/18 medidores de vibraciones integradores con sus acelerómetros
- 2511 medidor de nivel sonoro integrador que puede medir vibraciones

Figura 30. Instrumentos para la medición para vibraciones (Brüel y Kjaer, de Dinamarca)

5.2.5. MEDIDAS A TENER EN CUENTA EN LA MEDICIÓN

Cuando se realice un estudio se deberá tener en cuenta los siguientes puntos:

- Determinar con exactitud el lugar donde se colocará el traductor
- Se deberá hacer una estimación de los tipos de vibraciones y sus niveles a alcanzar
- Se debe seleccionar el traductor más adecuado para el estudio, considerando el efecto del peso de la masa, tipo de vibración, temperatura, humedad, interferencia acústica y campo electromagnético
- Valor del nivel residual de vibraciones, colocando el acelerómetro en un punto no vibrante del sistema que se encuentre midiendo. (Si tiene valores menores a 1/3 de los medios en vibración se tomará como representativos)
- Tomar medidas en varios puntos del sistema, para poder determinar las zonas de más vibración, con sus respectivos componentes, según las frecuencias
- Se deben tomar todos los datos que fuera posible de la máquina (sistema), (como ser, fabricante tipo modelo, N° de serie, estado de conservación y funcionamiento y peso). (En el caso de tratarse de

- herramientas, se tomarán los mismos datos, además de los elementos de asir, tipo de estos forma i material con que están contruidos).
- Todas las mediciones se deberán efectuar en las condiciones normales de funcionamiento del sistema, con los equipos bien mantenidos y lubricados.

5.2.6. LÍMITES DE EXPOSICIÓN

El tiempo de exposición a vibraciones es esencial para determinar la magnitud de sus consecuencias, estas aumentan ostensiblemente con el tiempo de exposición, pudiéndose distinguir tres límites principales según los criterios fisiológicos:

- Límite de exposición, que señala peligro para la salud,
- Límite de fatiga, que resulta de interés para conductores de vehículos y operadores de máquinas viales o agrícolas
- Límite de comodidad aplicable a campos tales como el transporte de pasajeros.

Estos límites son función de la frecuencia y del tiempo de duración de la exposición

Existen muchas normas dictadas por organismos internacionales o nacionales, referentes a la exposición de las personas a sistemas vibratorios, dentro de ellas podemos citar las normas ISO, ACGIH, AFNOR, DIN, IRAM, etc.

Dichas normas son adoptadas en forma total parcial o combinada según las necesidades, dado que las mismas proveen de métodos de medición y valores límites de exposición admisibles según la situación

Estas normas son sometidas periódicamente a revisión la norma ISO 2631 de carácter internacional y la IRAM 4078 de carácter nacional son las más utilizadas en nuestro país.

Nota:

Normas respecto a las vibraciones.

ISO 2.631 – Evaluación a la exposición humana a vibraciones globales en el cuerpo

ISO 2.631 - 1 – Especificación general

ISO 2.631 – 2 – Vibraciones continuas e inducidas por choques en los Edificios

ISO 5.349 – Vibraciones mecánicas: guía para la medida y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano

IRAM 4078 - Vibraciones transmitidas al ser humano

IRAM 4097 – Vibraciones aplicadas a las manos

estas no son todas las existentes solo algunas de ellas

La norma ISO 2.631 –1 Guía para la estimación de la exposición de los individuos a vibraciones globales del cuerpo

Es válida para personas sanas, que desarrollan una vida normal, capaces de soportar el stress propio de la jornada laboral, se trata de vibraciones transmitidas al conjunto del cuerpo por las superficies de apoyo (ver punto 9.3)

La Norma IRAM 4078 deriva de la ISO 2631 por lo tanto coincide con ella, la Ley de HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO en su ANEXO V correspondiente al Capítulo 13 art. 85 a 94

Otra norma ISO 5349 tiene su correspondiente en la Norma IRAM 4097, referida a las vibraciones transmitidas a las manos con el uso de herramientas tales como martillos, herramienta de percusión etc. las cuales provocan afecciones a las articulaciones de las manos, antebrazos y brazos.

En las siguientes figuras se reproduce la parte correspondiente a la ley Nacional 19.587 y su Decreto Reglamentario N° 351/79

TITULO IV
CONDICIONES DE HIGIENE EN LOS AMBIENTES LABORALES
Capítulo 13

Ruidos y vibraciones

Art. 85° - En todos los establecimientos, ningún trabajador podrá estar expuesto a una dosis de nivel sonoro continuo equivalente superior a la establecida en el Anexo V.

Art. 86° - La determinación del nivel sonoro continuo equivalente se realizará siguiendo el procedimiento establecido en el Anexo V.

Art. 87° - Cuando el nivel sonoro continuo equivalente supere en el ámbito de trabajo la dosis establecida en el Anexo V, se procederá a reducirlo adoptando las correcciones que se enuncian a continuación, y en el orden que se detalla:

1. Procedimientos de ingeniería, ya sea en la fuente, en las vías de transmisión o en el recinto receptor.
2. Protección auditiva del trabajador.
3. De no ser suficientes las correcciones indicadas precedentemente, se procederá a la reducción del tiempo de exposición.

Art. 88° - Cuando existan razones debidamente fundadas ante la autoridad competente que hagan impracticable lo dispuesto en el Artículo precedente, inciso 1, se establecerá la obligatoriedad del uso de protectores auditivos por toda persona expuesta.

Art. 89° - En aquellos ambientes de trabajo sometidos a niveles sonoros por encima de la dosis máxima permisible y que por razones debidamente fundadas ante la autoridad competente hagan impracticable lo establecido en el Artículo 87, inciso 1 y 2, se dispondrá la reducción de los tiempos de exposición de acuerdo a lo especificado en el Anexo V.

Art. 90° - Las características constructivas de los establecimientos y las que posean los equipos industriales a instalarse en ellos, deberán ser consideradas junto con las construcciones y modificaciones estipuladas en el Artículo 87 inciso 1. Los planos de construcción e instalaciones deberán ser aprobados por la autoridad competente, conforme lo establecido en el Capítulo 5 de la presente reglamentación.

Art. 91° - Cuando se usen protectores auditivos y a efectos de computar el nivel sonoro continuo equivalente resultante, al nivel sonoro medido en el lugar de trabajo se le restará la atenuación debida al protector utilizado, siguiendo el procedimiento indicado en el Anexo V.
La atenuación de dichos equipos deberá ser certificada por Organismos Oficiales.

Art. 92° - Todo trabajador expuesto a una dosis superior a 85 dB(A) de Nivel Sonoro continuo equivalente, deberá ser sometido a los exámenes audiométricos prescriptos en el Capítulo 3 de la presente reglamentación.

Cuando se detecte un aumento persistente del umbral auditivo, los afectados deberán utilizar en forma ininterrumpida protectores auditivos.

En caso de continuar dicho aumento, deberá ser transferido a otras tareas no ruidosas.

Art. 93° - Los valores límites admisibles de ultrasonidos e infrasonidos deberán ajustarse a lo establecido en el Anexo V.

Los trabajadores expuestos a fuentes que generen o pudieran generar ultrasonidos o infrasonidos que superen los valores límites permisibles establecidos en el Anexo indicado precedentemente, deberán ser sometidos al control médico prescripto en el Capítulo 3 de la presente reglamentación.

Art. 94° - En todos los establecimientos, ningún trabajador podrá estar expuesto a vibraciones cuyos valores límites permisibles superen los especificados en el Anexo V. Si se exceden dichos valores, se adoptarán las medidas correctivas necesarias para disminuirlos.

Figura31 Capítulo 13 del Decreto 351/79 de la Ley Nacional N° 19.587

ANEXO V

Correspondiente a los artículos 85 a 94 de la
Reglamentación
aprobada por Decreto N° 351/79
CAPITULO 13
Ruidos y Vibraciones

1.- Definiciones

Nivel Sonoro Continuo Equivalente (N.S.C.E.): Es el nivel sonoro medido en dB (A) de un ruido supuesto constante y continuo durante toda la jornada, cuya energía sonora sea igual a la del ruido variable medido estadísticamente a lo largo de la misma.

2.- Dosis máxima admisible

Ningún trabajador podrá estar expuesto a una dosis superior a 90 dB (A) de Nivel Sonoro Continuo Equivalente, para una jornada de 8h. y 48h. semanales.

Por encima de 115 dB (A) no se permitirá ninguna exposición sin protección individual ininterrumpida mientras dure la agresión sonora. Asimismo en niveles mayores de 135 dB (A) no se permitirá el trabajo ni aún con el uso obligatorio de protectores individuales.

3.- Instrumental

A los efectos de esta reglamentación, los instrumentos a utilizarse deberán cumplir con las siguientes normas:

3.1. Medidor de nivel sonoro según recomendaciones: IEC R 123; IEC 179; IRAM 4.074.

3.2. Medidor de impulso con constantes de integración de 35 a 50 milisegundos según recomendación: IEC R 179.

3.3. Filtros de bandas de octava, media octava y tercio de octava según recomendaciones: IEC R 225; IRAM 4.081.

3.4. Clasificador estadístico: en 12 rangos de 5 dB cada uno con muestreo de 0,1 seg.

3.5. Acelerómetro según recomendaciones IEC 184; IEC 224.

4.- Medición del nivel sonoro

4.1. Cuando los niveles sean determinados por medio del medidor de nivel sonoro, se utilizará la red de compensación "A" en repuesta lenta.

4.2. La determinación se efectuará con el micrófono ubicado a la altura del oído del trabajador.

5.- Cálculo del nivel sonoro de ruidos no impulsivos.

5.1. Si los ruidos son continuos y sus variaciones no sobrepasan los ± 5 dB, se promediarán los valores obtenidos en una jornada típica de trabajo.

5.2. Si los ruidos son discontinuos o sus variaciones sobrepasan los ± 5 dB, se hará una medición estadística, clasificando los niveles en rangos de 5 dB y computando el tiempo de exposición a cada nivel.

5.3. Para el caso en que el nivel general ambiente sea estable dentro de los ± 5 dB y existan operaciones con mayor nivel que el del ambiente, pero también estable dentro de dichos límites, de duración no menor de 3 minutos y con ritmo de repetición no inferior a un minuto, se podrá efectuar el cómputo con el sólo uso de un cronómetro de precisión.

5.4. Cuando los ruidos medios contengan tonos puros audibles, se agregarán 10 dB a la lectura del instrumento antes de determinar la dosis.

Se consideran tonos puros audibles, aquellos que incrementan el nivel de una banda de tercio de octava en por lo menos 10 dB con respecto a sus contiguas.

5.5. Con los valores obtenidos se computará el nivel sonoro continuo equivalente (N.S.C.E.), utilizándose el ábaco N° 1 cuando el ruido no varíe fundamentalmente de una jornada típica a otra.

5.6. Cálculo del nivel sonoro continuo equivalente (N.S.C.E.) a base de evaluación semanal.

A los efectos de la aplicación de este procedimiento se definen los siguientes índices:

a) Índice parcial de exposición al ruido (Ei): Índice determinado por un sólo nivel sonoro y su duración, dentro de una semana de 48h.

b) Índice compuesto de exposición al ruido (Ec): Suma de los índices parciales de exposición al ruido para todos los niveles sonoros de 80 dB o más, sobre una semana de 48h.

Procedimiento

1. Se introduce en la columna 1 de la Tabla 1 la duración total durante una semana de cada nivel sonoro y se lee en la intersección con el correspondiente nivel sonoro el índice parcial de exposición (Ei).

2. La suma aritmética de los índices parciales (Ei) de exposición así obtenidos es el índice compuesto de exposición (Ec).

3. Se entra con el valor del índice compuesto de exposición en la Tabla 2 y se lee en ella el nivel sonoro continuo equivalente.

5.7. Los valores permisibles de nivel sonoro referidos a la exposición máxima en horas por día, son los que se expresan en la Tabla 3.

1°

<p>Pi 5.8. Cuando los ruidos se repitan en forma regular en el tiempo, será suficiente con emplear el ábaco N° 1 para el cálculo N.S.C.E. Bastaría con determinar los tiempos de exposición a cada uno de los varios niveles observados. Uniendo el nivel con su tiempo de duración mediante una recta, se leen los índices parciales f en la vertical central del ábaco. Luego se suman los índices f parciales y en la misma vertical se lee, N.S.C.E. (Neq) al costado opuesto al índice total resultante.</p> <p>6.- Cálculo del nivel sonoro de ruidos de impacto</p> <p>6.1. Se considerarán ruidos de impacto a aquellos que tienen un crecimiento casi instantáneo, una frecuencia de repetición menor de 10 por segundo y un decrecimiento exponencial.</p> <p>6.2. La exposición a ruidos de impacto no deberá exceder los 115 dB medidos con el medidor de impulsos en la posición impulsiva con retención de lectura. En caso de disponer solamente de un medidor de niveles sonoros común, se usará la red de compensación "A" en respuesta rápida, debiéndose sumar 10 dB a la lectura del instrumento.</p> <p>6.3. Cuando la frecuencia de repetición de los ruidos de impacto sea superior a los 10 por segundo, deberán considerarse como ruidos continuos, aplicándose para el cálculo lo establecido en el apartado 5.</p> <p>7.- Cálculo del nivel sonoro de ruidos impulsivos</p> <p>7.1. Se considerarán ruidos impulsivos aquellos que tienen un crecimiento casi instantáneo y una duración menor de 50 milisegundos.</p> <p>7.2. Los valores límites para los ruidos impulsivos son los que se indican en el gráfico 1. Para utilizar este gráfico deben conocerse: el total de impactos en una jornada media de trabajo, la duración aproximada de cada impacto en milisegundos y el nivel pico de presión sonora del impacto más intenso registrado osciligráficamente o con un instrumento capaz de medir valores pico.</p> <p>8.- Infrasonidos y ultrasonidos</p> <p>8.1. Cuando se sospeche la existencia de infrasonidos por ejemplo, hornos de fundición y grandes plantas generadoras, los criterios de aceptabilidad provisorio establecidos en la Tabla 4 servirán de base. En cuanto a ultrasonidos puede seguirse un criterio similar, utilizándose la Tabla 5.</p> <p>9.- Trabajos de mantenimiento</p>	<p>9.1. Los obreros que realicen trabajos de conservación o mantenimiento (electricistas, pintores, gasistas, albañiles, carpinteros y en general ingeniería de fábrica) por estar expuestos en forma muy variables deberán ser controlados en las formas indicadas a continuación.</p> <p>9.2. En fábricas con turnos normales de trabajo (8 h. matutino u 8 h. vespertino), los trabajos de mantenimiento se realizarán fuera de los horarios de actividad.</p> <p>9.3. En los casos de actividad industrial continua, se determinarán con la Oficina de Personal para los lugares con exposiciones iguales o mayores de 90 dB de NSCE las exposiciones de NSCE mayor o igual a 90 dB (A) a lo largo del último año que según los planes de trabajo para dicho lapso hubieren realizado tales obreros. Las tareas impostergables de mantenimiento deberán realizarse obligatoriamente con protección auditiva ininterrumpida.</p> <p>10.- Vibraciones</p> <p>10.1. Las vibraciones no deberán exceder los valores prescriptos en el gráfico 2 en función del tiempo diario de exposición indicado en los parámetros.</p> <p>10.2. Si no es posible medir con precisión la frecuencia de las vibraciones, se deberá atener a los valores más bajos, no excediendo 0,1 "g" para 8 horas de exposición, ni 1 "g" para un minuto diario ("g": aceleración de la gravedad).</p> <p>11.- Cálculo del N.S.C.E. cuando se usen protectores auditivos. El procedimiento para calcular el nivel sonoro continuo equivalente, cuando se usen valores auditivos es el siguiente:</p> <p>1. Se realizará una medición del ruido de acuerdo con lo indicado en el apartado 5, pero con filtros de banda de octavas insertados en el equipo de medición.</p> <p>2. Se corrigen los niveles sonoros de banda de octavas con los valores indicados en la Tabla 6. Nota: Los valores corregidos pueden encontrarse directamente, si los niveles de presión de banda se miden con la red "A" insertada en la línea de medición.</p> <p>3. Se resta la atenuación del protector auditivo en cada banda de octava, del nivel de banda corregido en 2. Los resultados se llaman N_{63}; N_{125}; etc., hasta N_{8000} respectivamente.</p>
---	---

Figura 33 ANEXO V del Decreto Reglamentario 351/79Capítulo 13 de la Ley Nacional N° 19.587

4. Se calcula el nivel efectivo total (N) mediante la expresión $N_{ef} = 10 \log$

$$\left(\text{anti log } \frac{N_{63}}{10} + \text{anti log } \frac{N_{125}}{10} + \text{anti log } \frac{N_{8000}}{10} \right)$$

5. N_{ef} es el nivel efectivo en dB a usarse para el cálculo del nivel sonoro continuo equivalente cuando se utilizan protectores auditivos.

ABACO N° 1
ABACO PARA CALCULAR N.S.C.E.
Nivel Sonoro Continuo Equivalente

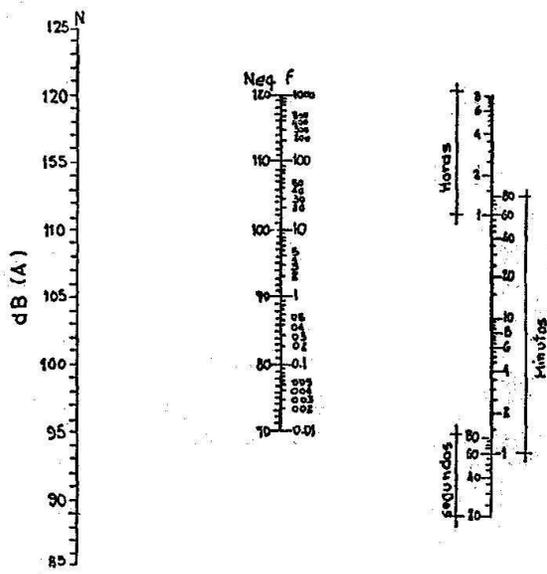


Figura 34 ANEXO V del Decreto Reglamentario 351/79Capítulo 13 de la Ley Nacional N° 19.587

CRITERIO DE EXPOSICIONES A
 ULTRASONIDOS (epa) Duubrovnik 1973)

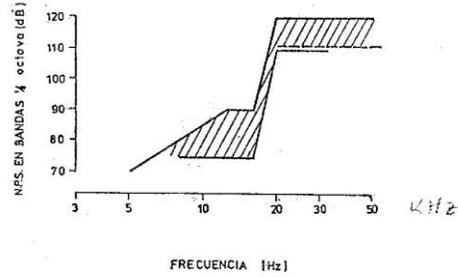


Tabla N° 4

Criterios de exposición a infrasonidos (EPA Dubrovnik)

f (Hz)	0.5	1	2	4	8	16	32	64	128
EXPOSICIONES	5	169	166	163	160	157	154	151	148
1	166	163	160	157	154	151	148	145	142
2	163	160	157	154	151	148	145	142	139
4	160	157	154	151	148	145	142	139	136
8	157	154	151	148	145	142	139	136	133
16	154	151	148	145	142	139	136	133	130
32	151	148	145	142	139	136	133	130	127
64	148	145	142	139	136	133	130	127	124
128	145	142	139	136	133	130	127	124	121
256	142	139	136	133	130	127	124	121	118
512	139	136	133	130	127	124	121	118	115
1024	136	133	130	127	124	121	118	115	112
2048	133	130	127	124	121	118	115	112	109
4096	130	127	124	121	118	115	112	109	106
8192	127	124	121	118	115	112	109	106	103
16384	124	121	118	115	112	109	106	103	100
32768	121	118	115	112	109	106	103	100	97
65536	118	115	112	109	106	103	100	97	94
131072	115	112	109	106	103	100	97	94	91
262144	112	109	106	103	100	97	94	91	88
524288	109	106	103	100	97	94	91	88	85
1048576	106	103	100	97	94	91	88	85	82
2097152	103	100	97	94	91	88	85	82	79
4194304	100	97	94	91	88	85	82	79	76
8388608	97	94	91	88	85	82	79	76	73
16777216	94	91	88	85	82	79	76	73	70
33554432	91	88	85	82	79	76	73	70	67
67108864	88	85	82	79	76	73	70	67	64
134217728	85	82	79	76	73	70	67	64	61
268435456	82	79	76	73	70	67	64	61	58
536870912	79	76	73	70	67	64	61	58	55
1073741824	76	73	70	67	64	61	58	55	52
2147483648	73	70	67	64	61	58	55	52	49
4294967296	70	67	64	61	58	55	52	49	46
8589934592	67	64	61	58	55	52	49	46	43
17179869184	64	61	58	55	52	49	46	43	40
34359738368	61	58	55	52	49	46	43	40	37
68719476736	58	55	52	49	46	43	40	37	34
137438953472	55	52	49	46	43	40	37	34	31
274877906944	52	49	46	43	40	37	34	31	28
549755813888	49	46	43	40	37	34	31	28	25
1099511627776	46	43	40	37	34	31	28	25	22
2199023255552	43	40	37	34	31	28	25	22	19
4398046511104	40	37	34	31	28	25	22	19	16
8796093022208	37	34	31	28	25	22	19	16	13
17592186044416	34	31	28	25	22	19	16	13	10
35184372088832	31	28	25	22	19	16	13	10	7
70368744177664	28	25	22	19	16	13	10	7	4
140737488355328	25	22	19	16	13	10	7	4	1
281474976710656	22	19	16	13	10	7	4	1	-2
562949953421312	19	16	13	10	7	4	1	-2	-5
1125899906842624	16	13	10	7	4	1	-2	-5	-8
2251799813685248	13	10	7	4	1	-2	-5	-8	-11
4503599627370496	10	7	4	1	-2	-5	-8	-11	-14
9007199254740992	7	4	1	-2	-5	-8	-11	-14	-17
18014398509481984	4	1	-2	-5	-8	-11	-14	-17	-20
36028797018963968	1	-2	-5	-8	-11	-14	-17	-20	-23
72057594037927936	-2	-5	-8	-11	-14	-17	-20	-23	-26
14411518807585584	-5	-8	-11	-14	-17	-20	-23	-26	-29
28823037615171168	-8	-11	-14	-17	-20	-23	-26	-29	-32
57646075230342336	-11	-14	-17	-20	-23	-26	-29	-32	-35
115292150460684672	-14	-17	-20	-23	-26	-29	-32	-35	-38
230584300921369344	-17	-20	-23	-26	-29	-32	-35	-38	-41
461168601842738688	-20	-23	-26	-29	-32	-35	-38	-41	-44
922337203685477376	-23	-26	-29	-32	-35	-38	-41	-44	-47
1844674407370954752	-26	-29	-32	-35	-38	-41	-44	-47	-50
3689348814741909504	-29	-32	-35	-38	-41	-44	-47	-50	-53
7378697629483819008	-32	-35	-38	-41	-44	-47	-50	-53	-56
14757395258967638016	-35	-38	-41	-44	-47	-50	-53	-56	-59
29514790517935276032	-38	-41	-44	-47	-50	-53	-56	-59	-62
59029581035870552064	-41	-44	-47	-50	-53	-56	-59	-62	-65
118059162071741104128	-44	-47	-50	-53	-56	-59	-62	-65	-68
236118324143482208256	-47	-50	-53	-56	-59	-62	-65	-68	-71
472236648286964416512	-50	-53	-56	-59	-62	-65	-68	-71	-74
944473296573928833024	-53	-56	-59	-62	-65	-68	-71	-74	-77
1888946593147857666048	-56	-59	-62	-65	-68	-71	-74	-77	-80
3777893186295715332096	-59	-62	-65	-68	-71	-74	-77	-80	-83
7555786372591430664192	-62	-65	-68	-71	-74	-77	-80	-83	-86
15111572745182861328384	-65	-68	-71	-74	-77	-80	-83	-86	-89
30223145490365722656768	-68	-71	-74	-77	-80	-83	-86	-89	-92
60446290980731445313536	-71	-74	-77	-80	-83	-86	-89	-92	-95
12089258196146289063072	-74	-77	-80	-83	-86	-89	-92	-95	-98
24178516392292578126144	-77	-80	-83	-86	-89	-92	-95	-98	-101
48357032784585156252288	-80	-83	-86	-89	-92	-95	-98	-101	-104
96714065569170312504576	-83	-86	-89	-92	-95	-98	-101	-104	-107
19342813113834062500912	-86	-89	-92	-95	-98	-101	-104	-107	-110
38685626227668125001824	-89	-92	-95	-98	-101	-104	-107	-110	-113
77371252455336250003648	-92	-95	-98	-101	-104	-107	-110	-113	-116
15474250491067250007296	-95	-98	-101	-104	-107	-110	-113	-116	-119
30948500982134500014592	-98	-101	-104	-107	-110	-113	-116	-119	-122
61897001964269000029184	-101	-104	-107	-110	-113	-116	-119	-122	-125
123794003928538000058368	-104	-107	-110	-113	-116	-119	-122	-125	-128
247588007857076000116736	-107	-110	-113	-116	-119	-122	-125	-128	-131
495176015714152000233472	-110	-113	-116	-119	-122	-125	-128	-131	-134
990352031428304000466944	-113	-116	-119	-122	-125	-128	-131	-134	-137
1980704062856608000933888	-116	-119	-122	-125	-128	-131	-134	-137	-140
3961408125713216001867776	-119	-122	-125	-128	-131	-134	-137	-140	-143
7922816251426432003735552	-122	-125	-128	-131	-134	-137	-140	-143	-146
15845632502852864007471104	-125	-128	-131	-134	-137	-140	-143	-146	-149
31691265005705728014942208	-128	-131	-134	-137	-140	-143	-146	-149	-152
63382530011411456029884416	-131	-134	-137	-140	-143	-146	-149	-152	-155
126765060022822912059768832	-134	-137	-140	-143	-146	-149	-152	-155	-158
253530120045645824119537664	-137	-140	-143	-146	-149	-152	-155	-158	-161
507060240091291648239075328	-140	-143	-146	-149	-152	-155	-158	-161	-164
1014120480182583296478150656	-143	-146	-149	-152	-155	-158	-161	-164	-167
2028240960365166592956301312	-146	-149	-152	-155	-158	-161	-164	-167	-170
4056481920730333185912602624	-149	-152	-155	-158	-161	-164	-167	-170	-173
8112963841460666371825205248	-152	-155	-158	-161	-164	-167	-170	-173	-176
16225927683221332736504010496	-155	-158	-161	-164	-167	-170	-173	-176	-179
32451855366442665473008020992	-158	-161	-164	-167	-170	-173	-176	-179	-182
64903710732885330946016041984	-161	-164	-167	-170	-173	-176	-179	-182	-185
129807421457706601892032083872	-164	-167	-170	-173	-176	-179	-182	-185	-188
259614842915413203760641677504	-167	-170	-173	-176	-179	-182	-185	-188	-191
519229685830826407520128335008	-170	-173	-176	-179	-182	-18			

El anterior Decreto reglamentario en su Anexo V fue derogado y reemplazado por el Anexo V de la Resolución MTESS N° 295/2003 el cual se transcribe en el siguiente recuadro

ANEXO V

VIBRACION (SEGMENTAL) MANO-BRAZO

La evaluación de las vibraciones se realiza tomando como base las normas nacionales e internacionales, donde se especifican los valores de aceleración eficaz admisibles, en función de la frecuencia, de la vibración y tiempo de exposición. Las vibraciones que se transmiten al sistema mano brazo pueden enfocarse a través de la reducción de vibraciones en la fuente o la que se transmite al operario. Los valores límite de la Tabla 1 hacen referencia a los niveles de los componentes de la aceleración y a la duración de la exposición que representan las condiciones en las que se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos en repetidas ocasiones sin sobrepasar más allá de la etapa 1 del sistema Stockholm de clasificación para el Dedo Blanco inducido por vibración, llamado también fenómeno de origen laboral de Raynaud (Tabla 2).

El uso de: 1) herramientas antivibración; 2) guantes antivibración; 3) prácticas de trabajo adecuadas que mantengan calientes las manos y el resto del cuerpo del trabajador y también minimicen el acoplamiento vibratorio entre el trabajador y la herramienta vibratoria, son necesarios para minimizar la exposición a la vibración y 4) un programa de vigilancia médica conscientemente aplicado es, todos ellos, necesarios para eliminar del lugar de trabajo el SVMB (vibración segmental mano brazo).

Vibración mano - brazo continua, intermitente, de impacto o de impulso

La medida de la vibración se puede realizar de acuerdo con los procedimientos y la instrumentación que se especifican en normas nacionales e internacionales. La aceleración de un mango vibratorio o útil de trabajo se debe determinar en tres direcciones mutuamente ortogonales en un punto próximo al lugar en que la vibración penetra en la mano. Preferiblemente, las direcciones serán las que formen el sistema biodinámico de coordenadas, aunque puede ser un sistema basicéntrico estrechamente relacionado que tenga su origen en la interfase entre la mano y la superficie que vibra (véase la Figura 1) para dar cabida a las distintas configuraciones del mango o útil de trabajo. Se montará un transductor pequeño y de poco peso para registrar con exactitud una o más componentes ortogonales de la vibración fuente en la gama de frecuencias de 5 a 1.500 Hz. Cada componente deberá ser ponderada en frecuencia por medio de una red de filtros que reúna las características de ganancia especificadas para los instrumentos de medida de la respuesta humana a la vibración, a fin de explicar el cambio del riesgo de la vibración con la frecuencia (véase la Figura 2). La valoración de la exposición a la vibración se debe hacer para cada dirección aplicable (Xh, Yh, Zh) puesto que la vibración es una cantidad vectorial (magnitud y dirección). La magnitud de la vibración durante el funcionamiento normal de la herramienta mecánica, la máquina o útil de trabajo vendrá expresada, en cada dirección, por el valor cuadrático medio (v.c.m.) de la componente de las aceleraciones de frecuencia ponderada, en unidades de metros por segundo elevado al cuadrado (m/s^2) o unidades de gravitación (g), la mayor de las cuales, a_k , constituye la base para la valoración de la exposición.

Para cada dirección que se mida, se empleará la integración lineal para vibraciones que sean de una duración extremadamente corta o varíen sustancialmente en el tiempo. Si la exposición total diaria a la vibración en una dirección determinada se compone de varias exposiciones a diferentes valores cuadráticos medios (v.c.m.) de las aceleraciones, entonces la componente de la aceleración de frecuencia ponderada en esa dirección se determinará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$a_{\text{w}} = \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (a_{\text{wi}})^2 T_i \right]^{1/2}$$

$$= \sqrt{(a_{\text{w1}})^2 \frac{T_1}{T} + (a_{\text{w2}})^2 \frac{T_2}{T} + \dots + (a_{\text{wn}})^2 \frac{T_n}{T}}$$

en donde:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

T = duración de la exposición total diaria.

a_{wi} = iésima frecuencia ponderada, valor cuadrático medio de la componente de la aceleración con duración T_i .

Estos cálculos se pueden hacer por medio de los instrumentos de medida de la vibración con respuesta humana.

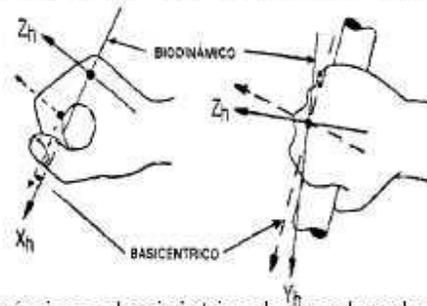


Figura 1. Sistemas biodinámicos y basicéntrico de coordenadas para la mano, con indicación de los componentes de aceleración (ISO 5349 y ANSI S3-34-1986)

Estos cálculos se pueden hacer por medio de los instrumentos de medida de la vibración con respuesta humana.

TABLA 1

Valores límite para la exposición de la mano a la vibración en cualquiera de las direcciones X_h, Y_h, Z_h

Duración de la exposición total diaria ^{a)}	Valores cuadráticos medios dominantes ^{b)} de la componente de las aceleraciones de frecuencia ponderada que no deben excederse	
	a_k ($a_{k\text{req}}$)	
	m/s ²	g ^{c)}
4 horas y menos de 8	4	0,40
2 horas y menos de 4	6	0,61
1 hora y menos de 2	8	0,81
menos de 1 hora	12	1,22

- a. El tiempo de vibración total penetra en la mano cada día de manera continua o intermitente.
- b. Usualmente, uno de los ejes de vibración domina sobre los dos restantes. Si uno o más ejes de vibración sobrepasan la Exposición Total Diaria, se ha sobrepasado el valor límite.
- c. $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

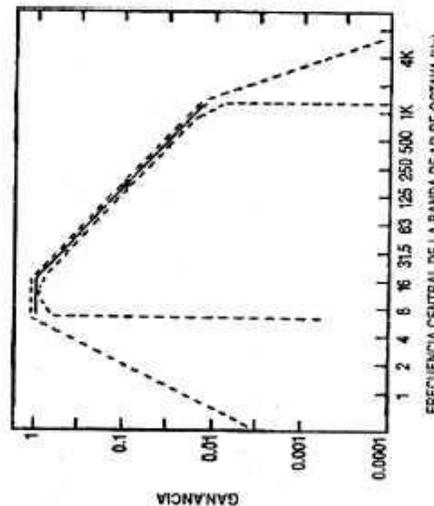


Fig. 2: Características de ganancia de la red de filtros utilizada para ponderar en frecuencia las componentes de aceleraciones (línea de trazo continuo)

Notas a la Tabla 1

1. La ponderación de redes dada en la Figura 2 se considera la mejor forma para ponderar en frecuencia las componentes de la aceleración. Sin embargo, los estudios existentes sugieren que la ponderación de frecuencias a frecuencias elevadas (por encima de 16 Hz) pueden no tener en cuenta un factor de seguridad suficiente y se debe tener precaución cuando se usen herramientas con componentes de alta frecuencia.
2. Las exposiciones agudas a valores cuadráticos medios (v.c.m.) de las aceleraciones de frecuencia ponderada que sobrepasan los valores límite durante períodos de tiempo poco frecuentes (p. ej. 1 día a la semana o varios días durante un período de dos semanas) no son necesariamente más nocivas.
3. Es de esperar que las exposiciones agudas a valores cuadráticos medios (v.c.m.) de la componente de las aceleraciones de frecuencia ponderada iguales al triple de la magnitud de los valores límite tengan por resultado los mismos efectos sobre la salud después de 5 ó 6 años de exposición.
4. Para moderar los efectos adversos de la exposición a la vibración, a los trabajadores se les debe aconsejar que eviten la exposición a la vibración continua, interrumpiéndola durante 10 minutos, aproximadamente, por hora de vibración continua.
5. Se deben emplear prácticas adecuadas de trabajo que incluyan el enseñar a los trabajadores a emplear una fuerza mínima prensil de la mano que sea compatible con el accionamiento seguro de una herramienta mecánica o la realización de un proceso, a mantener secos y calientes el cuerpo y las manos, a evitar fumar y a usar herramientas antivibración y guantes siempre que sea posible. Como regla general los guantes son más eficaces para disminuir la vibración a frecuencias elevadas.
6. El transductor de la medida de la vibración junto con su dispositivo de unión a la fuente de vibración, debe pesar menos de 15 gramos y poseer una sensibilidad de eje transversal (cross-axis)

sensitiv) inferior al 10%.

7. La medición por medio de muchos acelerómetros piezoeléctricos (con amortiguación mecánica demasiado débil) de vibraciones de impulso repetitivas de gran desplazamiento, tales como las producidas por herramientas neumáticas de percusión, está sujeta a error. La inserción de un filtro mecánico, de bajo paso, entre el acelerómetro y la fuente de vibración, con una frecuencia de corte de 1.500 Hz o más (y una sensibilidad de eje transversal inferior al 10%) puede ayudar a eliminar las lecturas incorrectas.

8. Se debe dar a conocer el fabricante y el tipo de todos los aparatos usados para medir la vibración, así como el valor de la dirección dominante y el valor cuadrático medio de la componente de la aceleración de frecuencia ponderada.

TABLA 2

Sistema de clasificación para SVMB de Stockholm para síntomas de frío inducido periférico vascular y sensoneural

Valoración vascular		
Etapa	Grado	Descripción
0	-	Sin agresión
1	medio	Agresiones ocasionales que afectan solamente a los extremos de uno o más dedos.
2	moderado	Agresiones ocasionales que afectan a las falanges distal y media (raramente también a la proximal) de uno o más dedos.
3	severo	Agresiones frecuentes que afectan a todas las falanges de casi todos los dedos.
4	Muy severo	Como en la etapa 3 con atrofia de la piel en las extremidades de los dedos.

Nota: Se consideran diferentes estudios para cada mano.

Valoración sensoneural	
Etapa	Síntomas
0 SN	Exposición a la vibración sin síntomas.
1 SN	Entumecimiento intermitente con o sin molestias
2 SN	Entumecimiento intermitente o persistente con reducción de la percepción sensorial
3 SN	Entumecimiento intermitente o persistente reduciendo el tacto y/o la destreza en la manipulación.

Nota: Se consideran diferentes estudios para cada mano.

VIBRACION DEL CUERPO ENTERO

Los valores límite de las Figuras 1 y 2 (recogidos en las Tablas 1 y 2) se refieren a la vibración mecánica inducida del cuerpo entero (VCE). Son magnitudes de la componente de la aceleración, como valores cuadráticos medios (v.c.m.) y tiempos de exposición, por debajo de los cuales se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente con un riesgo mínimo al dolor de espalda, efectos adversos en ella, o la inhabilidad para conducir adecuadamente los vehículos utilizados en las fábricas. El sistema de coordenadas biodinámicas utilizado se

representa en la Figura 3. Estos valores deben usarse como guías para el control de la exposición a la vibración del cuerpo entero, aunque debido a la susceptibilidad individual no puedan contemplarse como una separación definida entre los niveles seguros y los peligrosos.

Notas:

1. La aceleración vibratoria es un vector con una magnitud expresada en las unidades de m/s². La aceleración gravitatoria g es igual a 9,81 m/s².

2. En cada una de las Figuras 1 y 2 se da una familia de curvas en función del tiempo de exposición diario, indicándose que la resonancia de la vibración humana ocurre en el rango de frecuencias de 4 a 8 Hz para el eje Z y en el de 1 a 2 Hz para los ejes X e Y, definiéndose la dirección de estos ejes en la Figura 3.

3. Los cálculos de las medidas de la VCE y el tiempo de exposición equivalente para los períodos de no exposición, donde los niveles v.c.m. de la aceleración varían apreciablemente en el tiempo.

4. Los valores límite son válidos para las crestas de la vibración aplicando un factor de 6 o inferior. El factor cresta se define como la relación entre el pico de la vibración y el v.c.m. de la aceleración medida en la misma dirección, en el período de un minuto para cualquiera de los ejes ortogonales X, Y y Z. El valor límite podría subestimar los efectos de la VCE y debe aplicarse con precaución cuando el factor cresta sea superior a 6.

5. Estos valores límite no están pensados para su aplicación en edificios con cimentación fija, en las estructuras de las plataformas marinas o en los barcos.

6. A continuación se da un resumen de la medida de la VCE y los procedimientos para analizar los datos.

a) Para cada punto de medida, en los tres ejes ortogonales, se hacen simultáneamente medidas continuas de los v.c.m. de la aceleración, registrándose por lo menos durante un minuto, a lo largo de las coordenadas biodinámicas representada en la Figura 3.

b) Se montan, perpendicularmente a un cubo metálico de peso ligero, que va colocado en el centro de un disco duro de goma, tres acelerómetros, de peso muy ligero, cada uno de ellos con una sensibilidad en el eje transversal inferior al 10%. El peso total del disco, cubo, acelerómetros y cables, no deben exceder del 10% del peso total del objeto a medir. Las medidas se hacen con el vehículo en funcionamiento, colocando el disco de goma con el instrumental, encima del asiento del conductor y debajo de sus nalgas.

c) Para comparar las medidas con los valores de las Figuras 1 ó 2, según proceda, se requiere para cada eje un análisis individual del espectro de Fourier de la banda de 1/3 de octava (1 a 80 Hz).

d) Si el v.c.m. de la aceleración de cualquier pico del espectro es igual o superior a los valores de las Figuras 1 ó 2 para períodos de tiempo relevantes, entonces se excede el valor límite para ese tiempo de exposición. La intersección del eje entre el pico espectral más alto con la curva del tiempo de exposición más corto, es la que domina, determinando la exposición permitida.

7. El v.c.m. total ponderado de la aceleración para cada eje puede calcularse mediante la ecuación 1, tomando de la Tabla 3 los factores de ponderación adecuados para cada eje. Para el eje X la ecuación es:

$$A_{wx} = \sqrt{\sum (W_{fk} A_{fk})^2} \quad (1)$$

En donde:

A_{wx} = v.c.m. total ponderado de la aceleración para el eje X.

W_{fk} = Factor de ponderación para el eje X a cada frecuencia de la banda de 1/3 de octava de 1 a 80 Hz (Tabla 3).

A_{fk} = v.c.m. de la aceleración para el espectro del eje X a cada frecuencia de la banda de 1/3 de octava de 1 a 80 Hz.

Para los ejes Y y Z se aplican ecuaciones y definiciones análogas.

8. Si los ejes de vibración tienen magnitudes similares de la aceleración determinadas con la ecuación 1, el movimiento combinado de los tres ejes podría ser mayor que en cualquiera de los componentes y posiblemente podría afectar a la función que ejecuta el operario del vehículo. Los resultados de cada uno de los componentes determinados por la ecuación 1, pueden utilizarse en la ecuación 2, para calcular la resultante, que es la ponderación global de todos los v.c.m. de la aceleración A_{wt}

$$A_{wt} = \sqrt{(1,4 A_{wx})^2 + (1,4 A_{wy})^2 + (A_{wz})^2} \quad (2)$$

El factor 1,4 que multiplica a los v.c.m. totales ponderados de la aceleración en los ejes X e Y, es la relación de los valores de las curvas longitudinales y transversales de igual respuesta en los rangos de mayor sensibilidad de respuesta humana. La Unión Europea (UE) recomienda actualmente 0,5 m/s² para la ponderación global de todos los v.c.m. de la aceleración como nivel de acción para las 8 horas/día, que puede compararse con los resultados obtenidos con la ecuación 2.

9. Pueden ocurrir convulsiones de vibración múltiple, de corta duración y amplitud elevada, con factores cresta superiores a 6 durante la jornada de trabajo. En estos casos hay que tener en cuenta que el valor límite umbral puede no prevenir (Nota 4). En estas circunstancias puede ser conveniente aplicar otros métodos de cálculo como los que incluyen el concepto de la 4ª potencia.

10. Para controlar la VCE pueden utilizarse asientos con colchón de aire, cabinas con suspensión, sistemas que mantengan al vehículo en suspensión, inflado adecuado de los neumáticos y el control remoto de los procesos de vibración. También son útiles los asientos con reposabrazos, apoyos lumbares y asientos con regulación de su base y la espalda.

b Las buenas prácticas de trabajo siguientes también pueden ser útiles para los trabajadores que manejan vehículos (7,8).

a) Evitar levantar cargas o inclinarse inmediatamente después de haber estado sometido a vibraciones.

b) Hacer movimientos sencillos con rotaciones o giros mínimos a la salida del vehículo.

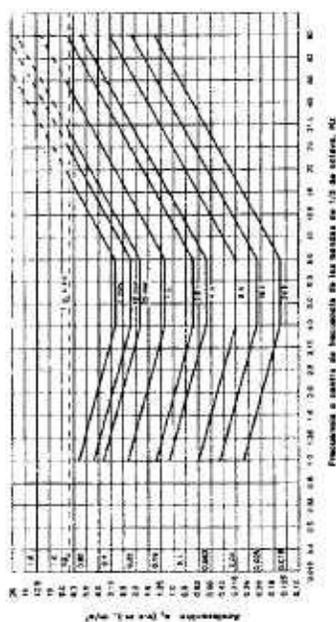


Figura 1. Límites de aceleración longitudinal (az) en función de la frecuencia y tiempo de exposición. Adaptado según ISO 26311

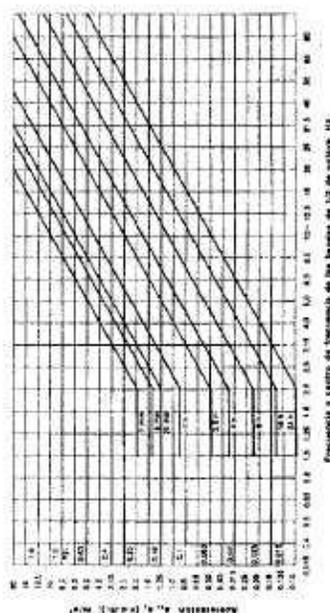


Figura 2. Límites de aceleración transversal (az, ay) en función de la frecuencia y tiempo de exposición. Adaptado según ISO 26311

Nota: Fig. 1 y 2. Recomendación ISO 2631-1978 de la Organización Internacional de Normalización

TABLA 3

Factores de ponderación relativos al rango de frecuencia de sensibilidad máxima a la aceleración^A para las curvas de respuesta de las FIGURAS 1 y 2 (Adaptado de ISO 2631)

Frecuencia Hz	Factores de ponderación	
	Vibraciones longitudinales Z (Figura 1)	Vibraciones transversales X, Y (Figura 2)
1,0	0,50	1,00
1,25	0,56	1,00
1,6	0,63	1,00
2,0	0,71	1,00
2,5	0,80	0,80
3,15	0,90	0,63
4,0	1,00	0,5

5,0	1,00	0,4
6,3	1,00	0,315
8,0	1,00	0,25
10,0	0,80	0,2
12,5	0,63	0,16
16,0	0,50	0,125
20,0	0,40	0,1
25,0	0,315	0,08
31,5	0,25	0,063
40,0	0,20	0,05
50,0	0,16	0,04
63,0	0,125	0,0315
80,0	0,1	0,025

a) 4 a 8 Hz en el caso de $\pm a_z$ vibraciones de resonancia.

1 a 2 Hz en el caso de $\pm a_y$ ó a_x vibraciones de resonancia.

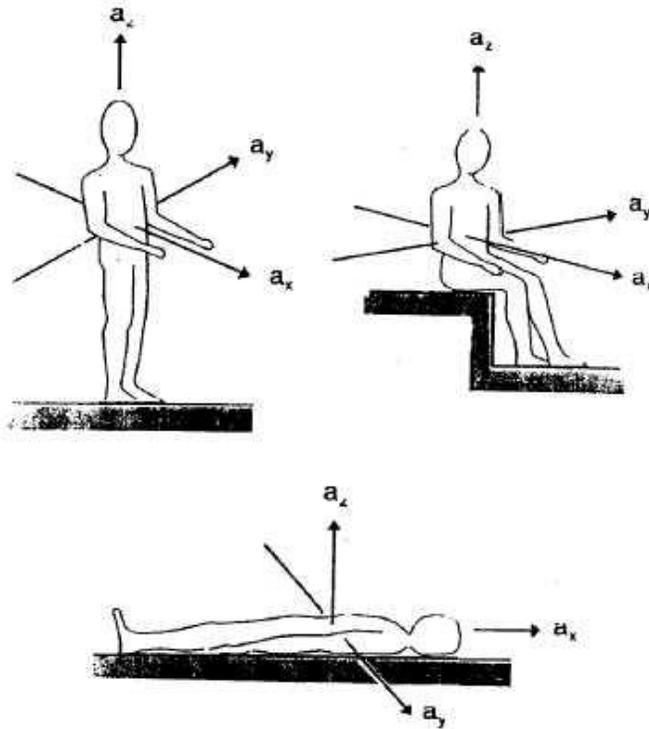


Figura 3: Sistema de coordenadas biodinámicas para medir las aceleraciones (adaptado según ISO 2631). a_x , a_y , a_z = aceleración en la dirección de los ejes, x, y, z; eje x dirección espalda-pecho; eje y dirección derecha-izquierda; eje z dirección pies-cabeza.

TABLA 1

Valores numéricos para la aceleración de vibración en dirección longitudinal a_z (dirección pies cabeza) (véase Figura 1).

Los valores definen el valor límite en términos de v.c.m. de una frecuencia de vibración única pura (sinusoidal) o los v.c.m. de la banda de un tercio de octava para la distribución de la vibración (adaptado según ISO 2631)

Aceleración m/s^2									
Frecuencia	Tiempos de exposición								
	Hz	24h	16h	8h	4h	2,5h	1h	25min	16min
1,00	0,280	0,383	0,63	1,06	1,40	2,36	3,55	4,25	5,60
1,25	0,250	0,338	0,56	0,95	1,26	2,12	3,15	3,75	5,00
1,60	0,224	0,302	0,50	0,85	1,12	1,90	2,80	3,35	4,50
2,00	0,200	0,27	0,45	0,75	1,00	1,70	2,50	3,00	4,00
2,50	0,180	0,239	0,40	0,67	0,90	1,50	2,24	2,65	3,55
3,15	0,160	0,212	0,355	0,60	0,80	1,32	2,00	2,35	3,15
4,00	0,140	0,192	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	2,12	2,80
5,00	0,140	0,192	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	2,12	2,80
6,30	0,140	0,192	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	2,12	2,80
8,00	0,140	0,192	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	2,12	2,80
10,00	0,180	0,239	0,40	0,67	0,90	1,50	2,24	2,65	3,55
12,50	0,224	0,302	0,50	0,85	1,12	1,90	2,80	3,35	4,50
16,00	0,280	0,383	0,63	1,06	1,40	2,36	3,55	4,25	5,60
20,00	0,355	0,477	0,80	1,32	1,80	3,00	4,50	5,30	7,10
25,00	0,450	0,605	1,00	1,70	2,24	3,75	5,60	6,70	9,00
31,50	0,560	0,765	1,25	2,12	2,80	4,75	7,10	8,50	11,2
40,00	0,710	0,955	1,60	2,65	3,55	6,00	9,00	10,6	14,0
50,00	0,900	1,19	2,00	3,35	4,50	7,50	11,20	13,2	18,0
63,00	1,120	1,53	2,50	4,25	5,60	9,50	14,00	17,0	22,4
80,00	1,400	1,91	3,15	5,30	7,10	11,80	18,00	21,2	28,0

TABLA 2

Valores numéricos para la aceleración de vibración en dirección transversal a \hat{o} a (espalda - pecho o de costado a costado) (véase Figura 2)

Los valores definen el TLV en términos de v.c.m. de una frecuencia de vibración única pura (sinusoidal) o los v.c.m. de la banda de un tercio de octava para la distribución de la vibración (adaptado según ISO 2631)

Aceleración m/s ²									
Frecuencia	Tiempo de exposición								
	Hz	24h	16h	8h	4h	2,5h	1h	25min	16min
1,00	0,100	0,135	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,00
1,25	0,100	0,135	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,00
1,60	0,100	0,135	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,00
2,00	0,100	0,135	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,00
2,50	0,125	0,171	0,280	0,450	0,63	1,06	1,6	1,9	2,5
3,15	0,160	0,212	0,355	0,560	0,8	1,32	2,0	2,36	3,15
4,00	0,200	0,270	0,450	0,710	1,0	1,70	2,5	3,0	4,0
5,00	0,250	0,338	0,560	0,900	1,25	2,12	3,15	3,75	5,0
6,30	0,315	0,428	0,710	1,12	1,6	2,65	4,0	4,75	6,3
8,00	0,40	0,54	0,900	1,40	2,0	3,35	5,0	6,0	8,0
10,00	0,50	0,675	1,12	1,80	2,5	4,25	6,3	7,5	10,0
12,50	0,63	0,855	1,40	2,24	3,15	5,30	8,0	9,5	12,5
16,00	0,80	1,06	1,80	2,80	4,0	6,70	10,0	11,8	16,0
20,00	1,00	1,35	2,24	3,25	5,0	8,5	12,5	15,0	20,0
25,00	1,25	1,71	2,80	4,50	6,3	10,6	15,0	19,0	25,0
31,50	1,60	2,12	3,55	5,60	8,0	13,2	20,0	23,6	31,5
40,00	2,00	2,70	4,50	7,10	10,0	17,0	25,0	30,0	40,0
50,00	2,50	3,38	5,60	9,00	12,5	21,2	31,5	37,5	50,0
63,00	3,15	4,28	7,10	11,2	16,0	26,5	40,0	45,7	63,0
80,00	4,00	5,4	9,00	14,0	20,0	33,5	50,0	60,0	80,0

Para poder valorar en función de la frecuencia y del tiempo vasta remitirse a lo expuesto por la ley, pero si se desea profundizar mas uno puede recurrir a las normas internacionales donde se observará que la diferencia existente es nula casi nula.

Para una exposición de una hora encontramos en las normas ISO el gráfico de la **figura 36**.

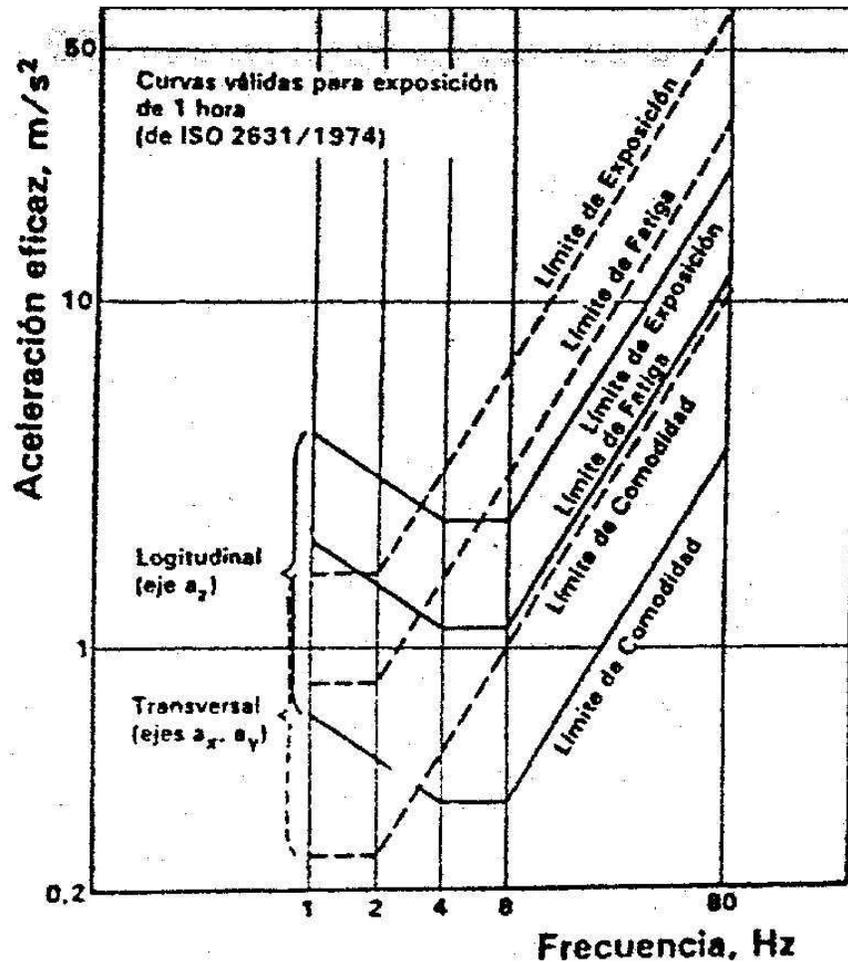


Figura 36 Límites de tolerancias para una exposición de una hora

Vibraciones transmitidas a todo el cuerpo:

Todavía no hay suficientes estudios sobre los efectos de las vibraciones en el cuerpo humano, pero no se puede descartar el hecho que el desarrollo de nuevos vehículos obligó en la última década a acelerar los estudios

Basándonos en lo visto anteriormente para hacer el análisis usamos por ejemplo la Norma IRAM 4078 – ISO 2631, para vibraciones que se transmiten a todo el cuerpo desde el piso, el asiento (a través de los pies o de la pelvis es decir de pie o sentado)

Las normas especifican los límites para las vibraciones transmitidas entre 1 y 80 Hz

En las **figuras 37** y **38**, se presentan los gráficos de los niveles de aceleración que producen igual fatiga para los distintos tipos de exposición. En dichos gráficos en abscisa se representa las frecuencias en tercios de octava, y en ordenada se

representan las aceleraciones en m/s^2 , el tiempo de exposición se representa como variable independiente.

En el gráfico se ve que la sensibilidad de las vibraciones es máxima en el rango de 4 a 8 Hz, decreciendo rápidamente para frecuencias superiores, los límites se establecen para tres situaciones diferentes, esta se refiere a vibraciones que afectan la productividad, por causa de las molestias provocadas por las vibraciones, como el caso en que una persona puede estar expuesta a vibraciones del orden de los $0,315 m/s^2$ a 8 Hz en un período de 8 horas, pero si para la misma aceleración a una frecuencia de 20 Hz es tolerable durante todo el día (24 hs)

Se establece que los límites de exposición son obtenidos multiplicando los valores de la escala vertical por dos (= + 6 dB), los límites de confort se obtienen dividiendo los valores de la escala vertical por 3.15 (= - dB) (ver para este caso la figura 37.)

Vibraciones transmitidas a mano-brazo:

En este caso se puede utilizar el criterio de la ACGIH basado en la Norma ISO 5349

La norma está dirigida a la evaluación de vibraciones transmitidas a través de las manos como se expuso anteriormente, estas pueden afectar uno o ambos brazos a la vez, tras lo cual afecta todo el miembro comprometido hasta el hombro

Es aplicado tanto para vibraciones periódicas como para aleatorias, y también para choques repetitivos

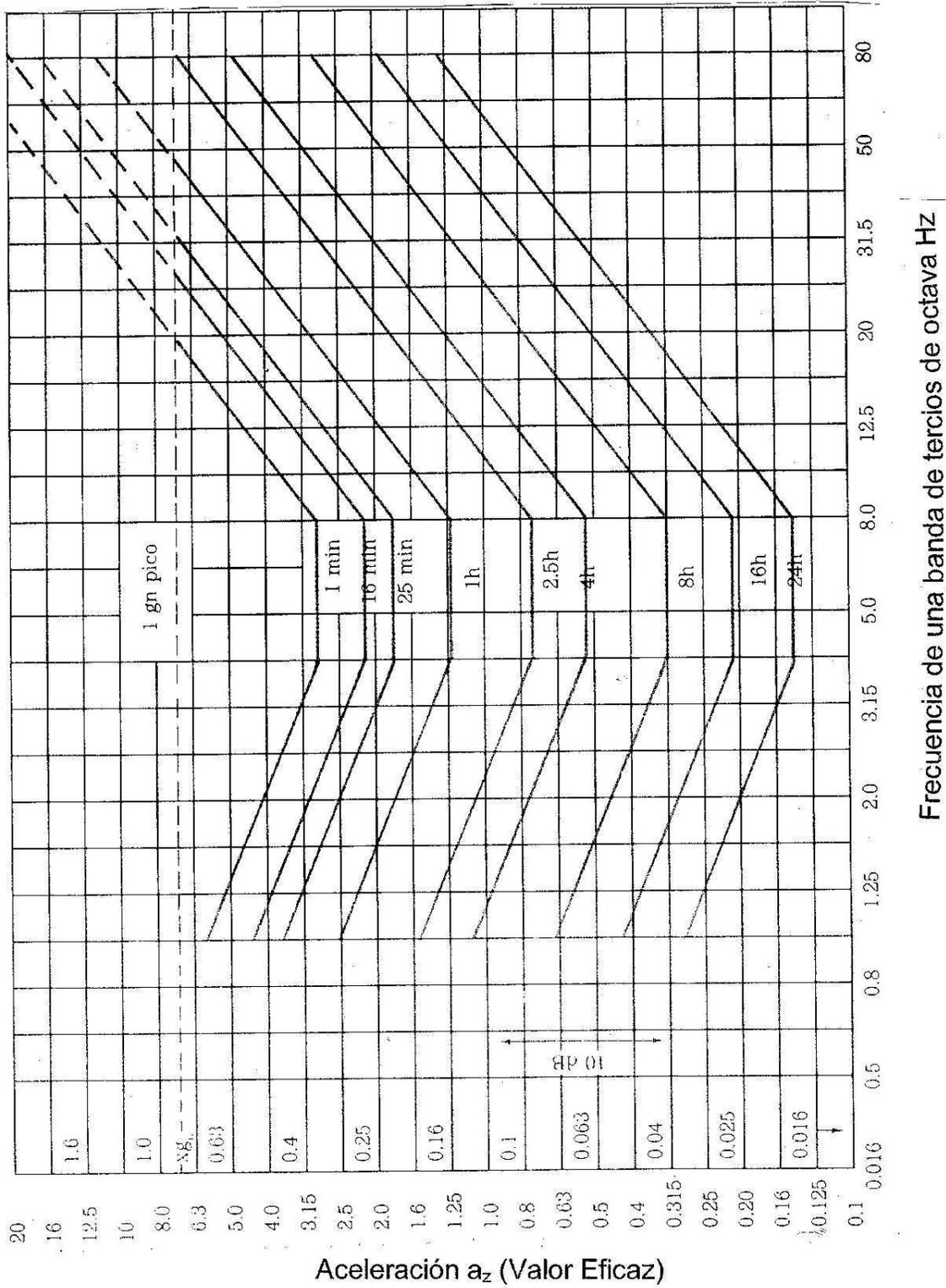
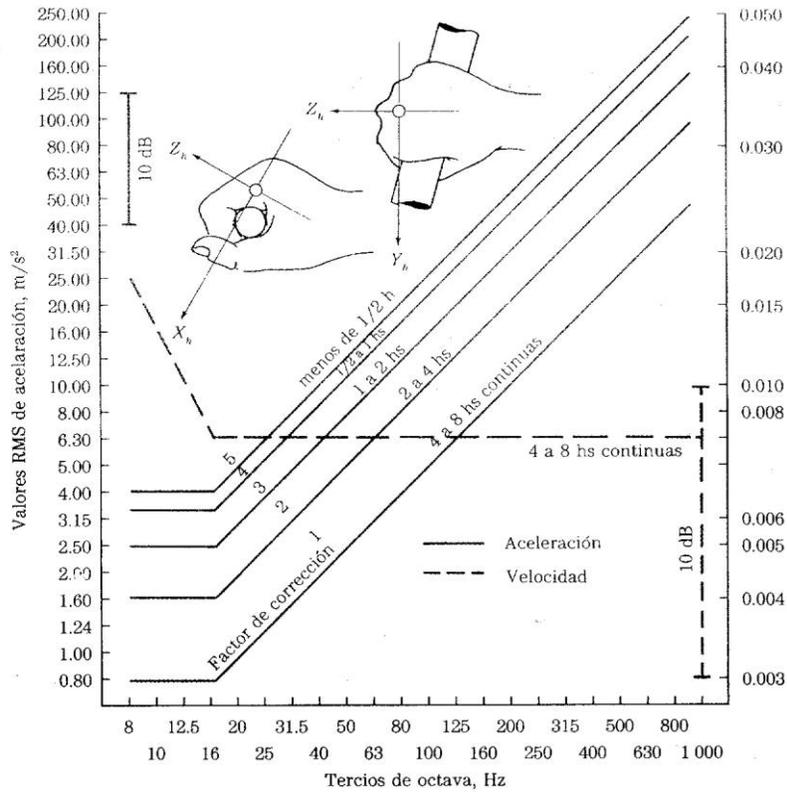


Figura 37. Diagrama para valorar los riesgos de exposición a las vibraciones según la Norma ISO 2631/78



Donde:

$$dB = 20 \log \frac{a}{A_0}$$

Siendo: $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$

Figura 38. Diagrama para valorar los riesgos de exposición a las vibraciones según la Norma ISO 2631/78

Nota:

El rango de frecuencias estimado entre 5,6 y 1.400 Hz, el método de medición necesita medir en los tres ejes del sistema ortogonal, de acuerdo al espectro de frecuencias en tercios de octava teniendo como frecuencias centrales de 6,3 a 1.250 Hz, o bandas de octava, siendo entonces las centrales de 8 a 1.000 Hz

En la **figura 39.** se presenta una tabla que establece en función de la exposición diaria los valores de aceleración que no se deben superar

Duración de la exposición total diaria	Valores cuadráticos medios dominantes de la componente de las aceleraciones de frecuencia ponderada que no deben excederse A_{Keq}	
	m/s ²	g
4 horas a menos de 8	4	0,4
2 horas a menos de 4	6	0,61
1 hora a menos de 2	8	0,81
Menos de una hora	12	1,22

Figura 39.

Frecuencias (1/3 octava) Hz	ACELERACIÓN m/seg ²								
	Tiempo de exposición								
	24 h	16 h	8 h	4 h	2,5 h	1 h	25 min	16 min	1 min
1,0	0,280	0,425	0,63	1,06	1,40	2,36	3,55	4,25	5,60
1,25	0,250	0,375	0,56	0,95	1,26	2,12	3,15	3,75	5,00
1,6	0,224	0,335	0,50	0,85	1,12	1,90	2,80	3,35	4,50
2,0	0,200	0,300	0,45	0,75	1,00	1,70	2,50	3,00	4,00
2,5	0,180	0,265	0,40	0,67	0,90	1,50	2,24	2,65	3,55
3,15	0,160	0,235	0,355	0,60	0,80	1,32	2,00	2,00	3,15
4,0	0,140	0,212	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	1,80	2,80
5,0	0,140	0,212	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	1,80	2,80
6,3	0,140	0,212	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	1,80	2,80
8,0	0,140	0,212	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	1,80	2,80
10,0	0,180	0,265	0,40	0,67	0,90	1,50	2,24	3,65	3,55
12,5	0,224	0,335	0,50	0,85	1,12	1,50	2,80	3,35	4,50
16,0	0,280	0,425	0,63	1,06	1,40	2,36	3,55	4,25	5,60
20,0	0,355	0,530	0,80	1,32	1,80	3,00	4,50	5,30	7,10
25,0	0,450	0,670	1,0	1,70	2,24	3,75	5,60	6,70	9,00
31,5	0,560	0,850	1,25	2,12	2,80	4,75	7,10	8,50	11,2
40,0	0,710	1,060	1,60	2,65	3,55	6,00	9,00	10,6	14,0
50,0	0,900	1,320	2,0	3,35	4,50	7,50	11,2	13,2	18,0
63,0	1,120	1,700	2,5	4,25	5,60	9,50	14,0	17,0	22,4
80,0	1,400	2,120	3,15	5,30	7,10	11,8	18,0	21,2	28,0

Figura 40. Valores numéricos del límite de la capacidad reducida por fatiga para la aceleración de vibraciones en el eje longitudinal a_z

Se tiene que en las **figuras 40** y **41** aparecen los valores numéricos correspondientes a los nomogramas de las **figuras 38** y **39.**, los cuales se aplican a factores de ponderación con relación al rango de frecuencias de la máxima sensibilidad de aceleración, en la figura 9.29.se indica dichos valores.

La aceleración, la frecuencia y el tiempo se determinan multiplicando por dos los límites correspondientes el cansancio de las tablas de las **figuras 40.** y **41.**, o aumentándolos 6 dB.

Frecuencias (1/3 octava) Hz	ACELERACIÓN m/seg ²								
	Tiempo de exposición								
	24 h	16 h	8 h	4 h	2,5 h	1 h	25 min	16 min	1 min
1,0	0,100	0,150	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,0
1,25	0,100	0,150	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,0
1,6	0,100	0,150	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,0
2,0	0,100	0,150	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,0
2,5	0,125	0,190	0,280	0,450	0,63	1,06	1,6	1,9	2,5
3,15	0,160	0,236	0,355	0,500	0,8	1,32	2,0	2,36	3,15
4,0	0,200	0,300	0,450	0,710	1,0	1,70	2,5	3,0	4,0
5,0	0,250	0,375	0,560	0,900	1,25	2,12	3,15	3,75	5,0
6,3	0,315	0,475	0,710	1,12	1,6	2,65	4,0	4,75	6,3
8,0	0,40	0,60	0,900	1,40	2,0	3,35	5,0	6,0	8,0
10,0	0,50	0,75	1,12	1,80	2,5	4,25	6,3	7,5	10
12,5	0,63	0,95	1,40	2,24	3,15	5,30	8,0	9,5	12,5
16,0	0,80	1,18	1,80	2,80	4,0	6,70	10	11,8	16
20,0	1,00	1,50	2,24	3,55	5,0	8,5	12,5	15	20
25,0	1,25	1,90	2,80	4,50	6,3	10,6	16	19	25
31,5	1,60	2,36	3,55	5,60	8,0	13,2	20	23,6	31,5
40,0	2,00	3,00	4,50	7,10	10,0	17,0	25	30	40
50,0	2,50	3,75	5,60	9,00	12,5	21,2	31,5	37,5	50
63,0	3,15	4,75	7,10	11,2	16,0	26,5	40	45,7	63
80,0	4,00	6,00	9,00	14,0	20	33,5	50	60	80

Figura 41. Valores numéricos del límite de la capacidad reducida por fatiga, para la aceleración de vibraciones en los ejes transversales a_x , o a_y .

También se puede mencionar Que se usan como normas para establecer los valores de emisión de vibraciones en las herramientas la Norma ISO 8662. Para las herramientas eléctrica se usa la Norma EN 50144 donde establece los límites de las vibraciones a producir y la forma de medirlos

En junio de 2002 La Unión Europea publicó "The Physical Agents (Vibration) Directiva (PA(V)D) en la establece las directrices sobre la exposición de los trabajadores a vibraciones a partir del 6 de julio de 2005 (por lo tanto, vigente al día de hoy)

Básicamente los valores establecidos son:

Valor	(horas de exposición m/s ²)
Valor de acción	2,5
Valor Límite	5

Cuando se exceda los valores límites se debe hacer un plan para reducir la exposición por debajo de los límites de acción

5.3. CONSIDERACIONES Y ENFERMEDADES

En parte el tema fue tratado en el punto 2., lo que se pretende ahora analizar con más profundidad los efectos sobre el hombre, en primer lugar, estableceremos las condiciones que se le imponen a los puestos de trabajo bajo riesgo de vibraciones peligrosas.

Frecuencias centrales (1/3 octava) Hz	FACTOR DE PONDERACIÓN PARA:	
	Vibraciones longitudinales (Figura 3)	Vibraciones transversales (Figura 4)
1,0	0,50 = -6 dB	1,00 = 0 dB
1,25	0,56 = -5 dB	1,00 = 0 dB
1,6	0,63 = -4 dB	1,00 = 0 dB
2,0	0,71 = -3 dB	1,00 = 0 dB
2,5	0,80 = -2 dB	0,80 = -2 dB
3,15	0,90 = -1 dB	0,63 = -4 dB
4,0	1,00 = 0 dB	0,5 = -6 dB
5,0	1,00 = 0 dB	0,4 = -8 dB
6,3	1,00 = 0 dB	0,315 = -10 dB
8,0	1,00 = 0 dB	0,25 = -12 dB
10,0	0,80 = -2 dB	0,2 = -14 dB
12,5	0,63 = -4 dB	0,16 = -16 dB
16,0	0,50 = -6 dB	0,125 = -18 dB
20,0	0,40 = -8 dB	0,1 = -20 dB
25,0	0,315 = -10 dB	0,08 = -22 dB
31,5	0,25 = -12 dB	0,063 = -24 dB
40,0	0,20 = -14 dB	0,05 = -26 dB
50,0	0,16 = -16 dB	0,04 = -28 dB
63,0	0,125 = -18 dB	0,031 = -30 dB
80,0	0,10 = -20 dB	0,025 = -32 dB

Figura .42. Factores de ponderación, relativos al rango de frecuencias donde es máxima la sensibilidad la aceleración (4 – 8 Hz para vibraciones en el eje longitudinal a_z , 1 – 2 Hz, para las transversales

5.3.1. CONDICIONES GENERALES

Para evitar los efectos nocivos sobre las personas como consecuencia del sometimiento a sistemas laborales con vibraciones se recomienda sobre la base de lo estudiado tener en cuenta:

- Espectro de las frecuencias existentes
- Magnitud
- Duración de la exposición
- Efecto acumulativo hasta el momento

- Magnitud y dirección de las fuerzas aplicadas por el trabajador sobre la herramienta, máquina, equipo, o zona de trabajo
- Análisis de las posturas de las manos, posición de la cabeza, posición del cuerpo, durante la exposición (ángulos de las articulaciones comprometidas, como ser manos muñecas, codos y hombros)
- Características de la máquina, equipo, o herramienta
- Estado general de la máquina, equipo o herramientas
- Areas de trabajo, ubicación de la parte corporal comprometida

Los elementos que afectaran a los cambios de circulación causados por vibraciones mano - brazo, etc.:

- Condiciones del medio ambiente (clima)
- Enfermedades que afectan al sistema circulatorio
- Elementos que alteran la circulación periférica, como el tabaco, algunos medicamentos, o factores químicos del medio ambiente
- Ruido

El analizar todos los factores expuesto es sumamente complejo y difícil de llevar a cabo, al menos si no se puede hacer todo es importante tomar en cuenta a aquellos que permiten completar las historias clínicas de los trabajadores expuestos

5.3.2. DIRECCIÓN DE LA VIBRACIÓN

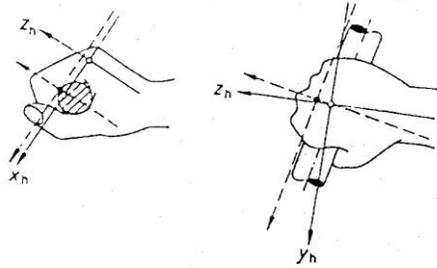
se continúa trabajando con el sistema de coordenadas cartesianas ortogonales como lo especifican las Normas ISO – IRAM, como se observó en las **figuras 7.** y **8.**, y ahora en la **figura 43**, respecto de las vibraciones globales, se agrega el subíndice h (hand = mano en ingles), a cada uno de ellos, de manera que las aceleraciones se expresarán de la siguiente forma a_{xh} , a_{yh} , q_{zh} .

5.3.3. MAGNITUDES

La magnitud más utilizada es la aceleración expresada en m/s^2 , o en dB, haciendo siempre referencia a PMS y según una red de ponderación de frecuencias o análisis de bandas de octavas o de tercios de octavas, en el análisis es necesario hacer una determinada duración de las vibraciones.

En la **figura 44.** se da la especificación de la atenuación del filtro que irá de 0 a 16 Hz, y luego se incrementará en 6 dB por octava (-6 para frecuencias doble, 32 Hz; -12, para frecuencias cuádruples, 63 Hz y así sucesivamente)

En esta posición, la mano empuja un asidero estándar, consistente en una barra cilíndrica de 2 cm de radio.



línea de trazo continuo: sistema de coordenadas biodinámico
 línea de trazo discontinuo: sistema de coordenadas basicéntrico.

posición de «mano plana»

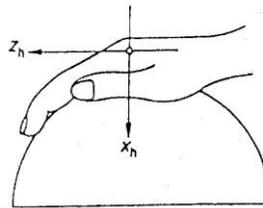


Figura 43 Sistema de coordenadas detallado de las manos

Frecuencia Hz	Ganancia nominal dB
6,3	0
8,0	0
10,0	0
12,5	0
16	0
20	-2
25	-4
31,5	-6
40	-8
50	-10
63	-12
80	-14
100	-16
125	-18
160	-20
200	-22
250	-24
315	-26
400	-28
500	-30
630	-32
800	-34
1000	-36
1250	-38

Figura 44. Filtros de ponderación de frecuencias para medida de las vibraciones mano – brazo

5.3.4. UNIÓN MANO Y FUENTE DE VIBRACIÓN

Para las normas, y la ley la exposición a las vibraciones mecánicas será medida según la presión ejercida sobre la empuñadura y la fuerza estática, correspondiente a la aplicada a la herramienta durante la tarea laboral, siendo muy importante tener en cuenta los cambios de la unión entre la mano y el elemento vibrante ya que afectará a la exposición que se determine por mediciones

5.3.5. CONDICIONES Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN

De acorde a la tarea que efectúe una persona varía el espectro de frecuencia y la intensidad, dado que según sea la tarea cambia el modo de utilización de la máquina. Según el tiempo de duración de una tarea, y haciendo un muestreo de cada situación, se determinará la exposición diaria de las personas, además se deberá determinar los ángulos formados por las articulaciones (mano, muñecas, codo y hombro), esto cobra suma importancia ya que a niveles altos las vibraciones pueden producir lesiones vasculares y daño en las células nerviosas, huesos y articulaciones

5.3.6. EXPOSICIÓN DIARIA

Pese a que la jornada normal de trabajo oscila entre 8 a 9 hs. se procura que el tiempo real de las exposiciones diarias no excedan de las 4 hs, período que se utiliza como base para establecer valores de exposición

Para calcular las variaciones surgidas de distintos tiempos de exposición, se emplea la siguiente fórmula

$$(a_{h,w})_{eq}(4) = \left| \frac{1}{T_4} \int_0^r [a_{h,w}(t)]^2 dt \right|^{1/2}$$

Donde:

- $(a_{h,w})_{eq}(4)$ = es la energía equivalente de la aceleración para el período de 4 horas
- $a_{h,w}(t)$ = es el valor instantáneo de la aceleración ponderada
- r = es la duración de la jornada laboral en horas
- T_4 = 4 horas

Si la medición de la energía equivalente se efectúa en un período diferente a las 4 horas la formula cambia por:

$$(a_{h,w})_{eq} (4) = \left(\frac{T}{T_4} \right)^{1/2} (a_{h,w})_{eq} (t)$$

Donde:

$(a_{h,w})_{eq} (T)$ = es la energía de una aceleración ponderada de frecuencias para un período T

para vibraciones multiaxiales la medición se efectúa en cada coordenada y se elige como resultado el valor menos favorable

Factores k_j para conversión de mediciones en bandas de 1/3 de octava en medidas ponderadas		Factores k_j para conversión de mediciones en bandas de octava en mediciones ponderadas	
Frecuencia Hz	Factor de ponderación K_j	Frecuencia Hz	Factor de ponderación K_j
6,3	1,0	8,0	1,0
8,0	1,0	16,0	1,0
10,0	1,0	31,5	0,5
12,5	1,0	63,0	0,25
16	1,0	125,0	0,125
20	0,8		
25	0,63		
31,5	0,5		
40	0,4		
50	0,3		
63	0,25		
80	0,2		
100	0,16		
125	0,125		
160	0,1		
200	0,08		
250	0,063		
315	0,05		
400	0,04		
500	0,03		
630	0,025		
800	0,02		
1000	0,016		
1250	0,0125		

Figura 45. Tabla de conversión

Aceleración ponderada ($a_{h,w})_{eq}(4)$ m/seg ²	PORCENTAJE DE POBLACIÓN				
	10	20	30	40	50
	Tiempo de exposición, años				
2	15	23	25	25	25
5	6	9	11	12	14
10	3	4	5	6	7
20	1	2	2	3	3
50	1	1	1	1	1

Figura 46. Tiempo de exposición, en años, para diferentes porcentajes de población y para varios valores de aceleración ponderada

Las Normas ACGIH establecen los valores TLV (ver **figura 47**) para las vibraciones mano-brazo, que representan las condiciones sobre la base del nivel de aceleraciones y tiempos de exposición, la misma toma antecedentes de las Normas ISO 5.349 y ANSI S3-34.

DURACIÓN DIARIA TOTAL DE LA EXPOSICIÓN (Para vibraciones continuas o intermitentes)	VALORES DEL COMPONENTES DOMINANTE DE ACCELERACIÓN PONDERADA (R.M.S.) QUE NO DEBEN SUPERARSE (*) $a_k, (a_{keq})$	
	m/s^2	$g (9,8 m/s^2)$
	4 horas a menos de 8	4
2 horas a menos de 4	6	0,61
1 hora a menos de 2	8	0,81
Menos de una hora	12	1,22

(*) Normalmente, será dominante uno de los ejes. Cuando son dos o más, los valores que superan la exposición diaria total, se considerará que se ha superado el TLV.

Figura 47. TVL para exposición a vibraciones mano-brazo, en cualquiera de los ejes.

La siguiente figura contiene los efectos directos al hombre de las vibraciones mano brazo

INCIDENCIA VASCULAR

Estadio	Grado	Descripción
0	-	Sin daño
1	Suave	Efectos ocasionales, afectando sólo al extremo de uno o más dedos.
2	Moderado	Efectos ocasionales, afectando a falanges medias y distales (raramente a las proximales), de uno o más dedos
3	Severo	Efectos frecuentes, afectando a todas las falanges de la mayoría de los dedos
4	Muy severo	Como en anterior, con los cambios tróficos en la piel de los extremos de los dedos

NOTA: Para cada mano, se define un estadio por separado. Por ejemplo: 2L(2)/1(1)1, significaría estadio 2 en mano izquierda (L), con dos dedos afectados, y estadio 1 en mano derecha (R), con un dedo afectado

INCIDENCIA NEUROSENSITIVA

Estadio	Síntomas
0 SN	Sin síntomas
1 SN	Entumecimiento intermitente, con o sin hormigueo
2 SN	Entumecimiento intermitente, o persistente, con reducción de la capacidad sensorial
3 SN	Entumecimiento intermitente, o persistente, con reducción de la capacidad táctil o la destreza manual

NOTA: Para cada mano se la adjudica un estadio, por separado

Figura 48. Sistema de clasificación de Estocolmo, para exposiciones laborales a vibraciones mano-brazo, sobre la base de la incidencia sobre los sistemas vasculares y neurosensitivos (MAFRE)

A continuación, a título de referencia agregamos dos gráficos que contienen los datos referidos a las consecuencias de las vibraciones sobre las estructura, las máquinas y el hombre en la primera y en la segunda las recomendaciones sobre la base de la aceleración y la frecuencia de las vibraciones.

<p>EFFECTO SOBRE ESTRUCTURAS</p> <ul style="list-style-type: none">- Agrietamiento hasta el colapso- Asentamiento diferencial del basamento de la estructura- Licuefacción del terreno- Etc.
<p>EFFECTO SOBRE LAS MÁQUINAS</p> <ul style="list-style-type: none">- Errores de medición (sobre todo en balanzas)- Alteran el funcionamiento- Aumentan el desgaste (disminución de la vida útil por ejemplo en motores, rodamientos, bujes, etc.)- Deterioro de estructural- Etc.
<p>EFFECTO SOBRE EL SER HUMANO</p> <ul style="list-style-type: none">- Mareos- Estado nervioso- Según la frecuencia daño en diferentes órganos- Dificultades respiratorias- Síndrome de Raynaud o “mano blanca”- Etc.

Figura 49. Efecto sobre estructura, máquinas, equipos y personas de las vibraciones

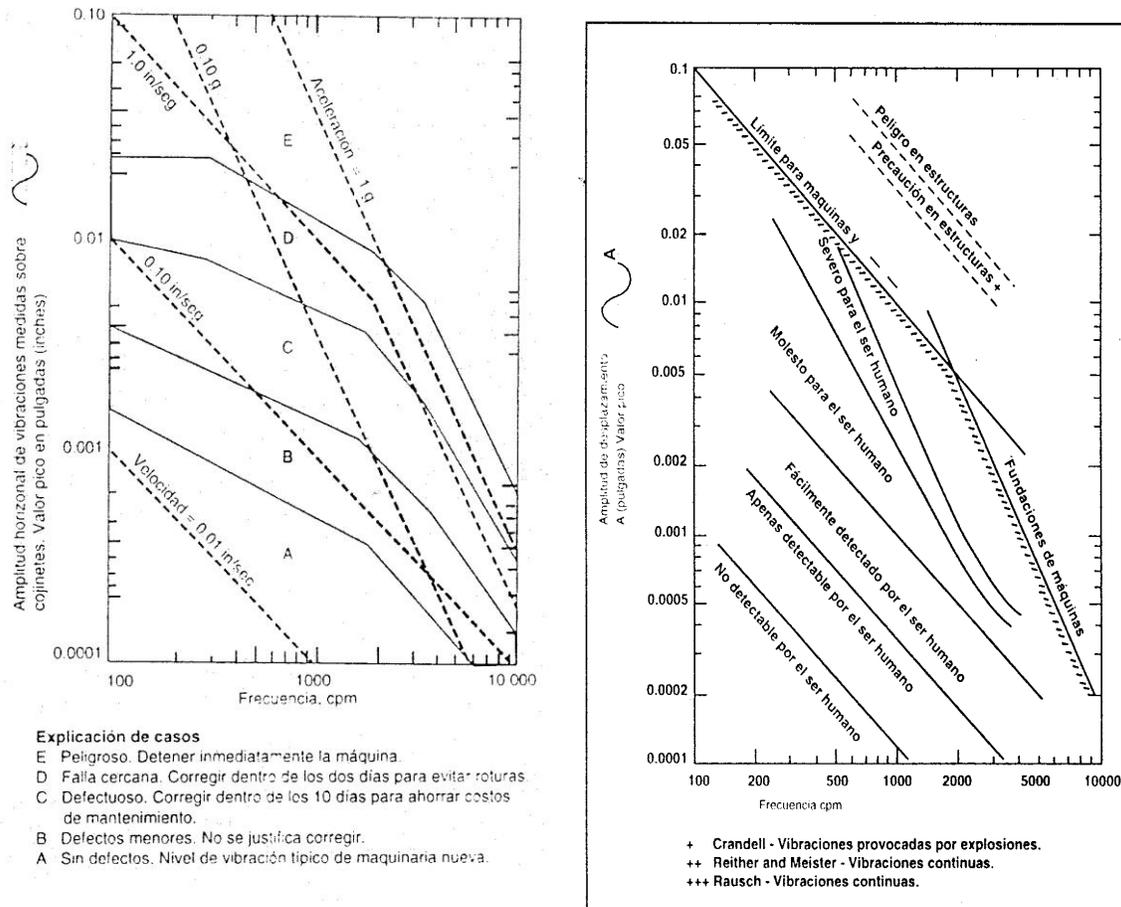


Figura 50. Recomendaciones a tomar en cuenta por el efecto de las vibraciones en función de la aceleración y la frecuencia.

5.4. ENFERMEDADES RESULTANTES DE LAS VIBRACIONES

Grether estableció las siguientes generalizaciones de los efectos de las vibraciones sobre el hombre:

- Las vibraciones disminuyen la agudeza visual, en forma proporcional a la amplitud de las vibraciones y es mayor en frecuencias que oscilan entre los 10 a 25 Hz
- Las vibraciones disminuyen la capacidad de fijar la atención, en forma proporcional a la amplitud de la vibración, siendo mayor en las frecuencias bajas (de 5 Hz o menos)
- Las tareas que requieren precisión o estabilidad se ven afectadas.
- Las tareas que controlan los sistemas nerviosos centrales, como ser el tiempo de reacción, control y reconocimiento de un modelo aparentemente son mucho más resistentes a un empeoramiento como causa de las vibraciones.

La amplitud del movimiento es el factor fundamental que causa problemas, cualquier disminución llevada a cabo mejora las condiciones de trabajo, por ello es importante llevar a cabo el seguimiento y el control.

La disminución del rendimiento laboral es mayor en las bajas frecuencias, esto es debido que para un valor g dado, la amplitud es mayor a bajas que a altas frecuencias.

En teoría se dice que las ondas vibratorias son senusoidales pero en la práctica esto deja de ser cierto, basta hacer la constatación en las vibraciones de un vehículo, donde en algunos casos suelen tener componentes laterales.

Grether manifestó que en vibraciones verticales no senusoidales no hay diferencia global, en lo referido a los efectos al llevar a cabo la tarea.

En lo concerniente a la realización de una tarea de seguimiento entre tres tipos de vibraciones verticales (senoidal, senoidal con amplitud fortuita, y frecuencia y amplitud fortuita, exceptuando que el deterioro de la tarea este relacionado con la amplitud de la vibración senoidal que con causas fortuitas

Lovesey menciona que las vibraciones de bajas frecuencias a lo largo del eje lateral crean un efecto importante sobre la tarea y la comodidad, los cuales se observan en la **figura 51**. donde se presenta los datos que reflejan errores de seguimiento en un simulador de avión durante una maniobra de despegue

Tipo de error	Ausencia de vibración	Vertical	Vertical y lateral
Error de acimut	1,00	1,21	1,56
Error de inclinación	1,00	0,93	1,37

Figura 51.

Los movimientos o golpes repetitivos en las manos producen la irritación e inflamación de la vaina de los tendones de las manos y brazos, afección que se denomina tendosinovitis.

Los martillos neumáticos afectan las articulaciones y huesos, descalsificandolos, producen lesiones en el tejido conjuntivo de los intestinos y trastornos en la visión por resonancia de la cabeza y provoca el síndrome de los dedos blancos o dedos muertos

Enfermedad de los dedos blancos (o dedos muertos)

Esta enfermedad es conocida con la sigla VWF (del ingles Vibration White Fingers), es también conocida como síndrome de Raynaud, es una afección a los dedos de las manos que consiste en una alteración circulatoria por efecto local de las vibraciones, que se les produce a los operadores de máquinas vibrantes o que

producen impactos, como ser percutores, rotopercutores, llaves de impacto, sierras mecánicas portátiles, martillos neumáticos compactadoras, barrenas de minas, leñadores con motosierras, rebabadores metalúrgicos, etc.

Nota:

Las máquinas herramientas que funcionan a frecuencias comprendidas entre 30 a 50 Haz)

Esta afección es agravada a bajas temperaturas y con la alta humedad, consiste en vasoconstricción de las arterias y venas de los dedos, al comiendo de la afección la persona siente hormigueo en los dedos, especialmente al terminar la tarea, luego los dedos pierden color y se tornan blancuzcos, de allí su nombre, en casos extremos puede dar lugar a la aparición de infecciones, necrosis de los tejidos, gangrena, etc., de allí surge la importancia de no dejar avanzar esta enfermedad, a los primeros síntomas la persona debe ser tratada para detener el proceso destructivo (como prevención se debe controlar la temperatura de los dedos y no dejar que esta descienda, bajar los tiempos de trabajo, controlando esto los síntomas desaparecen rápidamente)

Nota:

Esta lesión vascular que se produce cuando las arterias de los dedos se engrosan y reduce la sección de flujo sanguíneo, es irreversible y se manifiesta especialmente a bajas temperaturas cuando por ella el organismo disminuye el suministro de sangre a las extremidades, por esta razón la sangre no logra pasar a las zonas afectadas y el individuo pierde el sentido del tacto, los dedos afectados se tornan blanquecinos motivo por el cual este problema se lo denomina como síndrome de los dedos blancos



Figura 52. Diferencia de las arterias normales y afectadas por el síndrome de la mano blanca

Al comienzo la lesión es reversible, pero ante exposiciones prolongadas produce daño permanente; produce dificultades como problemas o imposibilidad de recoger una moneda que está sobre una mesa, abrocharse un botón de la camisa

También para evitar esta enfermedad se deben utilizar guantes muy gruesos y acolchados, para amortiguar las vibraciones

Los martillos mecánicos están provistos de un pistón con movimiento de vaivén, cuya velocidad oscila entre 150 y 4.000 golpes por minuto, la presión de trabajo es de 3 a 5 atmósferas y el peso varía de 5 a 15 Kg.

Las consecuencias sobre el hombre que opera el equipo mencionados son los siguientes síndromes:

- Vasomotor:

Estos se caracterizan por trastornos locales en dedos de las manos, tales como pérdida de color, hormigueo, frío (disminución de la temperatura como consecuencia de la disminución de la circulación), disminución de sensibilidad y motilidad. Estos problemas suelen durar varias horas, y son agravadas en climas fríos y por el cansancio (ver enfermedad de los dedos blandos)

La aparición de los síntomas puede ocurrir según el estado físico y contextura entre cuatro semanas u algunos meses, siendo el mas común por aparición

- Osteoarticular.

Es poco frecuente, produce dolores articulares en los codos, muñecas, hombros, en el sector lumbar de la columna vertebral y las rodillas, de todas las lesiones mencionadas la más frecuente es la del codo, que va acompañada de una gran disminución de la flexión y una menos notoria disminución de la extensión, da lugar a la aparición de atrofia muscular y aparecen crujidos en las articulaciones, (es consecuencia de la compresión de la articulación que provoca el martilleo). El daño en los huesos generalmente se produce por el uso de herramientas que requieren hacer demasiada fuerza de empuje, la vibración pasa a la mano y brazo produciendo desgaste e incluso fractura en las articulaciones

- Músculo aponeurótico y de nervios perisféricos:

En ellos se presentan atrofia y trastornos funcionales de la sensibilidad y parálisis.

También se presenta atrofia muscular del antebrazo y síndrome de dupuytrén (mano en garra)

- Acústico:

Como fue visto en el anterior capítulo las vibraciones causan pérdida de la audición

Enfermedad mal del mar

Esta enfermedad es conocida también con el nombre de mal del movimiento, se produce cuando está navegando o cuando viaja en aeronaves, en omnibus, etc. donde las vibraciones se transmiten a todo el cuerpo, alterando el sentido de equilibrio.

Síndrome del tractorista

El manejar vehículos viales, de minería o todo terreno produce insuficiencias de la columna vertebral, además efectos sobre el confort, capacidad de trabajo y salud sobre el hombre como causa de las vibraciones propias del vehículo y de su sistema de amortiguamiento

Estos equipos se adhieren fuertemente al terreno (generalmente en muy mal estado), transmitiendo muchas vibraciones al conductor (motivo por el cual se presenta un anexo a este capítulo)

Las vibraciones transmitidas al asiento o piso del vehículo son absorbidos y amortiguadas o no según el caso al conductor el cual recibe graves daños en la columna vertebral (dolor de espalda y lumbalgias)

Las vibraciones también provocan **Artrosis**

En la **Figura 53.** se presentan las consecuencias de los efectos fisiológicos de la vibración en la ventilación pulmonar (consumo de oxígeno y pulso) de una persona, al estar expuesta a vibraciones verticales, longitudinales y transversales para niveles de aceleración y frecuencias que son normales en tractores moviéndose sobre terreno de labor.

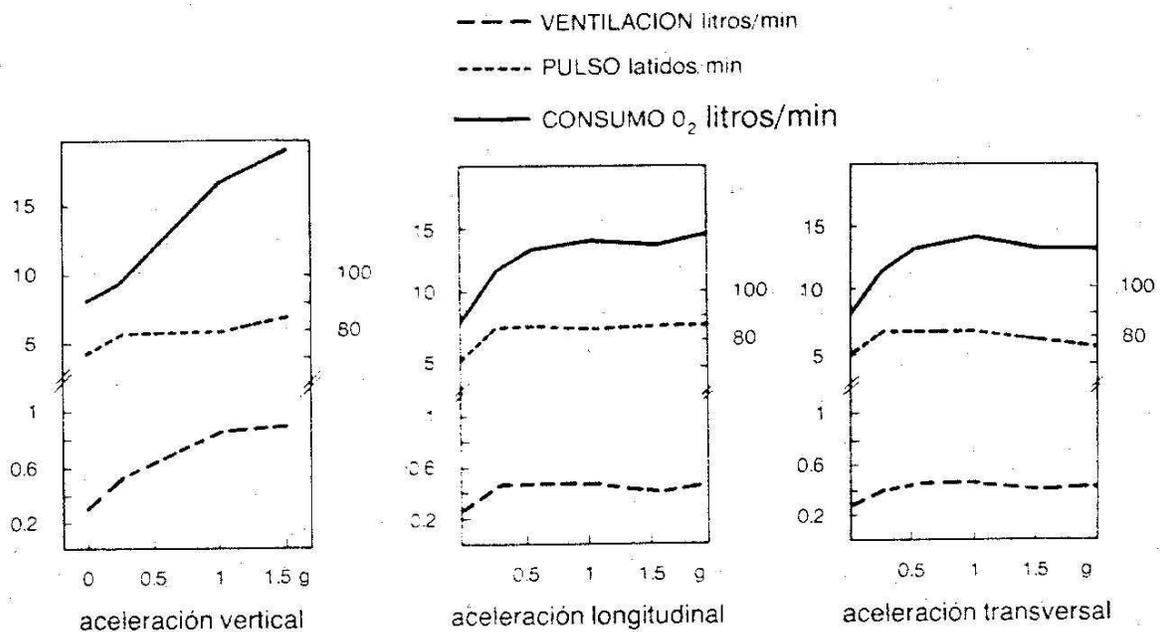


Figura 53. Criterios de tolerancia a la vibración en función de la frecuencia, (Según Goldman Brumaghim y la Norma ISO 2631)

En la **figura 54.** presenta una gráfica que representa los daños en la columna vertebral en la población de hombres (línea continua) y mujeres (línea de puntos),

los números indican la actividad que desarrolló la persona afectada, (1 mineros, 2 agricultores, 3 obreros industriales, 4 conductores de ómnibus, 5 artesanos, 6 albañiles, 7 obreros que transportan cargas pesadas y 8 tractoristas.

Nota:

Una persona caminando en forma normal según sus características físicas (paso normal entre 0,6 y 0,8 m.), desarrolla una velocidad de 4 a 5 Km/h lo que equivale a una frecuencia de vibraciones verticales de 1,7 Hz (10 vibraciones/minuto)

Una carrera moderada de 11 a 13 Km/h, genera una frecuencia de 2,8 Hz (170 vibraciones/minuto)

Un vehículo automotor en perfectas condiciones de funcionamiento (fundamentalmente la suspensión debe estar en correctas condiciones), normalmente en marcha vibra verticalmente a una frecuencia entre 60 y 80 Hz, en los camiones donde la suspensión es mucho más dura la frecuencia es de 110 a 130 Hz, lo que demuestra que los conductores que permanecen conduciendo jornadas muy largas (muchas veces más de 9 horas) se encuentran muy expuestos a un medio agresivo.

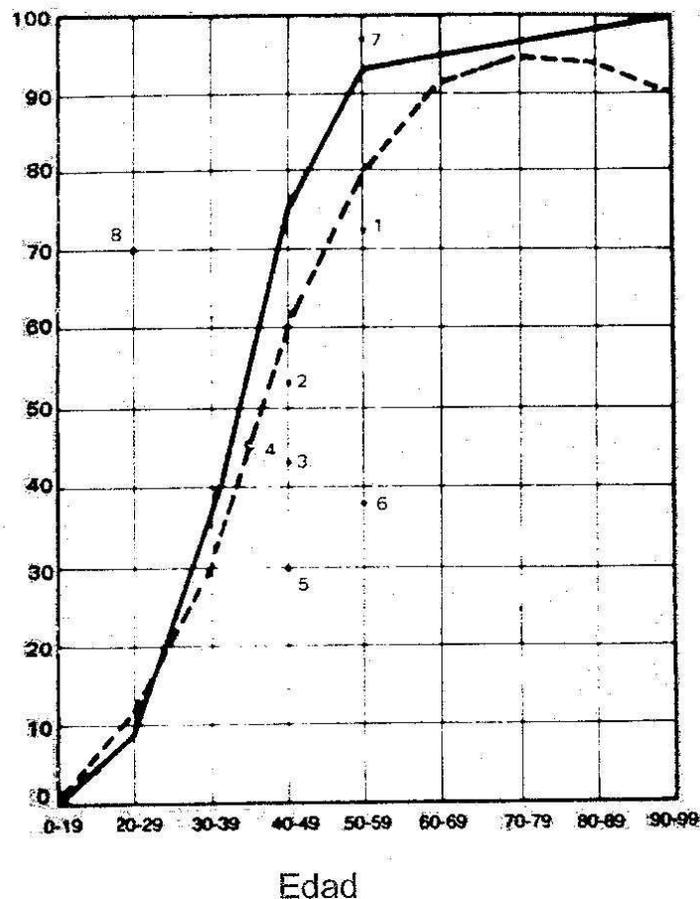


Figura 54. Daños en la columna vertebral (de deformaciones), debido a la exposición del hombre a las vibraciones globales del cuerpo (Según Human Factors in Air Transportations Ross New York, N Y Mac Gran Hill Book, Inc)

Un vehículo todo terreno como un tractor agrícola o forestal una máquina vial o minera, etc., cuya suspensión es en muchos casos la elasticidad de los neumáticos la frecuencia llega entre 250 y 750 Hz, lo que hace que en escasas 4 horas supere el límite tolerable por el hombre.

La norma ISO 2631 sirve para la determinación de la exposición de hombre a las vibraciones globales del cuerpo, (ver **figura 55.**)

Dieckmann estableció un índice de confort en función de la amplitud de la oscilación "s" (en m.m.) y la frecuencia "f" (en Hz), definiendo que para frecuencias menores de 5 a 40 Hz es directamente proporcional a la velocidad de la vibración según la siguiente fórmula

$$K = 5 \cdot s \cdot f$$

y para la banda de 40 a 200 Hz es proporcional a la amplitud de la vibración, o sea:

$$K = 200 \cdot s$$

Cuando $K = 0,1$ se está en el límite de lo perceptible de la vibración. Pero cuando $K = 100$ se encuentra en el límite superior de la soportabilidad, en el caso de un tractor, el límite de $K = 100$ es equivalente a una aceleración media de 0,4 g

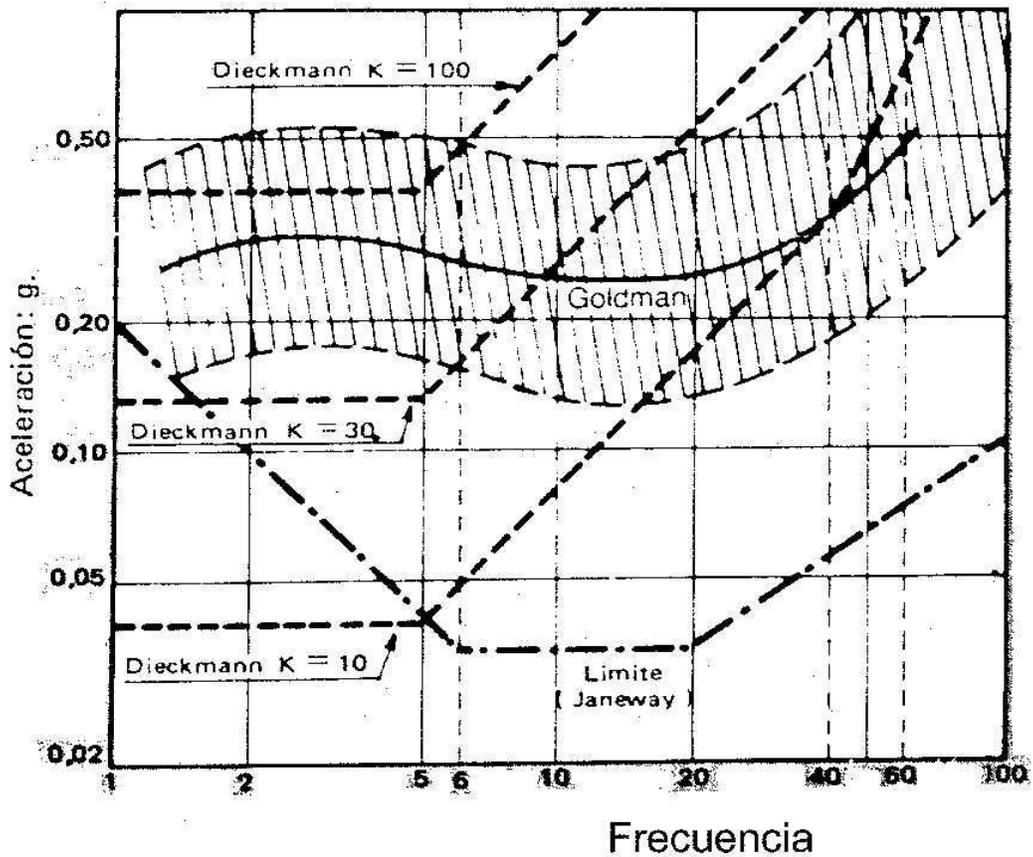


Figura 54. Índice de confort en función de la amplitud de la oscilación y la frecuencia de vibración del vehículo (según Dieckmann, Goldman y Janeway)

EFECTOS PERJUDICIALES DE LAS VIBRACIONES EN EL HOMBRE		
FRECUENCIA DE LA VIBRACIÓN	MÁQUINA O HERRAMIENTAS QUE LA ORIGINA	EFECTOS SOBRE EL ORGANISMO
Muy baja frecuencia 1 Hz	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte: Avión, coche, barco, tren (movimiento de balanceo). 	<ul style="list-style-type: none"> - Estimulan el laberinto del oído izquierdo. - Provocan trastornos en el sistema nervioso central. - Puede producir mareos y vómitos (mal de los transportes).

Figura 55.

FRECUENCIA DE LA VIBRACION	MÁQUINA O HERRAMIENTAS QUE LA ORIGINA	EFECTOS SOBRE EL ORGANISMO
Baja frecuencia 1 – 20 Hz	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos de transporte para pasajeros y/o mercancías. • Vehículos industriales, carretillas, etc. • Tractores y maquinaria agrícola. • Maquinaria y vehículos de obras públicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lumbalgias, hernias, pinzamientos discales, lumbociáticas. - Agravan lesiones raquídeas menores e inciden sobre trastornos debidos a malas posturas. - Síntomas neurológicos: Variación del ritmo cerebral, dificultad del equilibrio. - Trastornos de visión por resonancia.
Alta frecuencia 20 – 1000 Hz	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas manuales rotativas, alternativas o percutoras tales como: <ul style="list-style-type: none"> - Pulidoras - Lijadoras - Motosierras - Martillo neumático 	<ul style="list-style-type: none"> - Trastornos óseo-articulares objetivables radiológicamente tales como: <ul style="list-style-type: none"> • Artrosis hiperostósante de codo. • Lesiones de muñeca. • Afecciones angioneuróticas de la mano tales como calambres que pueden acompañarse de trastornos prolongados de sensibilidad. • Aumento de la incidencia de enfermedades de estómago.

Figura 56.

5.5. CONTROL DE LAS VIBRACIONES

Como es de esperar vamos a examinar las medidas necesarias para reducir las vibraciones.

Por lo general las vibraciones se generan en las máquinas o componentes de ellas y se propagan al piso que las soporta

La amplitud de las vibraciones depende de las fuerzas que las generan, de su frecuencia y de las características mecánicas del medio por el cual se propagan y además hay que tener en cuenta que si la frecuencia de las vibraciones está en el rango de las frecuencias audibles generan ruidos.

Hay varias formas de controlar las vibraciones, según el objetivo que uno se proponga, en tal sentido se tiene que:

- Controlar en el origen (la fuente) por ejemplo en el motor de una máquina
- Controlar la propagación aislando la máquina
- Incrementar el amortiguamiento mecánico de las partes de la máquina

Cada uno de estos tipos de controles encara distintos problemas

Partiendo de hacer una medición del nivel de las vibraciones, luego de un análisis con las normas, reglamentos que fijan los límites se procede a hacer un análisis a conciencia para ver si ello es suficiente y en el caso que no lo sea se procede a aplicar el primero de lo enunciado anteriormente (control en el origen)

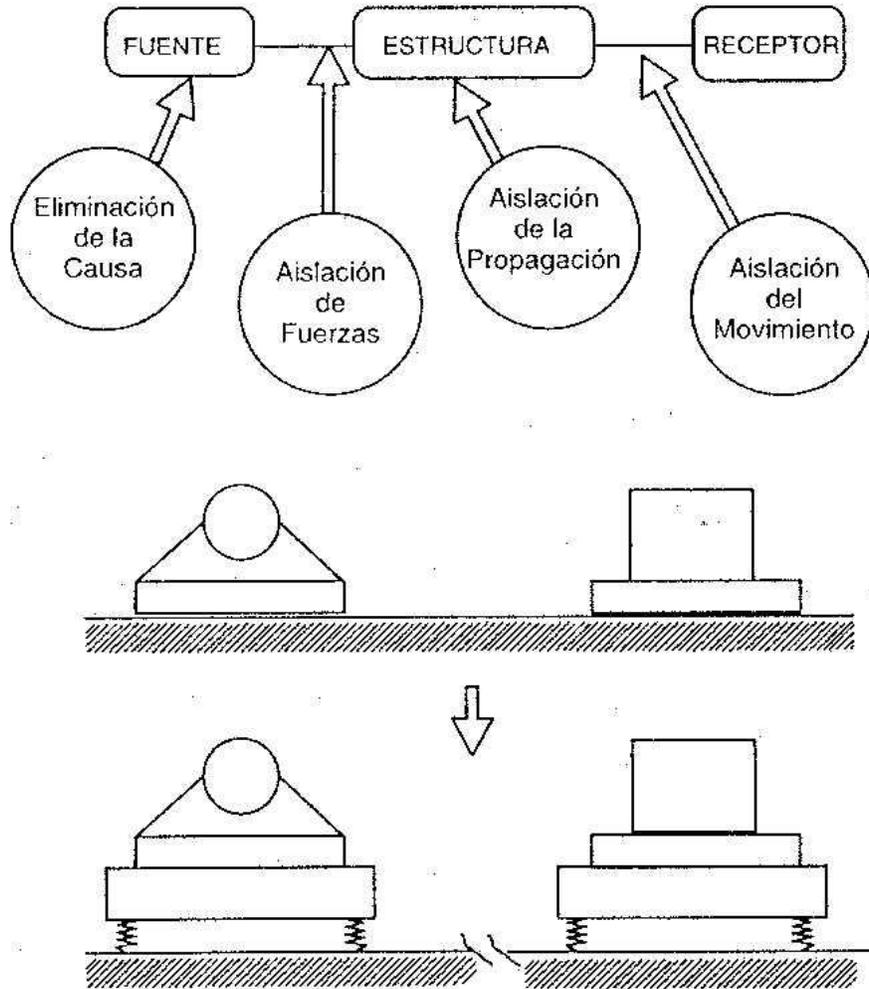


Figura 57. Esquema de las técnicas para atacar las vibraciones con la finalidad de reducir las.

El ataque de las vibraciones en una fuente ya construida es sumamente difícil y costosa muy resistida por los dueños de los equipos, lo razonable como se planteó antes es efectuar las correcciones en el tablero de diseño, de no ser posible hacerlo en la etapa de construcción pues una vez pasada ele solo resta poder emplear paliativos en la instalación de los equipos y/o máquinas.

Esto obliga al empleo de elementos antivibratorios los cuales limitan la transmisión de las vibraciones al suelo.

Un antivibratorio es un elemento que se coloca entre la fuente y el punto de apoyo con la finalidad de cortar la vía de propagación interrumpiendo el flujo de energía de la fuente al entorno, (para aislar la fuente de vibraciones como por ejemplo aislar un compresor, un balancín, una prensa, etc.)

Muchas veces el aislamiento no es para proteger al hombre, hay casos que se hace para proteger el elemento como el caso de instrumentos delicado

Para producir el aislamiento, la frecuencia de excitación debe ser más grande que la del sistema, lo que hace necesario conocer la frecuencia de excitación para calcular el aislamiento

El cálculo de los elementos antivibratorios no es sencillo, debido a que los datos que requiere para el empleo de las fórmulas no es sencillo de obtener

Como ejemplo damos de referencia la relación entre las características de aislamiento y amortiguamiento de ciertos materiales en la **figura 58**.

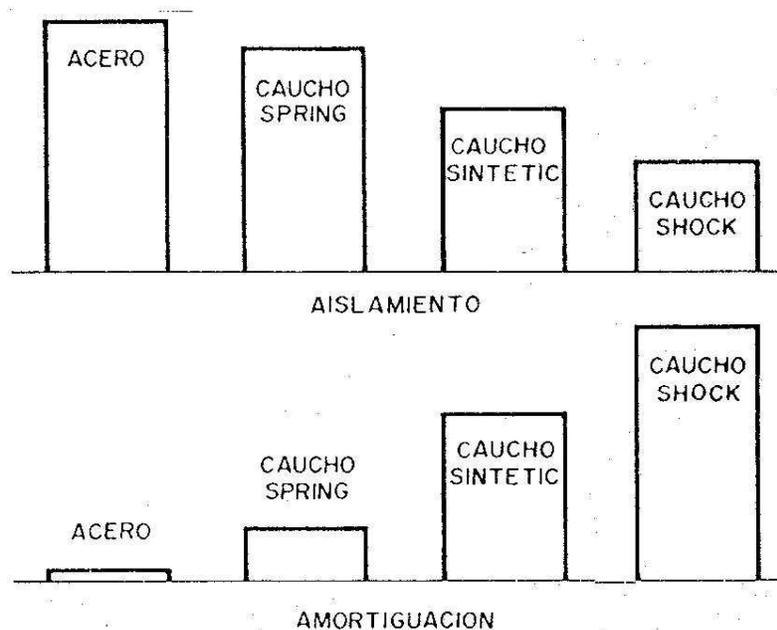


Figura 58.

La eficiencia de un aislamiento se determina según la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia (\%)} = 100 \left[\left(1 - \frac{1}{R^2 - 1} \right) \right]$$

Donde = Relación entre la frecuencia de excitación y la de resonancia del sistema

R	Transmisibilidad	Eficiencia	Resultado
1	Amplificada	-	Peor que sin aislar
1,30	1,00	0	Igual a sin aislar
2	0,33	67%	Relativamente pobre
2,50	0,19	81%	Muy bueno
4	0,06	94%	Excelente
10	0,01	99%	Óptimo

Figura 59.

Nota:

A título de referencia extraemos lo siguiente del Manual de Higiene Industrial de MAPFRE.

Para la elección de un antivibratorio adecuado es necesario tener en cuenta las características del material y de la máquina o equipo a aislar, conociendo su frecuencia natural de vibración, su amortiguamiento interno, la resistencia ambiental, la carga a soportar, etc.

Todo elemento usado en un montaje antivibratorio posee una frecuencia natural de vibración, la cual depende exclusivamente de la flecha bajo la carga, la que se expresa como sigue:

$$f_n = \frac{15,7}{d}$$

donde:

f_n = frecuencia natural

d = flecha en m.m.

La frecuencia natural de los elementos elásticos debe ser siempre inferior a la frecuencia perturbadora que se desea aislar (la frecuencia perturbadora es la más baja de todas denominada a veces, frecuencia forzada),

Para el caso de frecuencias de excitación bajas se necesita colocar un sistema amortiguador con mucho aplastamiento, de manera que posea una frecuencia propia baja, de manera tal que la relación entre frecuencias sea como mínimo 3.

Los antivibratorios más utilizados son:

- Resortes metálicos
- Caucho (gomas sintéticas)
- Suspensión neumática
- Suspensión hidráulica
- Corcho
- Felpa
- Lana mineral
- Rellenos elásticos

Los resortes metálicos constan de un muelle que proporciona la función aislante y algún elemento que acompaña al muelle y cumple la función amortiguadora. Su índice de amortiguamiento es bajo

Las características principales son la resistencia a los agentes ambientales agresivos, permiten muy baja deflexión y se comportan bien para bajas frecuencias, pero tienen el problema de una amortiguación muy pequeña, transmiten las altas frecuencias y tienen movimiento de vaivén.

Los antivibratorios de caucho son construidos de material elastómero, se comportan muy bien a altas frecuencias y tiene elevada amortiguación, por lo que son adecuados para maquinas de frecuentes paradas.

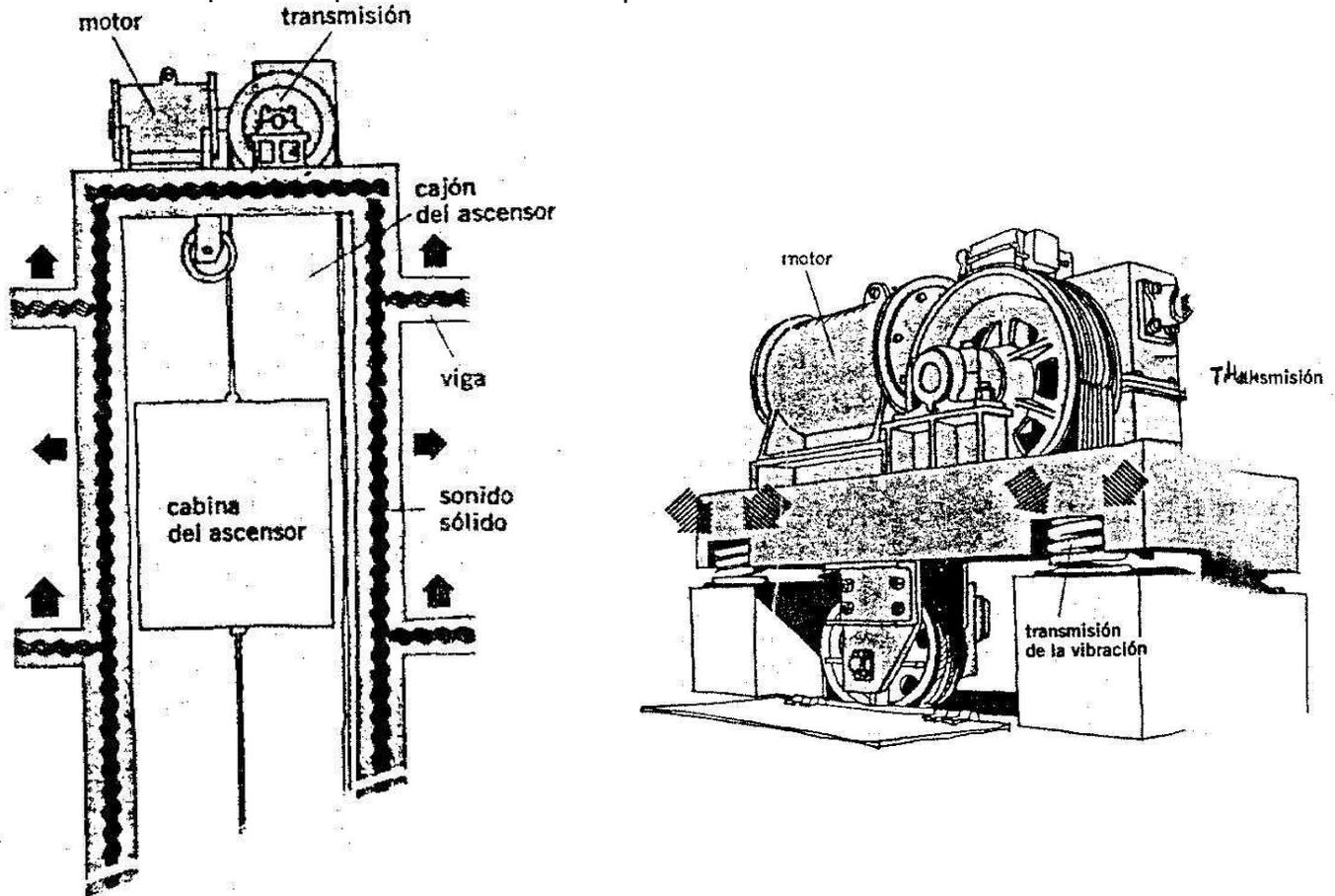


Figura 60. Las vibraciones de un ascensor son transmitidas a través del edificio, siendo la medida de control la aislación del ascensor del resto del edificio

En las **figuras 60** y **61**, se dan ejemplo de montajes y en la **figura 62**, se presenta una tabla de características de distintos productos.

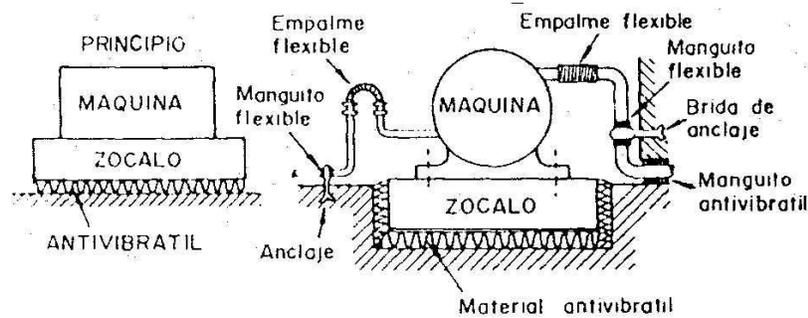


Figura 61 Principios de montaje antivibratorio de una máquina

Tipo	Ventajas	Desventajas
Natural	Alta resistencia, alta carga de rotura y alargamiento; amplia gama de durezas; poca fluencia y deformación remanente.	Temperatura máxima de trabajo 90°C aproximadamente; no resiste aceites.
Butadieno-Estireno (SBR)	Mejor resistencia a la abrasión y agresivos que el caucho natural	No resiste aceites, envejecimiento y oxidación.
Butil	Alta resistencia al envejecimiento, oxidación, ácidos, alcalis; impermeable a los gases.	Baja carga de rotura alargamiento y resistencia; muy inflamable.
Cloropreno	Alta resistencia al calor, envejecimiento, oxidación, autoextinguible; aguanta moderadamente aceites y agresivos; buenas propiedades físicas.	Propiedades moderadas en varios importantes puntos; bien en todo sin sobresalir en nada salvo en envejecimiento.
Nitrilo	Buena resistencia al calor y agresivos, aceites y petróleos.	Baja resistencia al frío.
Thiocol	Máxima resistencia al aceite y disolventes	Bajas propiedades físicas y resistencia al calor.
Silicona	Máxima resistencia al calor y frío	Bajas propiedades físicas, muy caro.

Figura 62 Distintas características de materiales antivibratorios

En la **figura 63** se presentan algunas de las causas más frecuentes de formación de vibraciones

CAUSA DE VIBRACION	AMPLITUD DE VIBRACION	<u>FRECUENCIA</u>	COMENTARIOS
Desbalanceo de piezas rotantes	Mayor en dirección radial	1 x RPM	Causa más común de vibraciones
Desbalanceo secundario en máquinas alternativos	Mayor en dirección radial	2 x RPM	Puede corregirse por balanceo en máquinas de 6 o más cilindros
Desalineación de ejes	Alta en direcciones radial y axial	1 x RPM 2 x RPM 3 x RPM	El síntoma más claro es la alta vibración axial
Ejes deformados por flexión	Alta en direcciones radial y axial	1 x RPM	Es conveniente la verificación con estroboscopio
Torque alternativo en motores eléctricos	Mayor en dirección radial	2 x frecuencia de la red eléctrica	Desaparece al cortar la alimentación eléctrica
Armadura excéntrica en motores eléctricos	Mayor en dirección radial	1 x RPM	Desaparece al cortar la alimentación eléctrica
Fuerzas hidráulicas o aerodinámicas en bombas y ventiladores		RPM x número de álabes	Generalmente aparece combinado con fenómenos de resonancia

Figura 63

Existen varios tipos de amortiguadores:

- Viscosos son proporcionales a la velocidad de vibración y estos son eficientes, pero varía su comportamiento con la temperatura y son caros
- De superficie son similares a los anteriores y son aplicados para amortiguar superficies metálicas de pequeños espesores
- De fricción son baratos, no los afecta la temperatura, el desplazamiento, o la velocidad,
- De histeresis

Listado de chequeo para la protección contra los efectos de las vibraciones

Al igual que en el caso de los ruidos, existe en las vibraciones también la posibilidad de atenuar o evitar la generación de vibraciones, mediante medidas constructivas, de evitar la propagación como se mencionó mediante elementos aislantes, de proteger al hombre mediante la conformación del puesto de trabajo y los medios de trabajo que en él se utilizan y finalmente lograr un programa de descanso en función a la exposición, (conformación de pausas mediante medidas organizativas)

Algunas medidas preventivas (según Schnauber, Kirchner, Rhohmert, ampliada)

- Sincronización o desincronización del sistema vibratorio global (por ejemplo, balanceo de un motor)
- Modificación de las revoluciones para evitar ante todo las frecuencias de resonancia
- Eliminar las masas centrífugas excéntricas
- Emplear amortiguadores de vibración
- Silenciado de vibraciones (aislado)
- Amortiguadores de la transmisión de las vibraciones sobre el hombre (por ejemplo, usando guantes con acolchado de goma para trabajar con herramientas vibratorias o de impacto)
- Capacitar al hombre para que se exponga solo el tiempo estrictamente necesario
- Estudiar la capacidad de transmisión de los asientos antes de colocarlos en los puestos de trabajo expuestos a vibraciones

6. LAS VIBRACIONES EN MÁQUINAS

Uno de los problemas más planteados con respecto a las afecciones que provocan las vibraciones en el hombre en el trabajo, es el problema que surge en los conductores de máquinas terrestres todo terreno, otro está dado en la problemática de la operación de herramientas vibrantes y de impacto y por último las vibraciones que recibe el hombre en las máquinas herramientas.

LAS VIBRACIONES EN MÁQUINAS TODO TERRENO

Al estudiar los vehículos todo terreno se engloban a los vehículos terrestres tales como tractores agrícolas, los tractores forestales, máquinas viales, maquinaria de minería, camiones extrapesados, etc.



Figura 64.

Para conformar el puesto de trabajo en una cabina de conducción de un tractorista lo primero que se efectúa es un estudio antropométrico, para darle forma y medidas estudiando los movimientos (conformación organizativa) para que estos lleguen a ser lo más corto posibles, pero son muy pocas las fábricas que hacen un estudio de vibraciones, como se presenta en la **figura 65**

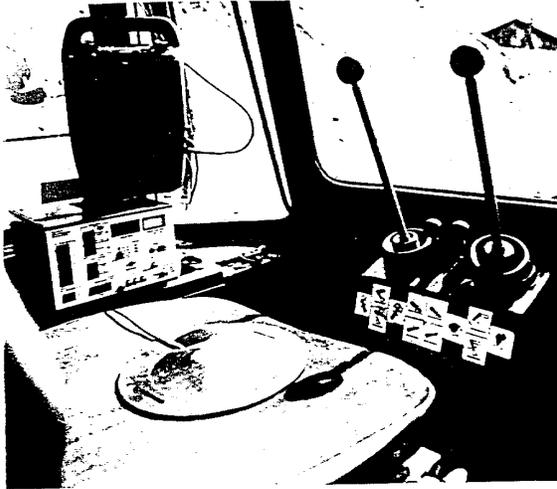


Figura 65. Medición de las vibraciones en forma triaxial en el asiento de una máquina (Instrumentos de Brüel & Kjaer) (Schmidtke)

El esquema de funcionamiento del instrumento empleado al hacer las mediciones de la **figura 65**, esta representado en la **figura 66**.



Figura 66. Localizaciones de los sensores de vibraciones (Brüel & Kjaer S.A.) (MAPFRE)

Síndrome del tractorista

Cuando se trató el tema del síndrome del tractorista en personas que manejan vehículos viales, de minería o todo terreno los cuales produce insuficiencias de la

columna vertebral, además efectos sobre el confort, capacidad de trabajo y salud sobre el hombre como causa de las vibraciones propias del vehículo y de su sistema de amortiguamiento

Esta enfermedad genera insuficiencias en la columna vertebral, es propia de las personas que operan vehículos todo terreno, donde los problemas de confort, rendimiento laboral y estado físico (salud), son responsabilidad de las vibraciones.

Estos equipos se adhieren fuertemente al terreno (generalmente en muy mal estado), transmitiendo muchas vibraciones al asiento de manejo

Las vibraciones transmitidas al asiento o piso del vehículo son absorbidos y amortiguadas, o no, según el caso, al conductor el cual recibe graves daños en la columna vertebral (dolor de espalda consecuencia de dorsalgias y lumbalgias)

Las vibraciones también provocan **Artrosis**

En la **Figura 53**. se presentan las consecuencias de los efectos fisiológicos de la vibración en la ventilación pulmonar (consumo de oxígeno y pulso) de una persona, al estar expuesta a vibraciones verticales, longitudinales y transversales para niveles de aceleración y frecuencias que son normales en tractores moviéndose sobre terreno de labor, también en la **figura 54**. presenta una gráfica que representa los daños en la columna vertebral en la población, donde en el punto 8 se consideran los tractoristas.

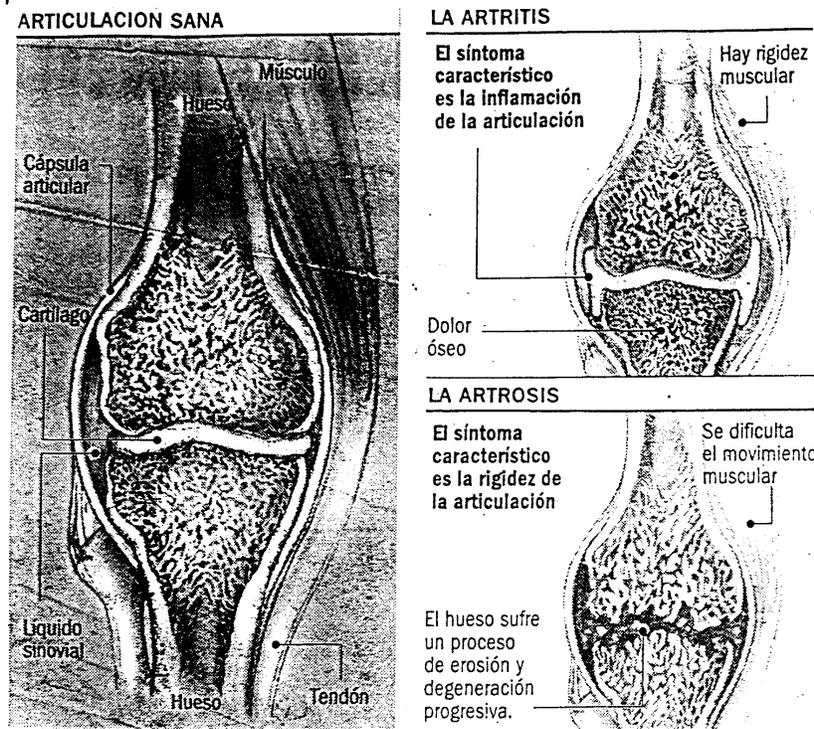


Figura 67. Artrosi (Laboratorio Pfizer) (Clarín)

Se sabe que los efectos de las vibraciones dependen de diversos factores, los de las vibraciones en si (sus características) y las de las aptitudes físicas del expuesto (contextura, peso estado de salud, etc.), de la naturaleza de la actividad y la posición corporal, tiempo y desarrollo temporal del fenómeno y de la forma de transmisión

Un vehículo automotor (auto) en perfectas condiciones de funcionamiento (fundamentalmente la suspensión debe estar en correctas condiciones), normalmente en marcha vibra verticalmente a una frecuencia entre 60 y 80 Hz, en los camiones donde la suspensión es mucho más dura la frecuencia es de 110 a 130 Hz, lo que demuestra que los conductores que permanecen conduciendo jornadas muy largas (muchas veces más de 9 horas) se encuentran muy expuestos a un medio agresivo.

Un vehículo todo terreno como un tractor agrícola, o forestal, una máquina vial, o minera, etc., cuya suspensión es en muchos casos la elasticidad de los neumáticos la frecuencia llega entre 250 y 750 Hz, lo que hace que en escasas 4 horas supere el límite tolerable por el hombre.

La norma ISO 2631 sirve para la determinación de la exposición de hombre a las vibraciones globales del cuerpo, (ver **figura 55.**)

Dieckmann estableció un índice de confort en función de la amplitud de la oscilación y la frecuencia. Se tiene que para $K = 0,1$ se está en el límite de lo perceptible de la vibración. Pero cuando $K = 100$ se encuentra en el límite superior de la soportabilidad, en el caso de un tractor, el límite de $K = 100$ es equivalente a una aceleración media de $0,4 g$

Por lo tanto, los asientos de los tractores deben tener una frecuencia propia del orden de 1 Hz, con el objetivo de no entrar en resonancia

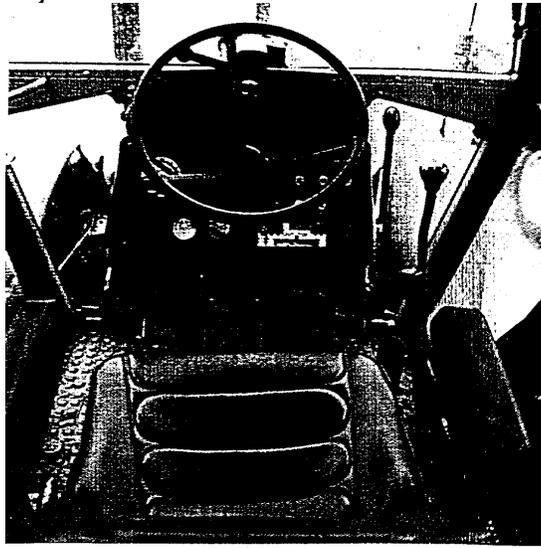


Figura 68. Cabina de tractor

<u>Características del asiento</u>	<u>Magnitud</u>
Asiento (propiamente dicho)	
- Ancho	mín. 450 m.m.
- Profundidad	400 m.m.
- Ángulo de inclinación horizontal	3 - 10 °
- Forma	Sencillo, acolchado, anatómico
Respaldo	
- Ancho	mín. 450 m.m.
- Alto	mín. 260, máx 420 m.m., en función de las necesidades de movimientos de los brazos
- Ángulo respecto a la vertical	
Para el respaldo bajo (260 m.m.)	10° ± 5°
Para los respaldos más altos	de 10° a 15°
- Forma	Sencillo, acolchado, anatómico
Apoyabrazos	
- Estos no son siempre necesarios, debe analizarse su justificación dado que pueden entorpecer el manejo del vehículo	
- Altura desde el asiento	230 ± 30 m.m.
Regulación	
- Ajuste horizontal	mín. 150 m.m.
- Escalonamiento	máx. 15 m.m.
- Ajuste vertical	mín. 60 m.m.
- Escalonamiento	mín. 15 m.m.
- Profundidad de ajuste deseada	+50 m.m. / - 20 m.m.
- Ajuste del respaldo	mín. ± 5°
- Escalonamiento	2,5°

Figura 69. Forma del asiento sugerida por Dupuis

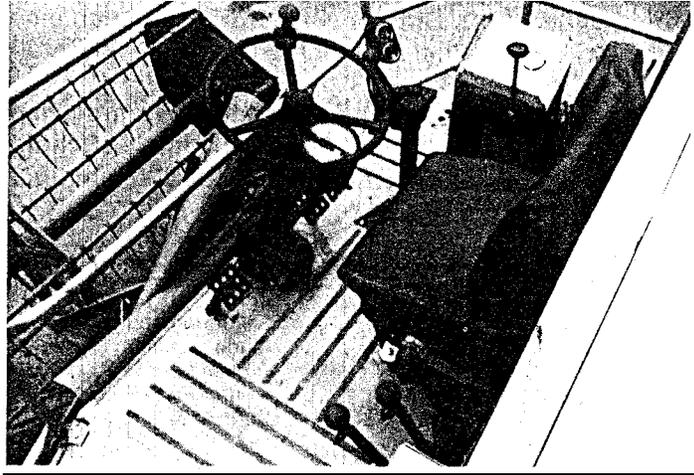


Figura 70. Ejemplo de cabina



Figura 71. Asiento ergonómico de la firma Grammer

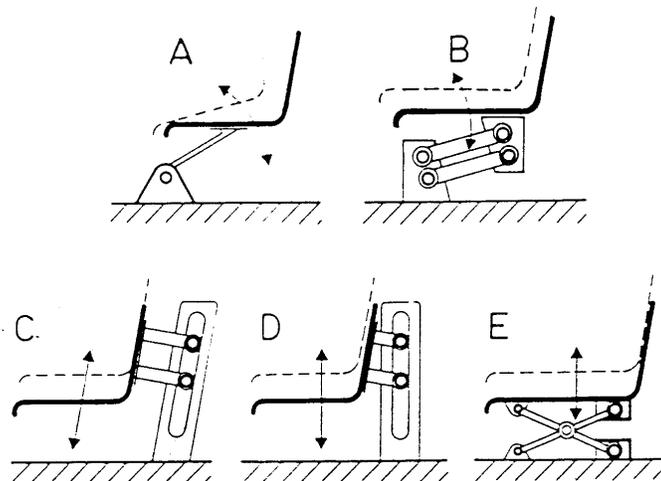


Figura 72. Cinética de los asientos de los conductores

Según se observa en la **figura 69**, Dupuis determinó algunos parámetros a respetar en el diseño de los asientos para los conductores.

En la **figura 72**, se observan cinco casos de asientos preparados para absorber la energía cinética producto de las vibraciones de los vehículos, en el caso A nos encontramos en un montaje que hace oscilar el asiento de tal manera que varía el ángulo de posición, obligando al hombre a efectuar movimientos verticales en forma constante de la cabeza, no se recomienda por el cansancio que transmite al hombre sobre las cervicales, además tiende a presionar el pecho del conductor sobre el volante.

En el caso B nos encontramos ante una variante menos agresiva que la anterior dado que el ángulo que no genera un ángulo, pero si aproxima el pecho del conductor al volante y aproxima los pies a las pedaleras, altera mucho la posición del hombre con respecto a los comandos.

El caso C no ofrece ese problema, pero aleja los pies de las pedaleras al retirarse en forma oblicua, y según el ángulo también afecta la distancia del hombre al volante y a los comandos, los casos D y E tienen una mejor suspensión dado que mantiene la horizontal en la visión y no separa los pies de las pedaleras.

Es importante considerar la oscilación lateral o mejor dicho la posibilidad de vascular del asiento para poder mantener la superficie del asiento en posición horizontal, así el hombre no se ve obligado a torcer la columna vertebral (producir escoliosis, como se aprecia en la **figura 73**)

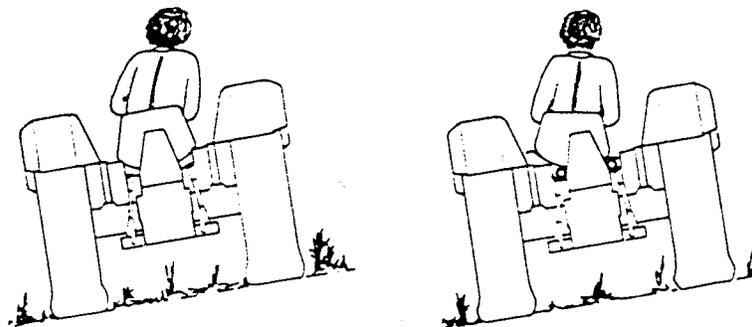


Figura 73. Efecto del trabajo en pendientes, sobre la columna vertebral sobre la base del diseño vascular del asiento del conductor

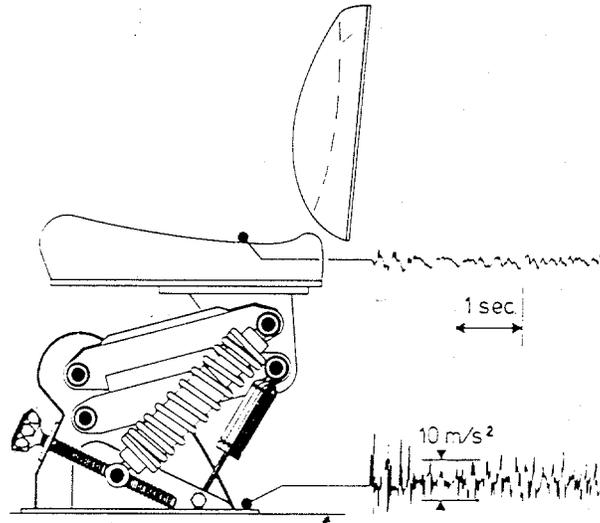


Figura 74. Disminución de las oscilaciones (óptima) por amortiguamiento, (aceleración vertical, estando el conductor sentado)

6.1.1. CONTROL DE LAS VIBRACIONES EN MÁQUINAS TODO TERRENO

Como es de esperar vamos a examinar las medidas necesarias para reducir las vibraciones, además de las tomadas en la elección del asiento.

Por lo general las vibraciones se generan en las máquinas o componentes de ellas y se propagan al piso que las soporta

La amplitud de las vibraciones depende de las fuerzas que las generan, de su frecuencia y de las características mecánicas del medio por el cual se propagan y además hay que tener en cuenta que si la frecuencia de las vibraciones está en el rango de las frecuencias audibles generan ruidos.

Hay varias formas de controlar las vibraciones, según el objetivo que uno se proponga, en tal sentido se tiene que:

- Controlar en el origen (la fuente) por ejemplo en el motor de una máquina
- Controlar la propagación aislando la máquina
- Incrementar el amortiguamiento mecánico de las partes de la máquina

Cada uno de estos tipos de controles encara distintos problemas

Partiendo de hacer una medición del nivel de las vibraciones, luego de un análisis con las normas, reglamentos que fijan los límites se procede a hacer un análisis a conciencia para ver si ello es suficiente y en el caso que no lo sea se procede a aplicar el primero de lo enunciado anteriormente (control en el origen)

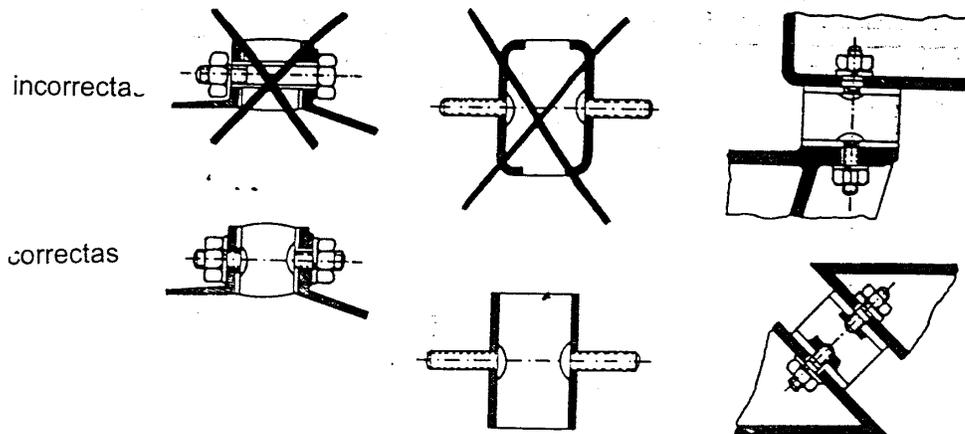


Figura 75. Formas correctas e incorrectas de amortiguar una vibración en un anclaje

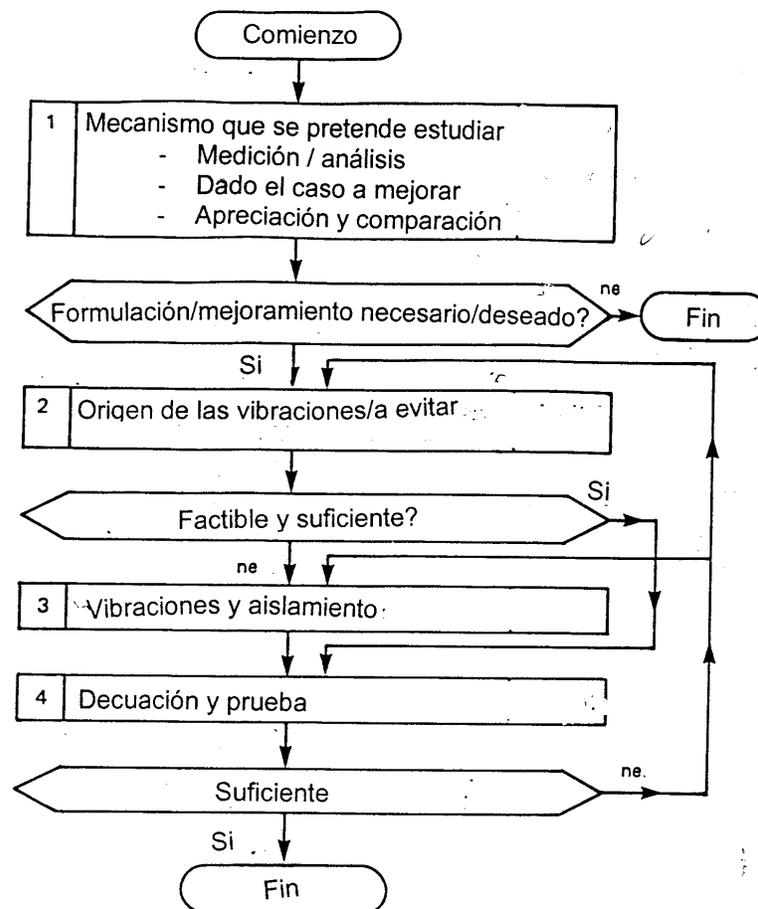


Figura 76. Esquema de trabajo

6.1.2. CURVAS DE APLICACIÓN

A continuación, se dará una serie de gráficos que son útiles para la determinación de los efectos de las vibraciones sobre el hombre, por efecto del asiento (vibraciones transmitidas por él), y de máquinas (transmitidas a sus manos)

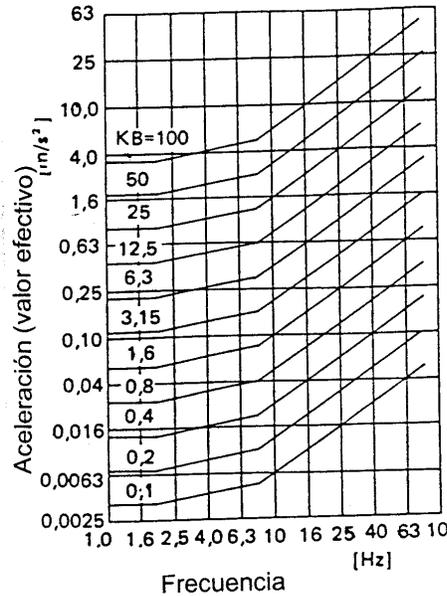


Figura 77. Curvas de igual valor de vibraciones sobre el cuerpo según postura corporal (por ejemplo, limpiando) (según VDI 2057)

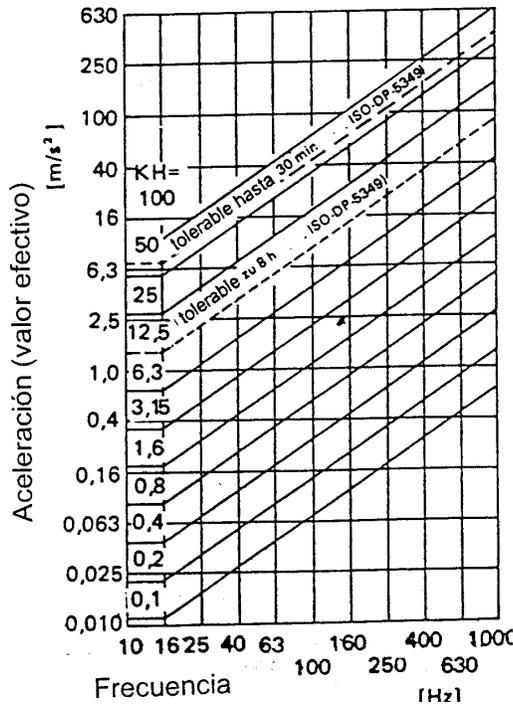


Figura 78. Curvas de igual valor de vibraciones ambas extremidades (manos, brazos), en todas las direcciones (según VDI 2057)

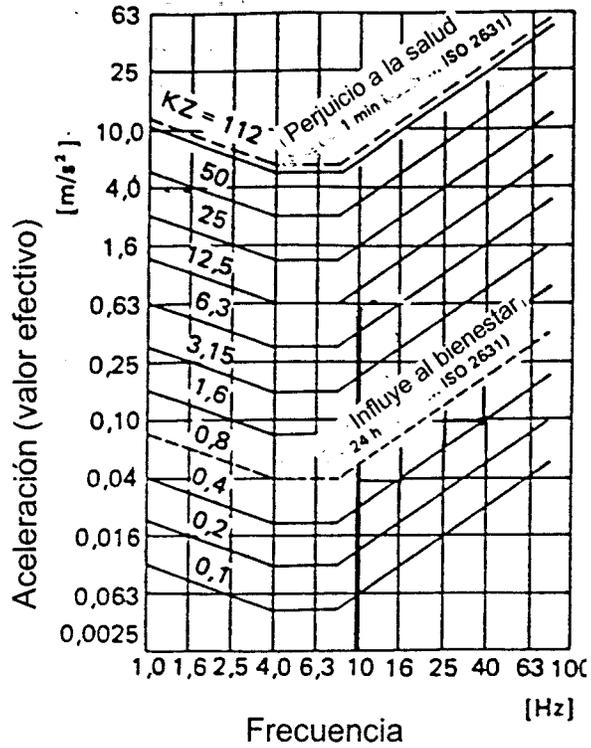


Figura 79. Curvas de igual valor de vibraciones (fuerza) sobre el cuerpo según postura corporal de sentado (parado) en la dirección Z (según VDI 2057)

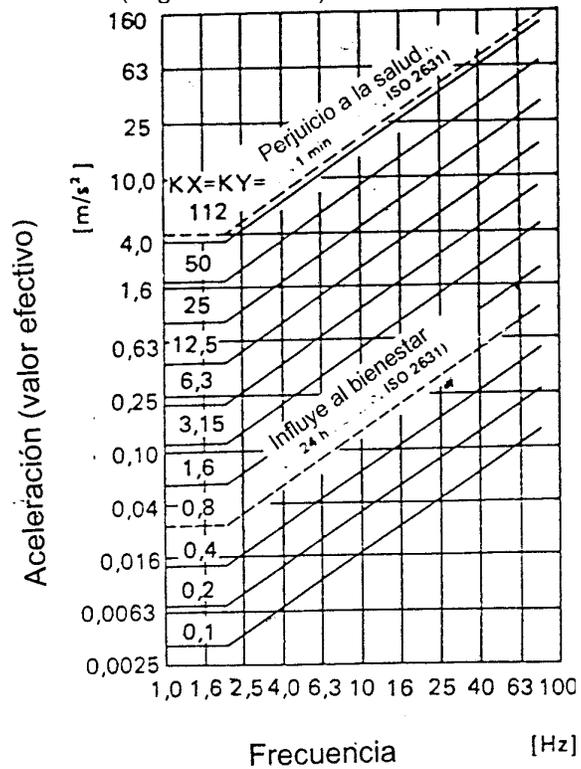


Figura 80. Curvas de igual valor de vibraciones (fuerza) sobre el cuerpo según postura corporal de sentado (parado) en las direcciones X e Y (según VDI 2057)

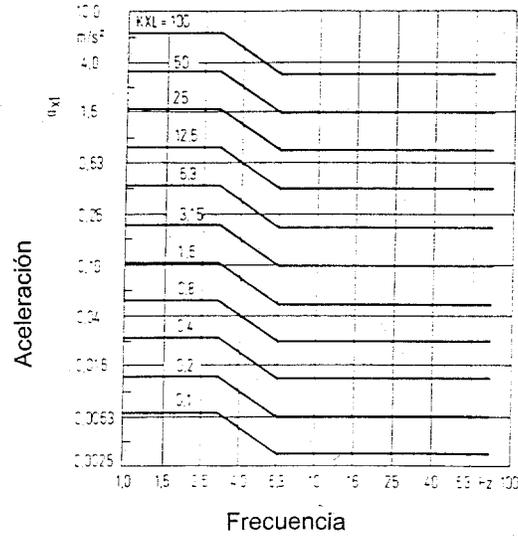


Figura 81. Curvas de igual valor de vibraciones (fuerza) sobre el cuerpo según postura corporal de acostado, en la dirección Z (según VDI 2057)

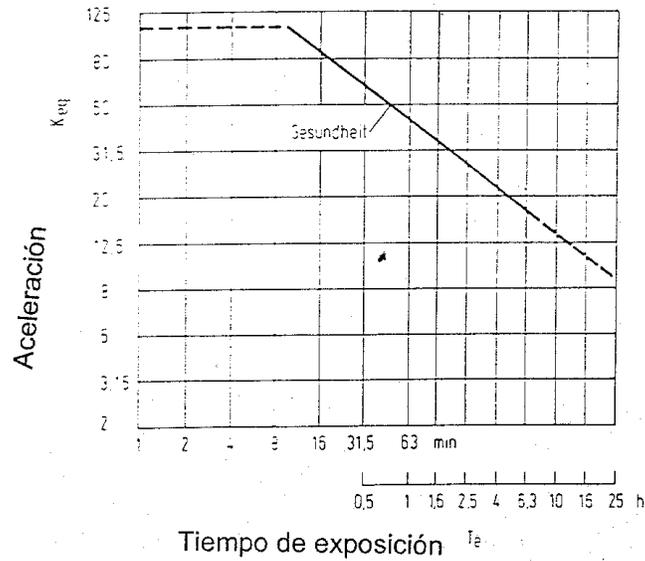


Figura 82. Curvas de igual valor de vibraciones para juzgar según la aceleración sobre el cuerpo el tiempo de exposición

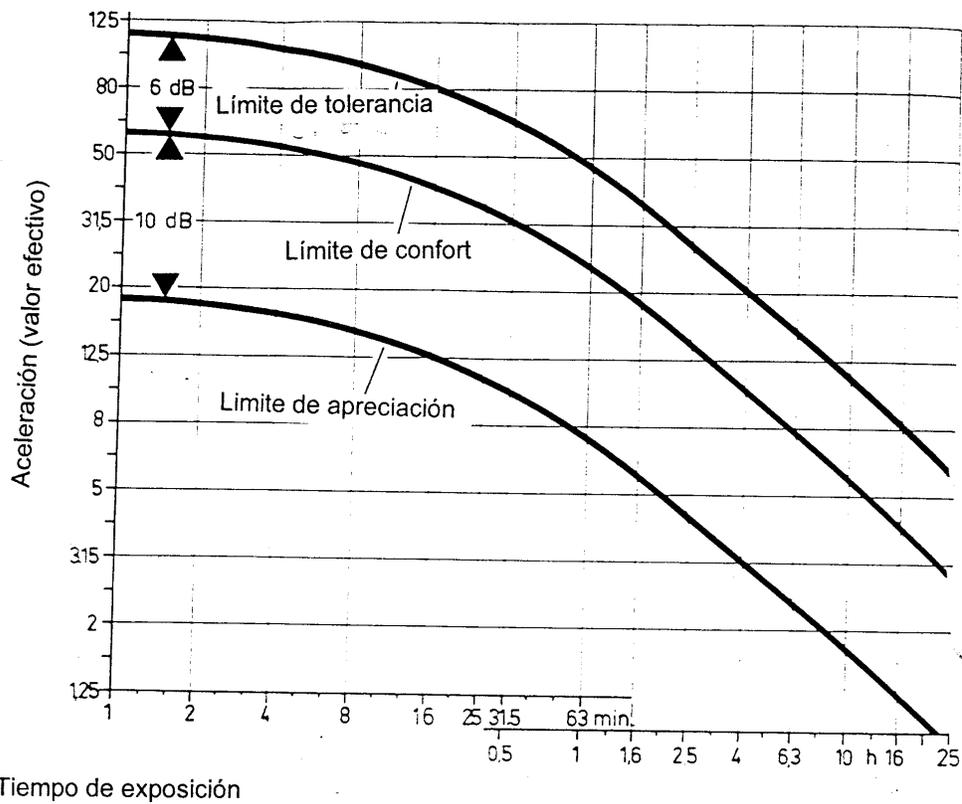


Figura 83. Curvas para valorar la intensidad de vibraciones (aceleración) durante el tiempo de trabajo (Según VDI 2057 parte 3)

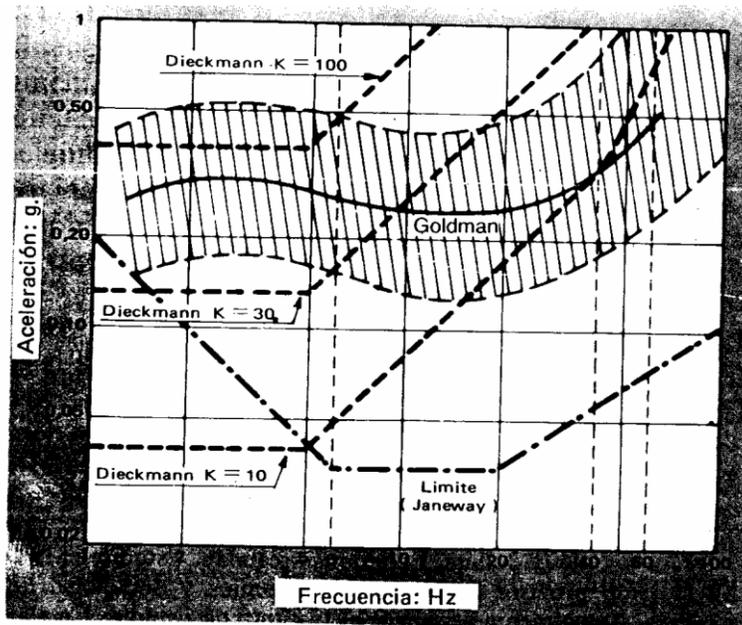


Figura 84. Límite de confort en función de la aceleración de las vibraciones y la frecuencia de la vibración del vehículos (según Dieckmann, Goldman y Janeway)

TIEMPO DE EXPOSICIÓN	NO APRECIABLE $K \leq$	LÍMITE DE CONFORD $K =$	NO TOLERABLE $K \geq$
1 MIN.	18,0	56,0	112
16 MIN.	13,2	42,5	85
25 MIN.	11,2	35,5	71
1 h	7,5	23,6	47,5
2,5 h	4,5	14,0	28
4 h	3,35	10,6	21,2
8 h	2,0	6,3	12,5
16 h	1,32	4,25	8,5
24 h	0,90	2,8	5,6

Figura 85 Valores dados por la VDI 2057

6.2. VIBRACIONES CAUSADAS POR HERRAMIENTAS

Las herramientas de uso industrial no solo deben ser robustas como para soportar el uso constante y fuerte, sino que deben contemplar las vibraciones que emiten. Anteriormente habíamos señalados las coordenadas en las manos, el cual nos es muy útil en el estudio de las herramientas si analizamos estas coordenadas en las herramientas o equipos que generan vibraciones se deben hacer como los señala la **figura 86**.

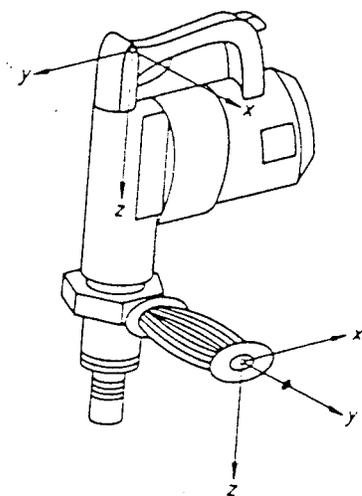


Figura 86.

Para medir las vibraciones en las manos como consecuencia del uso de herramientas y/o dispositivos de percusión (roto percusión) los equipos de medición van montados sobre adaptadores, los que se ubican en las manos donde incide la fuerza vibratoria, (se coloca sobre el punto de agarre, teniendo en cuenta el espesor, propiedades de amortiguamiento - o no - del elemento de acople. Los cables de unión entre el acelerómetro y el medidor deben ser fijados firmemente,

de manera que no moleste a la tarea a realizar, ni incomode al hombre. Según se observa en la **figura 87**.

En el caso de instalar el acelerómetro en el equipo o herramienta, se debe adaptar correctamente procediendo a fijar firmemente los cables.

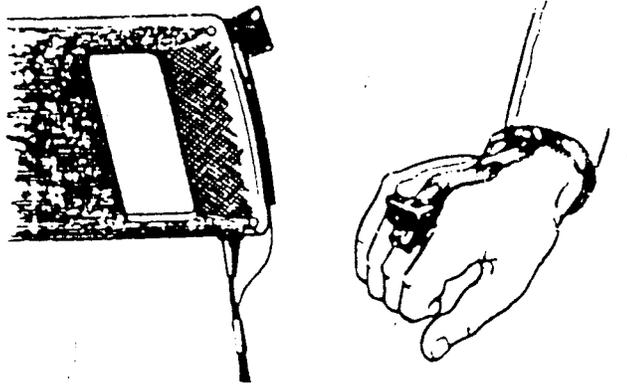


Figura 87. Localización del traductor para vibraciones en la mano (Según Brüel & Kjaer, S.A.)

Si lo analizamos desde el punto de vista de la vibración, tenemos que la mayoría de las herramientas se pueden considerar cuerpos rígidos, en el que actúan fuerzas oscilantes que producen vibración, las que pueden ser internas o producto del proceso.

Las fuerzas internas de hecho son siempre independientes del proceso y tienen su origen casi siempre en la misma herramienta, propiamente en su interior como ser por ejemplo, en el desequilibrio o desbalance de piezas internas de máquinas rotativas o en elementos externos como ser sus accesorios (en el desequilibrio de los útiles insertados). Las acción de pistones de una herramienta de percusión o roto percusión es también un ejemplo de fuerzas internas.

En el caso de las fuerzas de proceso que se generan, pueden tener su origen en por ejemplo, el uso de una amoladora cuando el disco de amolar está en contacto con la pieza a elaborar o en el caso de la onda de choque de un cincel retrocede a la herramienta desde la pieza que se está elaborando. El juego entre el perno y la boca en un apriete con una llave de impacto es otro ejemplo de fuerzas de proceso.

Roberto Nogueira dice “En todos los casos nos estamos refiriendo a fuerzas como fuente de vibración. Esto nos lleva a tres principios básicos para controlar la vibración:

- Controlar la magnitud de las fuerzas vibratorias. Como ejemplo podemos citar el autoequilibrador de una amoladora o el pistón diferencial de un cincelador.
- Hacer las herramientas menos sensibles a las fuerzas vibratorias. Ejemplo: cuando la masa del protector de una amoladora está firmemente conectada a la herramienta para incrementar su inercia.
- Aislar las vibraciones de la herramienta de la superficie de agarre. Por ejemplo, las empuñaduras con amortiguación en amoladoras o martillos neumáticos, el

colchón de aire detrás del mecanismo de impacto de un remachador, ó el sistema de masa-muelle de un martillo cincelador.

6.2.1. REDUCCIÓN DE LAS VIBRACIONES EN LAS HERRAMIENTAS

No existe una regla general a través de la cual se puede encarar la reducción de las vibraciones de forma de mejorar el Concord del usuario y bajar el efecto dañino sobre él. Por tal motivo se darán indicaciones de las medidas a tomar de acuerdo al tipo de maquina manual a estudiar:

6.2.1.1. LLAVES DE IMPACTO Y HERRAMIENTAS DE IMPULSO

Esta es la herramienta que más se utiliza en las líneas de montaje y su uso esta permanentemente en expansión; en la actualidad son muy pocas las industrias que no la usan, podemos afirmar que permanentemente se solicita nuevos modelos para hacer frente a nuevas alternativas de trabajo

En estas herramientas la vibración en la empuñadura suele ser pequeña, con excepción en las herramientas grandes, que se utilizan para desarrollar pares muy altos. Pero, sin embargo, su empleo incorrecto, llega a hacer que el usuario experimente altos niveles de vibración.

La principal fuente de vibración está en las bocas, por ello es importante para disminuir la vibración, que la herramienta y la boca deben mantenerse en línea.

Se debe prestar atención a no emplear bocas desgastadas, por esto es importante que en toda línea de trabajo exista un programa de control del estado de los equipos y de los accesorios

Por seguridad el operario nunca deberá nunca sujetar la boca con la mano.

El mecanismo de impacto propiamente dicho en las llaves de impacto, como el mecanismo de impulso en herramientas de impulso, son una parte sustancial en el peso de la herramienta, por lo que es muy importante diseñarlos de modo que estén muy bien equilibrados.

El principio de rotación en las líneas de montaje o en las celdas de armado se debe a muchos factores uno de ellos es para mantener la exposición a la vibración baja ya que al rotar se reduce el tiempo de exposición.

Para obtener un buen equilibrio en las llaves de impacto y herramientas de impulso es importante seleccionar los accesorios con el tamaño adecuado. Por ejemplo, si la herramienta es demasiado pequeña para el trabajo, el tiempo del apriete se incrementará considerablemente y con él la exposición del hombre



Figura 88 Llaves de impacto neumáticas (Atlas Copco)



Figura 89 Llaves de impulso hidráulicas (Atlas Copco)



Figura 90 Llaves de torque (Atlas Copco)

6.2.1.2. MARTILLOS REMACHADORES

Los martillos necesitan un control muy preciso de la velocidad de la herramienta y de la fuerza de empuje. Las buenas herramientas de este tipo usan el mecanismo de percusión convencional el cual le aislando la empuñadura de la herramienta, en estas el accionamiento del mecanismo de percusión es controlado por un colchón de aire entre el mecanismo y la empuñadura. Cuando se aplica una fuerza de empuje en la empuñadura de la herramienta se incrementa la presión en el colchón de aire, lo que hace que aumente la fuerza en el mecanismo de percusión. De esta forma se mantiene un control preciso de la herramienta y las vibraciones del mecanismo de percusión no se transmiten a la empuñadura. (extraído de Atlas Copco)

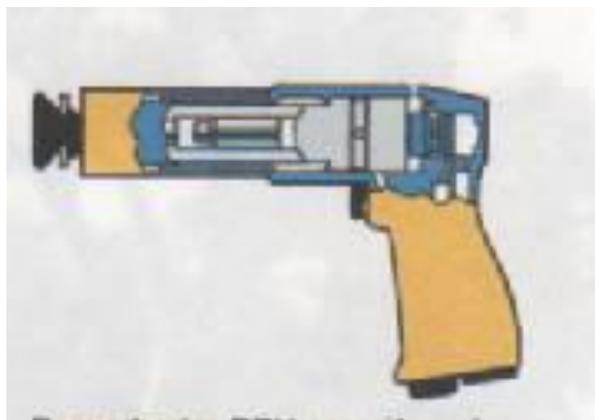


Figura 91. Remachador amortiguado con colchón de aire para reducir las vibraciones (Roberto Nogueira)



Figura 92 Martillos remachadores (Atlas Copco)



Figura 93 Martillos demoledores (Bosch)

6.2.1.3. SUFRIDERAS

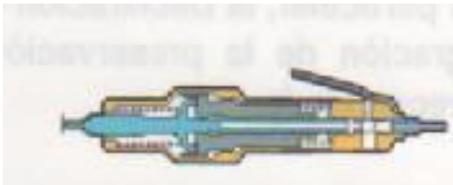
En estos equipos en el proceso de remachado las vibraciones son a veces mayores en la sufridera que en el remachador mismo. La factibilidad de disminuir las vibraciones es usando un equipo más grande (pesado), posibilidad que no es viable siempre por las restricciones que da las variables del espacio disponible y el peso de la herramienta. Contemplando estas restricciones se han desarrollado sufrideras con vibraciones controladas que usan el mismo sistema de amortiguación que los remachadores. Además si en el proceso se contempla el uso de un remachador y una sufridera el resultado es un proceso de remachado será más rápido y de alta calidad.



Figura 94 Sufridera

6.2.1.4. DESINCRUSTADORES

En el desincrustado no se utiliza herramientas de percusión. Si se desea hacerlo la herramienta se diseña sobre la base de un pistón al que se le fija un cincel y se aplica dejando que el cilindro se mueva en dirección opuesta, de este modo se puede diseñar la herramienta de forma tal que las fuerzas producidas en el movimiento de estas dos masas prácticamente se anulen una a la otra. La vibración que se genera en la empuñadura de la herramienta es baja.



Nogueira)

Figura 95 Esquema de un desincrustador (Roberto

6.2.1.5. HERRAMIENTAS DE PERCUSIÓN

Todas las herramientas de percusión generan una fuerte vibración debido al movimiento del pistón y a la presión cambiante del aire que lo impulsa, son es si una gran fuente productora de vibraciones e impactos.

En toda herramienta de percusión convencional la vibración se transmite a la empuñadura ya que el pistón se genera un alto nivel de vibración cuando golpea el cincel, esta vibración no puede evitarse, razón por la cual nunca se debe sujetar el cincel con la mano.



Figura 96 Herramienta de percusión (Atlas Copco), Esquema de un cincelador (Roberto Nogueira)

6.2.1.5.1. CINCELADORES

El nivel de vibración en la empuñadura de un cincelador se puede reducir usando un mecanismo de percusión de “pistón diferencial”. Con este diseño, la presión de aire en la empuñadura permanece casi constante y por tanto las vibraciones en la empuñadura son muy pequeñas. (Atlas Copco)



Figura 97 Cincelando sobre un banco de trabajo con extractor

5.2.1.6. AMOLADORAS

Las amoladoras son unas de las herramientas usadas en todas sus variables desde fijas ya sea de banco o columna a transportables, de accionamiento a pedal, eléctrico, neumático, hidráulico, etc. Un hecho es que suelen ser usadas durante largos períodos, por lo que es importante reducir las vibraciones todo lo sea posible.

La vibración se produce mayormente por el desequilibrio del útil insertado (muela, fresa, punta montada). Por tanto, es muy importante cerciorarse antes de su empleo que los útiles se encuentren bien equilibrados.

El operario debe también saber que no debe usar una amoladora cuando un útil insertado nuevamente, produzca mucha vibración. Tampoco cuando el útil este sobredimensionado pues allí entra a jugar la energía cinética la que produce la rotura del utilaje dando lugar a desprendimientos de diversa magnitud pero con una energía imposible de controlar.



Figura 98 Amoladora recta y angular (DeWALT)

5.2.1.6.1. LIMADORAS

Las vibraciones se producen generalmente por dos causas una la muela mal equilibrada o por el proceso de amolado en sí, dado por ejemplo por una pieza mal sujeta que al amolarla o limarla vibra esto generalmente se da por falta de presión del medio que sujeta o exceso de palanca que permite la flexión. Un método para reducir vibraciones en la empuñadura es montar el motor y la línea de transmisión en una suspensión elástica, que en este caso son elementos de goma o resortes; así las vibraciones son absorbidas en la suspensión y no se transmiten a la empuñadura.

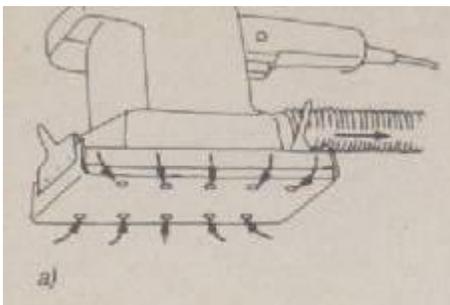


Figura 99 Esquema de una Lijadora con extracción

6.2.1.6.2. AMOLADORAS FIJAS

Las hay de dos tipos de banco o de pie, en ellas lo que se desplaza es la pieza a trabajar la cual se hace por dos medios, las manos o mecanizado, el mecanizado no nos interesa ya que el hombre interviene en la alimentación y control del equipo. En cambio, si las manuales, el problema en ellas es múltiple ya intervienen además de las vibraciones el esfuerzo por sostener en forma estática la pieza (el peso pasa a ser fundamental, también la forma por el estrés de contacto o compresión mecánica que produzca su forma al tomar) y la presión a ejercer para que se erosione por la muela.

Esto obliga a hacer un estudio del trabajo aplicando por ejemplo el método REFA y reducir la carga admisible por vibraciones

6.2.1.6.3 AMOLADORAS ANGULARES Y VERTICALES



Figura 100 Amoladoras verticales

Se las puede usar con o sin empuñaduras auxiliares, pero el utilizarlas con las empuñaduras auxiliares se controla la vibración mucho mejor ya que de esta forma se divide en dos su entrada. La empuñadura montada firmemente se mueve junto con la carcasa y la inercia de la empuñadura ayuda a reducir la rotación alrededor de la empuñadura principal.

Si la empuñadura no está firme esta se moverá desfasada, de esta manera su inercia no formará parte de la inercia de la oscilación de la herramienta y la amplitud de la rotación de la herramienta alrededor de la empuñadura principal aumentará, aunque sólo una fracción de la vibración se transmitirá a la empuñadura auxiliar.

6.2.1.6.4 TURBOAMOLADORAS Y SIERRAS

Un ejemplo de control de las vibraciones es las turbo amoladoras, estas herramientas pesan un 30 - 50 % menos que las amoladoras las convencionales de la misma potencia y poseen menos vibración que las herramientas, esto se debe a que en su diseño se han tomado todas las técnicas existentes al momento para reducir la vibración.

Las fuerzas de oscilación se han reducido incorporando un eje con una robusta configuración en combinación con bridas que cumplen ajustadas tolerancias.

También usando un autoequilibrador, que consiste en un mecanismo en el eje de la herramienta que compensa automáticamente cualquier desequilibrio de la muela.

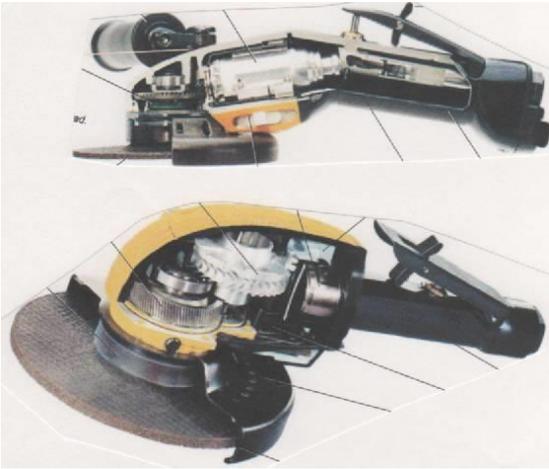


Figura 101 Turbo amoladoras Atlas Coopco

En estas herramientas se baja la fuerza de oscilación utilizando la masa disponible en la herramienta para incrementar la inercia, el protector de muela se torna importante en el incremento de la inercia por la rotación alrededor del eje a lo largo de la empuñadura principal. La sensibilidad a las fuerzas de oscilación se puede disminuir si la distancia entre las fuerzas desequilibradoras de la muela y el centro de gravedad de la herramienta se mantiene lo más corta posible.

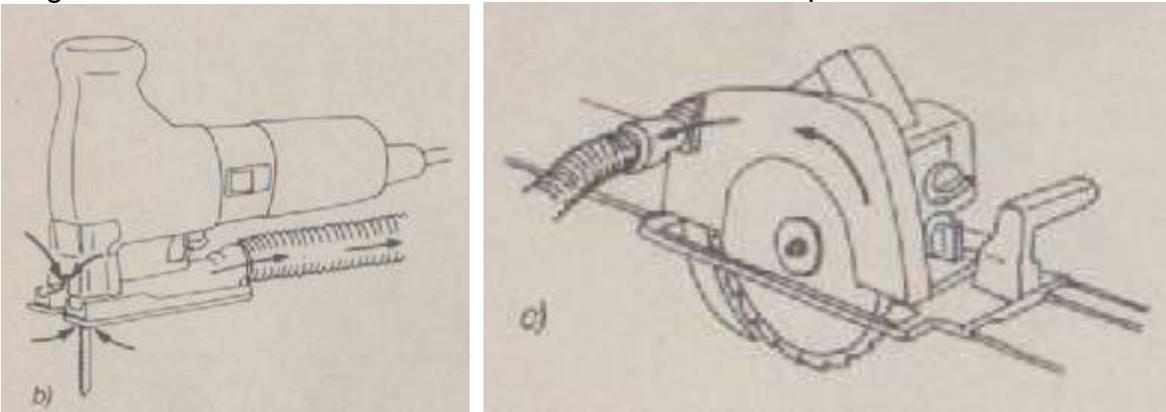


Figura 102 Esquema de extracción en cierras

7. SUSTANCIAS NOCIVAS SOBRE EL HOMBRE

Bajo el concepto de sustancias nocivas en el puesto de trabajo, se encuadran todas las sustancias, sólidas, líquidas o gaseosas que suspendidas en el aire o no, afectan la salud del hombre. (Paracelsus dijo cualquier sustancia administrada en cantidades suficientes puede producir efectos adversos, es la dosis lo que diferencia un veneno de un remedio, si bien esta aseveración no tiene mucha precisión es la base de la toxicología la cual efectúa el estudio de las interrelaciones entre las sustancias químicas y los sistemas

biológicos con el objetivo de establecer la capacidad potencial de la(s) sustancias(s) química(s) estudiada(s) a producir efectos adversos a los organismos vivos, e investigar su naturaleza, incidencia, mecanismos de producción, factores influyentes y la reversibilidad de los mencionados efectos).

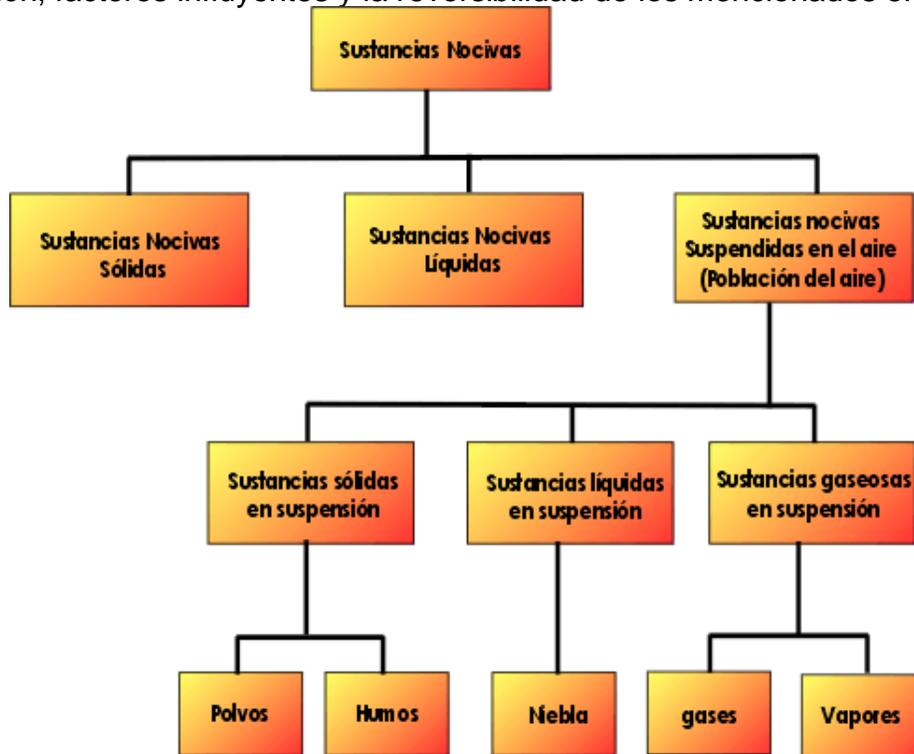


Figura 103. Sustancias nocivas en el puesto de trabajo (Según Schmidt, 1977, en IfaA)

Las sustancias nocivas que están en suspensión en el aire cobran vital importancia, es especial los sólidos que se presentan como polvos que flotan, o como humos, los gases, los vapores y las nieblas. (ver **figura 103**), los cuales pueden ser de naturaleza orgánica, o inorgánica, sintéticos o naturales.

Tipos de Contaminantes	
Químicos (Según el estado físico de la materia a 25°C y 760 mm de presión de Hg)	Sólidos Polvo (Dust): Suspensión en el aire de partículas sólidas de tamaño pequeño, procedentes de la manipulación, molienda, pulido, trituración, etc., de materiales sólidos orgánicos (minerales, rocas, carbón, madera, granos, etc.). Su tamaño es muy variable y su forma irregular. Su diámetro equivalente está comprendido entre 10-2 y 5.10-2 m, pudiendo dividirse en dos grupos: <ul style="list-style-type: none"> • Polvo fino o materia en suspensión con 10-2 < d < 10 µm • Polvo grueso o materia sedimentable con 10 < d < 5.10-2 µm Humo (Smoke): Suspensión en el aire de partículas sólidas, carbón y hollín, procedentes de una combustión incompleta. Las partículas suelen ser inferior a 1 µm Humo metálico (Fume): Suspensión en el aire de partículas sólidas procedentes de una condensación del estado gaseoso originado por sublimación o fusión de metales. Generalmente son esféricas, de tamaño inferior a 100 µm y en forma de óxido debido a la reacción del metal caliente en contacto con el aire.
	Líquidos Niebla (Mist): Dispersión en el aire de pequeñas gotas líquidas, generalmente visibles a simple vista, originadas por condensación del estado gaseoso o por dispersión de un líquido, mediante salpicaduras, atomización o espumación, borboteo o ebullición. Su tamaño oscila entre 10-2 y 5.10-2 µm Bruma (Fog): Suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido visible a simple vista producidas por un proceso de condensación del estado gaseoso. Su tamaño puede oscilar entre 2 y 60 µm Smog: Derivado de smoke y fog, aplicable a contaminaciones atmosféricas debidas a aerosoles y originados por la combinación de causas naturales e industriales. Su tamaño puede oscilar entre 0.01 y 2 µm
	Gaseosos Gas: Sustancias que en las condiciones establecidas de presión y temperatura se encuentran en estado gaseoso Vapor: Sustancias que en las condiciones establecidas de presión y temperatura se encuentran en estado sólido o líquido
Físicos	Ruido y vibraciones Radiaciones ionizantes y no ionizantes Temperatura, humedad, velocidad del aire y presión atmosférica Calor (estrés térmico) Presiones y depresiones Campos eléctricos y magnéticos, etc.
Biológicos	Virus, bacterias, protozoos

Figura 104. Tipos de contaminantes De la Poza

8. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS CONTAMINANTES

Los contaminantes se clasifican en distintos tipos según lo expresado por la OMS a los cuales los divide en contaminantes químicos, físicos, y biológicos.

Contaminantes químicos:

Se define así a los elementos inertes orgánicos o inorgánicos, naturales o sintéticos (gases, vapores, polvos, humos, nieblas, etc.)

Contaminantes físicos:

Estos contaminantes están constituidos por los estados energéticos que se producen en el medio ambiente (radiaciones, ruidos, iluminación, vibraciones, etc.), los que tratamos en distintos capítulos.

Contaminantes biológicos:

Estos están constituidos por seres vivos los cuales contaminan el medio ambiente y pueden llegar a dar lugar a distintos tipos de enfermedades, que pueden ser parásitas infecciosas, etc., mediante agentes como bacterias microbios ácaros, virus, etc.

En el cuadro de la **figura 104** se presenta un esquema de los distintos tipos de contaminantes dados por Ma. De la Poza

Podemos además aclarar:

- **Aerosol:**

Es una dispersión de partículas sólidas o líquidas, de tamaño inferior a 100 μ en un medio gaseoso, los mismos son el polvo, la niebla, la bruma, el humo y el humo metálico definidos todos ellos en el mencionado cuadro

- **Gas:**

También se toma como gas el criterio que es una sustancia que se encuentra en ese estado físico a 25 °C y a 760 m.m. de Hg de presión

- **Vapor:**

Es la fase gaseosa de un elemento que por lo ordinario es sólido o líquido a 25 °C y 760 m.m. de Hg de presión

- **Polvo:**

Directamente como polvo se interpreta a una dispersión de sustancias sólidas en gases, producto de procesos mecánicos, a los que se les puede dar un tratamiento técnico, (Según lo expresado por Hettinger en 1976)

El polvo puede tener origen metálico, mineral o vegetal, debido a sus efectos nocivos se lo considera según su granulometría (tamaño de partículas), los polvos se dividen según su diámetro aerodinámico (en $\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$). (Ver la **figura 105**.)

Tamaño de las partículas en μm	Denominación	Lugar de deposición	Denominación en medicina laboral y en valoración del trabajo
< 1	Polvo muy fino	Alvéolos pulmonares	Polvo
1-5	Polvo fino		
6-10		Región Bronquial	Suciedad
11-25			
26-50	Región nasofaríngea		
>50	Polvo grueso		

Figura 105. Clasificación de los polvos (Según Hettinger y otros en 1976)

En la **figura 106** se presenta el listado de los tamaños correspondientes a la clasificación de los contaminantes.

PARTÍCULAS	TAMAÑO INFERIOR μs	TAMAÑO SUPERIOR μs
- Aerosoles	0,005	50
- Nieblas	1	500
- Polvos y humo metálico	0,001	100
- Polvo y humo metálico de fundición	0,1	100
- Polvo de fundición	1	1.000
- Niebla ácido sulfúrico	0,5	20
- Gases	0,0005	0,008
- Negro de humo	0,001	0,4
- Humo de aceite	0,03	1
- Cenizas	1	800

Figura 106. Tamaño de las partículas correspondientes a la clasificación de contaminantes (Según MAPFRE)

- Irritantes:

Se denominan así a aquellos compuestos químicos que producen una inflamación por acción física o química en las zonas del cuerpo con las que entran en contacto, fundamentalmente con la piel y las mucosas del sistema respiratorio

Con el fin de poder evaluar la peligrosidad de los polvos para la salud humana se tienen en cuenta además del tamaño de las partículas, lo siguiente, (estas a su vez se dividen en):

- Irritantes del tracto respiratorio superior, siendo estas muy solubles en medios acuosos (tanto ácidos como básicos).
- Irritantes del tracto respiratorio superior y tejidos pulmonares, en si son sustancias de una moderada solubilidad en medios acuosos, causa por la cual actúan sobre el sistema respiratorio (por ejemplo anhídrido de halógenos, ozono, etc.)
- Irritantes del tejido pulmonar, son sustancias insolubles en fluidos acuosos (por ejemplo, fosgeno, dióxido de nitrógeno, etc.)

- **Neumoconióticos:**

Son sustancias sólidas las cuales se depositan en los pulmones, dando lugar a neumopatía y creando una degeneración fibrótica del tejido pulmonar

Nota:

Los polvos inertes no producen daño al pulmón (degeneración de los tejidos), pero como consecuencia de su acumulación en cantidades importantes en los alvéolos pulmonares, impiden la difusión del oxígeno a través de los mismos.

- **Tóxicos sistémicos:**

Son los compuestos que independientes de la vía de entrada se diseminan por todo el organismo, produciendo distintos efectos, los cuales pueden ser específicos o selectivos para determinados órganos o sistemas, (por lo general hidrocarburos aromáticos, insecticidas, pesticidas etc.)

- **Anestésicos o narcóticos:**

Son sustancias químicas que actúan como depresores del sistema nervioso central, son liposolubles, (como ser sustancias disolventes, etc.)

- **Cancerígenos:**

Son sustancias que los pueden generar o potenciar.

- **Alérgicos:**

Son sustancias que no afectan a toda la población sino a ciertas personas, requieren una predisposición fisiológica, además solo se presenta en personas que se sensibilizaron previamente, (por ejemplo, monómeros, resinas, etc.)

- **Asfixiantes:**

Son sustancias que impiden la llegada del oxígeno a los tejidos, los mismos se pueden clasificar en:

- **Asfixiantes simples:**

Son contaminantes químicos que sin presentar ningún tipo de efecto específico, por el simple hecho de estar presentes en el medio ambiente reducen la concentración de oxígeno en el aire (por ejemplo dióxido de carbono, nitrógeno, gases inertes, etc.)

- **Asfixiantes químicos:**

Son productos que impiden que el oxígeno puede llegar a las células, bloqueando algún mecanismo del organismo, pudiendo actuar a nivel de la sangre, de las células o como el caso del sulfuro de hidrógeno sobre el cerebro paralizando los músculos respiratorios.

A continuación Figura 107 – Anexo IV de la Resolución MTEySS N° 295/2003

ANEXO IV

INTRODUCCION A LAS SUSTANCIAS QUIMICAS

Los valores CMP (Concentración máxima permisible ponderada en el tiempo) o TLV (Threshold Limit Value o Valor Límite Umbral) hacen referencia a concentraciones de sustancias que se encuentran en suspensión en el aire.

Asimismo, representan condiciones por debajo de las cuales se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente día tras día a la acción de tales concentraciones sin sufrir efectos adversos para la salud.

Sin embargo, dada la gran variabilidad en la susceptibilidad individual, es posible que un pequeño porcentaje de trabajadores experimenten malestar ante algunas sustancias a concentraciones iguales o inferiores al límite umbral, mientras que un porcentaje menor puede resultar afectado más seriamente por el agravamiento de una condición que ya existía anteriormente o por la aparición de una enfermedad profesional. Fumar tabaco es perjudicial por varias razones. El hecho de fumar puede actuar aumentando los efectos biológicos de los productos químicos que se encuentran en los puestos de trabajo y puede reducir los mecanismos de defensa del organismo contra las sustancias tóxicas.

Algunas personas pueden ser también hipersusceptibles o de respuesta inesperada a algunos productos químicos de uso industrial debido a factores genéticos, edad, hábitos personales (tabaco, alcohol y uso de otras drogas), medicación o exposiciones anteriores que les han sensibilizado. Tales personas puede que no estén protegidas adecuadamente de los efectos adversos para su salud a ciertas sustancias químicas a concentraciones próximas o por debajo del CMP. El médico de empresa (médico del trabajo) debe evaluar en estos casos la protección adicional que requieren estos trabajadores.

Los valores CMP se basan en la información disponible obtenida mediante la experiencia en la industria, la experimentación humana y animal, y cuando es posible, por la combinación de las tres. La base sobre la que se establecen los valores CMP puede diferir de una sustancia a otra, para unas, la protección contra el deterioro de la salud puede ser un factor que sirva de guía, mientras que para otras la ausencia razonable de irritación, narcosis, molestias u otras formas de malestar puede constituir el fundamento para fijar dicho valor. Los daños para la salud considerados se refieren a aquellos que disminuyen la esperanza de vida, comprometen la función fisiológica, disminuyen la capacidad para defenderse de otras sustancias tóxicas o procesos de enfermedad, o afectan de forma adversa a la función reproductora o procesos relacionados con el desarrollo.

La cantidad y la naturaleza de la información disponible para el establecimiento de un valor CMP varían de una sustancia a otra.

Estos límites están destinados a ser utilizados en la práctica de la higiene industrial como directrices o recomendaciones para el control de riesgos potenciales para la salud en el puesto de trabajo y no para ningún otro uso como, por ejemplo, para la evaluación o el control de las molestias de la contaminación atmosférica para la comunidad, la estimación del potencial tóxico de la exposición continua e interrumpida u otros períodos de trabajo prolongados o como prueba de la existencia o inexistencia de una enfermedad o un estado físico.

Estos valores límite se deben usar como directrices para la implantación de prácticas adecuadas. Aunque no se considera probable que se produzcan efectos adversos graves para la salud como consecuencia de la

exposición a concentraciones límite, la mejor práctica es mantener las concentraciones de toda clase de contaminantes atmosféricos tan bajas como sea posible.

Definiciones

En la presente normativa, se especifican las tres categorías de CMP (Concentración Máxima Permissible) siguientes:

a) **CMP (Concentración máxima permisible ponderada en el tiempo):**

Concentración media ponderada en el tiempo para una jornada normal de trabajo de 8 horas/día y una semana laboral de 40 horas, a la que se cree pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin efectos adversos.

b) **CMP - CPT (Concentración máxima permisible para cortos períodos de tiempo):**

Concentración a la que se cree que los trabajadores pueden estar expuestos de manera continua durante un corto espacio de tiempo sin sufrir: 1) irritación, 2) daños crónicos o irreversibles en los tejidos, o 3) narcosis en grado suficiente para aumentar la probabilidad de lesiones accidentales, dificultar salir por sí mismo de una situación de peligro o reducir sustancialmente la eficacia en el trabajo, y siempre que no se sobrepase la CMP diaria. No es un límite de exposición independiente, sino que más bien complementa al límite de la media ponderada en el tiempo cuando se admite la existencia de efectos agudos de una sustancia cuyos efectos tóxicos son, primordialmente, de carácter crónico. Las concentraciones máximas para cortos períodos de tiempo se recomiendan solamente cuando se ha denunciado la existencia de efectos tóxicos en seres humanos o animales como resultado de exposiciones intensas de corta duración.

La CMP-CPT se define como la exposición media ponderada en un tiempo de 15 minutos, que no se debe sobrepasar en ningún momento de la jornada laboral, aún cuando la media ponderada en el tiempo que corresponda a las ocho horas sea inferior a este valor límite. Las exposiciones por encima de CMP-CPT hasta el valor límite de exposición de corta duración no deben tener una duración superior a 15 minutos ni repetirse más de cuatro veces al día. Debe haber por lo menos un período de 60 minutos entre exposiciones sucesivas de este rango. Se podría recomendar un período medio de exposición distinto de 15 minutos cuando lo justifiquen los efectos biológicos observados.

c) **CMP-C (Concentración Máxima Permissible - Valor Techo (c):**

Es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante una exposición en el trabajo.

En la práctica convencional de la higiene industrial, si no es posible realizar una medida instantánea, el CMP-C se puede fijar cuando las exposiciones son cortas mediante muestreo durante un tiempo que no exceda los 15 minutos, excepto para aquellas sustancias que puedan causar irritación de inmediato.

Para algunas sustancias como, por ejemplo, los gases irritantes, quizás solamente sea adecuada la categoría de CMP-C.

Para otras, pueden ser pertinentes una o dos categorías, según su acción fisiológica. Conviene observar que, si se sobrepasa uno cualquiera de estos valores límites, se presume que existe un riesgo potencial derivado de esa sustancia.

Los valores límites basados en la irritación física no deben ser considerados como menos vinculantes que aquéllos que tienen su fundamento en el deterioro físico u orgánico. Cada vez es mayor la evidencia de que la irritación física puede iniciar, promover o acelerar el deterioro físico del organismo mediante su interacción con otros agentes químicos o biológicos.

Concentración media ponderada en el tiempo frente a valores techo

Las medias ponderadas en el tiempo permiten desviaciones por encima de los valores límite umbral, siempre que éstas sean compensadas durante la jornada de trabajo por otras equivalentes por debajo de la concentración máxima permisible ponderada en el tiempo.

En algunos casos, puede ser permisible calcular la concentración media para una semana de trabajo en lugar de hacerlo para una sola jornada. La relación entre el límite umbral y la desviación permisible es empírica y, en casos determinados, puede no ser de aplicación. La magnitud en que se pueden sobrepasar los límites umbral durante cortos períodos de tiempo sin daño para la salud depende de diversos factores como la naturaleza del contaminante, de si concentraciones muy elevadas producen intoxicaciones agudas, incluso durante períodos cortos de tiempo, de que sus efectos sean acumulativos, de la frecuencia con que se den las concentraciones elevadas, y de la duración de dichos períodos de tiempo. Para determinar si existe una situación peligrosa, hay que tener en cuenta todos los factores en consideración.

Aunque la concentración media ponderada en el tiempo constituye el modo más satisfactorio y práctico de controlar si los agentes que se encuentran en suspensión en el aire se ajustan a los límites señalados, hay determinadas sustancias para las que no resulta apropiada. En este último grupo figuran sustancias que, predominantemente, son de acción rápida y cuyo límite umbral es más apropiado basarlo en esta respuesta

particular. La manera óptima de controlar las sustancias que tienen este tipo de respuesta es mediante un valor techo, que no se debe sobrepasar.

En las definiciones de concentraciones medias ponderadas en el tiempo y de valor techo, está implícito que la forma de muestreo para determinar la falta de conformidad con los límites de cada una de las sustancias puede ser diferente; una única muestra de corta duración que es válida para comparar con el valor techo, no lo es para comparar con la media ponderada en el tiempo. En este caso se necesita un número de muestras suficientes, tomadas a lo largo del ciclo completo operativo o del turno de trabajo, que permitan determinar la concentración media ponderada en el tiempo, representativa de la exposición.

Mientras que el valor techo establece un límite definido de concentraciones que no deben excederse, la media ponderada en el tiempo requiere un límite explícito de desviaciones que pueden superarse por encima de los valores límites umbrales fijados.

Hay que hacer notar, que estos mismos factores se aplican para las sustancias químicas, para determinar la magnitud de los valores de exposición de corta duración o para cuando se excluye o incluye el valor techo de una sustancia.

Límites de desviación

Para la inmensa mayoría de las sustancias que tiene Concentración Máxima Permisible ponderada en el tiempo, no se dispone de datos toxicológicos suficientes que garanticen un límite de exposición de corta duración. No obstante, se deben controlar las desviaciones o variaciones por encima de la Concentración Máxima Permisible ponderada en el tiempo, aún cuando su valor para ocho horas esté dentro de los límites recomendados.

Notación "Vía dérmica"

La designación de "vía dérmica" (v.d.) en la columna de Notaciones se refiere a la existencia de una contribución potencial significativa de la absorción por vía cutánea a la exposición total de esa sustancia. La absorción dérmica incluye las membranas mucosas y los ojos, ya sea por contacto con los vapores o, probablemente de mayor significación, por contacto directo de la sustancia con la piel. Las sustancias vehiculizantes presentes en las soluciones o en las mezclas también pueden aumentar significativamente la posible absorción dérmica.

Las propiedades de algunos materiales de provocar irritación, dermatitis y sensibilización en los trabajadores no se consideran relevantes a la hora de decidir la inclusión o no de la notación vía dérmica en una sustancia. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el desarrollo de una situación dermatológica puede afectar significativamente la posibilidad de la absorción dérmica.

Debido a que los datos cuantitativos que normalmente existen en relación con la absorción dérmica por los trabajadores, de gases, vapores y líquidos son relativamente limitados, se recomienda que la incorporación de los datos de los estudios de toxicidad aguda por vía dérmica y los de la dosis dérmica repetidas en animales y/o en humanos, junto con la capacidad de la sustancia para ser absorbida, pueden usarse para decidir la conveniencia de incluir la notación vía dérmica.

En general, cuando existan datos que sugieran que la capacidad de absorción por las manos y antebrazos durante la jornada laboral pudiera ser significativa, especialmente para las sustancias con CMP más bajos, se puede justificar la inclusión de la notación vía dérmica.

De los datos de toxicidad aguda por vía dérmica en animales para sustancias con DL_{50} relativamente baja (1.000 mg/kg de peso o inferior) se les podría asignar la notación vía dérmica. Se debe considerar la utilización de la notación vía dérmica cuando los estudios de aplicación dérmica repetida muestren efectos sistémicos significativos en el tratamiento continuado.

De la misma forma, se debe considerar el uso de esta notación cuando las sustancias químicas penetren fácilmente la piel (coeficiente de reparto octanol-agua elevado) y cuando la extrapolación de los efectos sistémicos a partir de otras vías de exposición, sugieren una absorción dérmica que puede ser importante en la toxicidad manifestada.

Las sustancias con notación "vía dérmica" y con un valor de CMP bajo, pueden presentar problemas especiales en los trabajos en los que las concentraciones del contaminante en el aire sean elevadas, particularmente en condiciones en las que haya una superficie considerable de piel expuesta durante un período prolongado de tiempo. En estas condiciones se pueden establecer precauciones especiales para reducir significativamente o excluir el contacto con la piel.

Para determinar la contribución relativa de la exposición dérmica a la dosis total se debe considerar el control biológico.

El propósito de la notación "vía dérmica" es el de alertar al usuario de que solamente el muestreo ambiental es insuficiente para cuantificar exactamente la exposición y que se deben establecer las medidas suficientes para evitar la absorción cutánea.

Notación "sensibilizante"

La designación de "SEN" en la columna de "Notaciones", se refiere a la acción potencial de un compuesto para producir sensibilización, confirmado por los datos en humanos o en animales. La notación SEN no implica que la sensibilización es el efecto crítico en el que está basado el establecimiento del valor límite umbral ni de que este efecto sea el único con relación al valor límite de ese compuesto.

Cuando existen datos de sensibilización hay que considerarlos cuidadosamente a la hora de recomendar un valor límite para ese compuesto. Los valores límites umbrales basados en la sensibilización pretendían proteger a los trabajadores de la inducción a este efecto y no intentaban proteger a los trabajadores que ya habían sido sensibilizados.

En los lugares de trabajo las exposiciones a compuestos sensibilizantes pueden ocurrir por las vías respiratoria, dérmica o conjuntiva. De un modo parecido, los sensibilizantes pueden evocar reacciones respiratorias, dérmicas o conjuntivales. Por ahora, esta notación no distingue la sensibilización entre cualquiera de estos órganos o sistemas.

La ausencia de la notación SEN no significa que el compuesto no pueda producir sensibilización, sino que puede reflejar la insuficiencia o ausencia de la evidencia científica en cuanto a este efecto.

La sensibilización ocurre frecuentemente por un mecanismo inmunológico, que no debe confundirse con otras condiciones o terminología como la hiperreactividad, susceptibilidad o sensibilidad. Inicialmente la respuesta a un compuesto sensibilizante pudiera ser pequeña o no existir.

Sin embargo, después de que la persona se ha sensibilizado, la exposición siguiente puede causar respuestas intensas aún a exposiciones de baja concentración (muy por debajo del valor límite umbral). Estas reacciones pueden ser una amenaza durante la vida o pueden tener una respuesta inmediata o retardada.

Los trabajadores que han sido sensibilizados a un compuesto en particular también pueden exhibir una reactividad cruzada a otros compuestos con estructura química similar. La reducción de la exposición a los sensibilizantes y a sus análogos estructurales, generalmente disminuye la incidencia de las reacciones alérgicas entre las personas sensibilizadas.

Sin embargo, para algunas personas sensibilizadas evitar por completo los lugares de trabajo y los no laborales con problemas de sensibilización, es la única forma de prevenir la respuesta inmune a los compuestos reconocidos como sensibilizantes y a sus análogos estructurales.

Los compuestos que tienen la notación SEN y un valor límite umbral bajo presentan un problema especial en los lugares de trabajo. Las exposiciones por las vías respiratoria, dérmica y conjuntiva deben reducirse significativamente o eliminarse utilizando los equipos de protección personal y las medidas de control adecuadas. La educación y el entrenamiento, por ejemplo, la revisión de los efectos potenciales para la salud, procedimientos de utilización seguros, información de emergencia, son también necesarios para aquellos que trabajan con compuestos sensibilizantes conocidos.

Mezclas

Consideración especial merece, asimismo, la aplicación de los valores límites umbrales al determinar los riesgos para la salud que puedan estar relacionados con la exposición a mezclas de dos o más sustancias. En el Apéndice C se dan algunas consideraciones básicas concernientes al desarrollo de las CMP para las mezclas y los métodos para su aplicación documentada con ejemplos concretos.

Materia particulada

Para la materia particulada sólida y líquida, los valores límites umbrales se expresan en términos de partículas totales, excepto cuando se utilice la denominación de inhalable y torácica o respirable, indicados en el listado de explicaciones y equivalencias de los símbolos.

Las definiciones de estas partículas se dan en el Apéndice D, "Criterios de muestreo selectivo por tamaño de partícula para aerosoles". El término de partículas totales se refiere a la materia aerotransportada muestreada con un cassette cerrado (se refiere a la utilización del cuerpo superior del cassette sin el tapón de protección) de 37 mm de diámetro.

Partículas (insolubles) no especificadas de otra forma (PNEOF).

Hay muchas sustancias con valor límite umbral, y otras muchas sin este valor, para las cuales no hay evidencia de efectos tóxicos específicos. Las que se presentan en forma particulada se han denominado tradicionalmente como "polvo molesto".

Aunque estos compuestos pueden no causar fibrosis o efectos sistémicos, no son biológicamente inertes. Por otra parte, las concentraciones elevadas de la materia particulada no tóxica se las ha asociado ocasionalmente con situaciones fatales conocidas como proteinosis alveolar.

A concentraciones más bajas pueden inhibir el aclaramiento de las partículas tóxicas de los pulmones al disminuir la movilidad de los macrófagos alveolares. Por consiguiente, se recomienda utilizar el término Partículas (insolubles) no especificadas de otra forma (PNEOF) para subrayar que todos estos compuestos son potencialmente tóxicos sin sacar la consecuencia de que son peligrosos a todas las concentraciones de exposición.

Las partículas clasificadas como PNEOF son aquellas que no tienen amianto y menos del 1% de sílice cristalina. Para reconocer los efectos adversos de la exposición a esta materia particulada no tóxica se establecen y se incluyen en la lista de los valores límites umbrales adoptados una CMP de 10 mg/m³ para las partículas inhalables y de 3 mg/m³ para las respirables.

Asfixiantes Simples gases o vapores "inertes"

Diversos gases y vapores actúan primordialmente sólo como asfixiantes sin más efectos fisiológicos significativos cuando están presentes a altas concentraciones en el aire. No es posible recomendar un valor límite umbral para cada asfixiante simple porque el factor limitador es el oxígeno (O₂) disponible.

En condiciones normales de presión atmosférica (equivalente a una presión parcial, pO₂, de 135 torr), el contenido mínimo de oxígeno debe ser el 18% en volumen. Las atmósferas deficientes en O₂ no proporcionan signos de alarma adecuados y la mayoría de los asfixiantes simples son inodoros. Por otro lado, varios asfixiantes simples suponen un peligro de explosión, factor que debe tomarse en cuenta al limitar la concentración del asfixiante.

Indices Biológicos de Exposición (BEI)

Se incluye en la columna de "notaciones" de la lista de valores adoptados, la indicación "BEI" cuando también se recomienda esta determinación para la sustancia en concreto. Se debe establecer el control biológico para las sustancias que tengan un indicador biológico de exposición, para evaluar la exposición total proveniente de todas las fuentes, incluida la dérmica, la ingestión y la no laboral.

Factores Físicos

Está admitido que factores físicos, tales como el calor, la radiación ultravioleta y la ionizante, la humedad, la presión, la altitud, etc. pueden aumentar la agresión a la que se ve sometido el cuerpo, por lo que pueden producirse alteraciones en los efectos derivados de la exposición a un valor límite.

La mayoría de estos factores actúan negativamente aumentando la respuesta tóxica de una sustancia. Aunque la mayoría de los valores límites llevan incorporados factores de incertidumbre para proteger contra los efectos adversos ante desviaciones moderadas de los medios ambientales normales, los factores de incertidumbre de la mayoría de las sustancias no alcanzan una magnitud que justifique cubrir las desviaciones fuertes.

Así, por ejemplo, el trabajo continuo fuerte a temperaturas por encima de los 25°C Temperatura de globo bulbo húmedo, o la realización de más de 25% de horas extraordinarias a lo largo de la semana laboral, podrían considerarse como desviaciones fuertes.

En tales casos, hay que actuar con prudencia al efectuar los reajustes adecuados de los valores límite.

Sustancias no indicadas en la lista

La Tabla de Concentraciones Máximas Permisibles, no es de ninguna manera una lista completa de todas las sustancias peligrosas ni de las sustancias peligrosas utilizadas en la industria. Para un gran número de sustancias de toxicidad conocida no hay datos o son insuficientes para utilizarlos en el establecimiento de los valores límites umbrales.

Las sustancias que no están en la lista de CMP no deben ser consideradas como no peligrosas o no tóxicas. Cuando en un puesto de trabajo aparece una sustancia que no está en la presente lista, se debe revisar la bibliografía médica y científica para identificar los efectos potencialmente tóxicos y peligrosos.

También es aconsejable realizar estudios preliminares de toxicidad. En cualquier caso, es necesario estar alerta a los efectos adversos para la salud en los trabajadores que puedan estar implicados en el uso de sustancias nuevas.

Turnos de trabajo con horario especial

La aplicación de los CMP a trabajadores con turnos marcadamente diferentes de la jornada laboral de las 8 horas por día, 40 horas semanales, requiere una consideración particular si se quiere proteger a estos trabajadores en la misma medida que se hace con los que realizan una jornada normal de trabajo.

Conversión de los valores CMP en ppm a mg/m³

TABLA DE CONCENTRACIONES MAXIMAS PERMISIBLES

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
+ Aceite mineral, + nieblas		(5) P	mg/m ³	(10)	mg/m ³	—	—	Pulmón
Aceite vegetal, nieblas ^(N)		10	mg/m ³	—	—	—	—	Pulmón
Acetaldehído	75-07-0	—	—	C 25	ppm	A3	44,05	Iritación
Acetato de bencilo	140-11-4	10	ppm	—	—	A4	150,18	Iritación
Acetato de n-butilo	123-86-4	150	ppm	200	ppm	—	116,16	Iritación
Acetato sec-butilo	105-46-4	200	ppm	—	—	—	116,16	Iritación
Acetato de ter-butilo	540-88-5	200	ppm	—	—	—	116,16	Iritación
Acetato de etilo	141-78-6	400	ppm	—	—	—	88,10	Iritación
Acetato de 2 etoxietilo (EGEEA)	111-15-9	5	ppm	—	—	BEI, vd.	132,16	Reproducción
Acetato de sec-hexilo	108-84-9	50	ppm	—	—	—	144,21	Iritación
Acetato de isobutilo	110-19-0	150	ppm	—	—	—	116,16	Iritación
+Acetato de + isopropilo	108-21-4	(250)	ppm	(310)	ppm	—	102,13	Iritación
Acetato de metilo	79-20-9	200	ppm	250	ppm	—	78,04	Iritación, narcosis
Acetato de 2-metoxietilo (EGMEA)	110-49-6	5	ppm	—	—	BEI, vd.	118,13	Sangre, reproducción, SNC
Acetato de pentilo (todos los isómeros)	628-63-7; 626-38-0; 123-92-2; 625-16-1; 624-41-9; 620-11-1	50	ppm	100	ppm	—	130,20	Iritación

Los valores de los valores límites umbral para gases y vapores se dan generalmente en partes por millón de sustancia por volumen de aire (ppm). Para facilitar la conversión a mg/m³, se dan los pesos moleculares de las sustancias en la columna correspondiente de las listas de valores adoptados.

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Acelato de n-propilo	109-60-4	200	ppm	250	ppm	—	102,13	Iritación
Acelato de vinilo	108-05-4	10	ppm	15	ppm	A3	96,09	Iritación
Acetileno	74-86-2			Asfixiante simple(D)			26,02	Asfixia
Acetofenona	98-86-2	10	ppm	—	—	—	120,15	Iritación, ocular
Acetona	67-64-1	500	ppm	750	ppm	A4; BEI	98,05	Iritación
+ Acetobrilto	75-05-8	(40)	ppm	(60)	ppm	(-); A4	41,05	Pulmón, anoxia
Acido acético	64-19-7	10	ppm	15	ppm	—	60,00	Iritación
Acido acetilsalicílico (aspirina)	50-78-2	5	mg/m ³	—	—	—	180,15	Sangre
Acido acético	64-19-7	10	ppm	15	ppm	—	60,00	Iritación
Acido acrílico	79-10-7	2	ppm	—	—	A4, v.d.	72,06	Iritación, reproducción
Acido adipico	124-04-9	5	mg/m ³	—	—	—	146,14	Neurotoxicidad, GI, Iritación
Acido 2 - cloropropiónico	598-78-7	0,1	ppm	—	—	v.d.	108,53	Iritación, reproducción
Acido 2,2 - dloropropiónico	75-99-0	5 (l)	mg/m ³	—	—	A4	142,07	Iritación
Acido fórmico	64-18-6	5	ppm	10	ppm	—	46,02	Iritación
Acido fosfórico	7664-38-2	1	mg/m ³	—	3mg/m ³	—	98,00	Iritación
Acido metacrílico	79-41-4	20	ppm	—	—	—	86,09	Iritación
Acido nítrico	7697-37-2	2	ppm	4	ppm	—	63,02	Iritación, corrosión, edema pulmón
Acido oxálico	144-62-7	1	mg/m ³	2	mg/m ³	—	90,04	Iritación, lesión piel
Acido picrico	88-89-1	0,1	mg/m ³	—	—	—	229,11	Dermatitis, irritación, ocular, sensibilización
Acido propiónico	79-09-4	10	ppm	—	—	—	74,06	Iritación
+ Acido sulfúrico	7664-93-9	(1)	mg/m ³	(3)	mg/m ³	A2 ⁽⁶⁾	08,08	Iritación, cáncer (larínge)
Acido levulínico	100-21-0	10	mg/m ³	—	—	—	166,13	Pulmón, aparato urinario
Acido logilicólico	68-11-1	1	ppm	—	—	v.d.	82,12	Iritación
Acido lindroacético	76-03-9	1	ppm	—	—	A4	183,39	Iritación
Acrlamida	79-06-1	0,03	mg/m ³	—	—	A3	71,08	SNC, dermatitis
Acrlato de n-butilo	141-32-2	2	ppm	—	—	SEN, A4	128,17	Iritación, reproducción
Acrlato de etilo	140-88-5	5	ppm	15	ppm	A4	100,11	Iritación, cáncer, sensibilización
Acrlato de 2- hidroxipropilo	999-61-1	0,5	ppm	—	—	SEN, v.d.	130,14	Iritación
Acrlato de metilo	96-33-3	2	ppm	—	—	A4, v.d., SEN	86,09	Iritación
Acrlonitrilo	107-13-1	2	ppm	—	—	A3, v.d.	53,05	Cáncer
Acrolina	107-02-8	—	—	C 0,1	ppm	A4, v.d.	56,06	Iritación, edema pulmonar
Adiponitrilo	111-69-3	2	ppm	—	—	v.d.	108,10	Pulmón
+ Aguarrás	8006-64-2	100	ppm	—	—	(-)	136,00	Iritación
Alcantor sintético	76-22-2	2	ppm	4	ppm	A4	152,23	Iritación, anoxia
Alcohol alílico	107-18-06	0,5	ppm	—	—	v.d., A4	58,08	Iritación
Alcohol butilílico	98-00-0	10	ppm	15	ppm	v.d.	98,10	Iritación
Alcohol isoamílico	123-51-3	100	ppm	125	ppm	—	88,15	Iritación
Alcohol isobutílico	78-63-1	50	ppm	—	—	—	74,12	Iritación, ocular
Alcohol isooctílico	26952-21-6	50	ppm	—	—	v.d.	130,23	Iritación
Alcohol propargílico	107-19-7	1	ppm	—	—	v.d.	56,06	Iritación, hígado, riñón
Aldehído n-valeriano	110-62-3	50	ppm	—	—	—	86,13	Iritación
Aldrin	309-00-2	0,25	mg/m ³	—	—	A3, v.d.	364,03	Hígado
Algodón en rama, polvo		0,2 ⁽²⁾	mg/m ³	—	—	—	—	Pulmón, bisinosis
Almidón	9005-25-8	10	mg/m ³	—	—	A4	—	Dermatitis, pulmón
Alquitrán de hulla Compuestos volátiles, como solubras en benceno	65996-03-2	0,2	mg/m ³	—	—	A1	—	Cáncer
Aluminio y compuestos como Al	7429-90-5							
Alquitos (NEOF)		2	mg/m ³	—	—	—	—	Iritación
Humos de soldadura		5	mg/m ³	—	—	B2	—	Iritación
Metal en polvo		10	mg/m ³	—	—	—	26,98	Iritación
Povos de Aluminoterminia		5	mg/m ³	—	—	—	—	Pulmón
Sales Solubles		2	mg/m ³	—	—	—	—	Iritación
Amianto todas las formas	1332-21-4	0,1(F)	Floc	—	—	A1	No aplicable	Asbestosis, cáncer
4-Aminodifenilo	92-67-1	(-L)	—	—	—	A1, v.d.	169,23	Cáncer (vejiga)
2-Aminopiridina	504-29-0	0,5	ppm	—	—	—	91,11	SNC

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Amitrol (3-Amino.1, 2, 4-triazol)	61-82-5	0,2	mg/m ³	—	—	A3	84,08	Reproducción, tiroides
Amoniaco	7664-41-7	25	ppm	35	ppm	—	17,03	Irritación
Anhidrido Acético	108-24-7	5	ppm	—	—	—	102,9	Irritación
Anhidrido itálico	85-44-9	1	ppm	—	—	A4, SEN	148,11	Irritación
Anhidrido maleico	108-31-6	0,1	ppm	—	—	A4, SEN	96,06	Irritación, asma
Anhidrido trimelítico	552-30-7	—	—	C 0,04	mg/m ³	—	102,12	Hemorragia (pulmón) inmunotoxicidad, sensibilización.
Anilina	62-53-3	2	ppm	—	—	A3, BEI, v.d.	93,12	Anoxia
o-Anisidina	90-04-0	0,1	ppm	—	—	A3, v.d.	123,15	Anoxia
p-Anisidina	104-94-9	0,1	ppm	—	—	A4, v.d.	123,15	Anoxia
Antimonio y compuestos, como Sb	7440-36-0	0,5	mg/m ³	—	—	—	121,75	Irritación, pulmón, SCV
ANTU	86-88-4	0,3	mg/m ³	—	—	A4	202,27	Pulmón, irritación
Argón	7440-37-1	—	—	ASFIXIANTE SIMPLE (D)	—	—	30,95	Asfixia
+Arsenamina +	7784-42-1	(0,05)	ppm	—	—	(-)	77,95	Sangre, riñón
Arseniato de plomo como Pb3 (AsO ₄) ₂	3687-31-6	0,15	mg/m ³	—	—	BEI	347,13	SNC, anemia, riñón, reproducción.
Arsénico y compuestos inorgánicos, como As	7440-39-2	0,01	mg/m ³	—	—	A1, BEI	74,92 variable	Cáncer (pulmón, piel), pulmón
Asfalto (brea) humos como aerosol soluble en benceno	8062-42-4	0,5 (l)	mg/m ³	—	—	A4	—	Irritación
Atrazina	1912-24-9	5	mg/m ³	—	—	A4	216,06	Irritación
Azida sódica	26628-22-8	—	—	—	—	—	65,02	—
Como azida sódica	—	—	—	C 0,29	mg/m ³	A4	—	SNC, SCV, pulmón
Como ácido hidrazoico, vapor	—	—	—	C 0,11	ppm	A4	—	SNC, SCV, pulmón
Bario y compuestos solubles como Ba	7440-39-3	0,5	mg/m ³	—	—	A4	137,30	Irritación, GI, músculos
Benceno	71-43-2	0,5	ppm	2,5	ppm	A1, BEI, v.d.	78,11	Cáncer
Bencidina	92-87-5	-(L)	—	—	—	A1, v.d.	184,23	Cáncer (vejiga)
Benomyl	17804-35-2	10	mg/m ³	—	—	A4	290,32	Dermatitis, irritación, reproducción
Benzo (a) antraceno	56-55-3	-(L)	—	—	—	A2	238,3	Cáncer

Benzo (b) fluoranteno	205-99-2	-(L)	—	—	—	A2	252,30	Cáncer
Benzo (a) pireno	50-32-8	-(L)	—	—	—	A2	252,30	Cáncer
+ Berilio + y compuestos como Be	7440-41-7	(0,002)	mg/m ³	(0,01)	mg/m ³	A1, (-)	9,01	Cáncer (pulmón) beriliosis
Bifenilo	92-52-4	0,2	ppm	—	—	—	154,20	Pulmón
Bisulfito Sódico	7631-90-5	5	mg/m ³	—	—	A4	104,07	Irritación
Bromacido	314-40-9	10	mg/m ³	—	—	A3	261,11	Irritación
Bromo	77-26-95-6	0,1	ppm	0,2	ppm	—	159,81	Irritación
Bromoforno	75-25-2	0,5	ppm	—	—	A3, v.d.	262,80	Irritación, hígado
Bromuro de etilo	74-96-4	5	ppm	—	—	A3, v.d.	108,98	Hígado, riñón, SCV
Bromuro de Hidrógeno	10036-10-6	—	—	C3	ppm	—	80,92	Irritación
Bromuro de metilo	74-83-0	1	ppm	—	—	A4, v.d.	94,95	Irritación
Bromuro de vinilo	593-60-2	0,5	ppm	—	—	A2	106,96	Cáncer, hígado, SNC
1,3 Butadieno	106-99-0	2	ppm	—	—	A2	54,09	Cáncer
Butano	106-97-8	800	ppm	—	—	—	58,12	Narcosis
+ n-Butanol +	71-36-3	—	—	(C50)	ppm	(v.d.)	74,12	Irritación, olobofoco, ocular
Sec- Butanol	78-92-2	100	ppm	—	—	—	74,12	Irritación, narcosis, olobofoco
Ter-Butanol	75-65-0	100	ppm	—	—	A4	74,12	Narcosis, irritación
n-Butilamina	109-73-9	—	—	C 5	ppm	v.d.	73,14	Irritación
o-sec-Butilfenol	80-72-5	5	ppm	—	—	v.d.	150,22	Irritación
n-Butilmercaptano	100-79-5	0,5	ppm	—	—	—	90,19	SNC, Irritación, Reproducción.
p-ter-Butilolueno	98-51-1	1	ppm	—	—	—	148,18	Irritación, SNC, SCV
+ 2-Butoxietanol + (EGBE)	111-76-2	20	ppm	—	—	(v.d.)	118,17	Irritación, SNC
Cadmio y compuestos como Cd	7440-43-9	0,01 0,002 ^b	mg/m ³ mg/m ³	—	—	A2, BEI A2, BEI	112,40 VARIABLE	Riñón
Carbénico clorado (Toxafeno)	8001-35-2	0,5	mg/m ³	1	mg/m ³	A3, v.d.	414,00	Convulsiones, hígado
Cacilin	1332-58-7	2 ^{FE, R}	mg/m ³	—	—	A4.	—	Neumococis

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
+Caprolactama + (Partículas) (Vapor)	106-60-2						113,16	Iritación
		(1)	mgm ⁻³	(3)	mgm ³	(A4)		
		(5)	ppm	(10)	ppm	(A4)		
Captafol	2425-06-1	0,1	mgm ³	—	—	A4, v.d.	349,06	Dermatitis, sensibilización
+Caplan	133-06-2	(5)	mgm ³	—	—	A3, (-)	300,60	Iritación
+Carbaryl	63-25-2	5	mgm ³	—	—	A4	201,20	Colinérgico, reproducción
Carbolfuran	1563-66-2	0,1	mgm ³	—	—	A4	221,30	Colinérgico
Carbón, polvo								
Antracita		0,4 (R)	mgm ³	—	—	A4		Fibrosis pulmonar, función pulmonar
Bituminoso		0,9 (R)	mgm ³	—	—	A4		Fibrosis pulmonar, función pulmonar
+Carbonato de Calcio +	1317-85-3	10 (E)	mgm ³	—	—	—	100,00	Iritación
Carburo de silicio	409-21-2	(10) (E)	mgm ³	—	—	(A4)	40,10	Pulmón
Catecol	120-80-9	5	ppm	—	—	A3, v.d.	110,11	Iritación, SNC, pulmón
Celulosa	9004-34-6	10	mgm ³	—	—	—	No aplicable	Iritación
Cemento Portland	85997-15-1	10 (E)	mgm ³	—	—	—	—	Iritación, Dermatitis
Cera de parafina, humos	8002-74-2	2	mgm ³	—	—	—	—	Iritación
Cereales (avena, trigo, cebada) polvo		4 (E)	mgm ³	—	—	—	No aplicable	Iritación, bronquitis, función pulmonar
Cetano	463-51-4	0,5	ppm	1,5	ppm	—	42,04	Iritación pulmonar, edema pulmonar
Cianamida	420-04-2	2	mgm ³	—	—	—	42,04	Iritación
Cianamida cálcica	156-62-7	0,5	mgm ³	—	—	A4	80,11	Iritación, dermatitis
Cianhidrina de la acetona, como CN	75-86-5	—	—	C47	ppm	v.d.	85,10	SNC, anoxia
Cianocribato de etilo	7085-85-0	0,2	ppm	—	—	—	125,12	Iritación, narcosis

2-Cianoacrilato de metilo	137-06-3	0,2	ppm	—	—	—	111,10	Iritación, dermatitis
Cianógeno	460-19-5	10	ppm	—	—	—	52,04	Iritación
Cianuro de hidrógeno y sales de cianhidrico como CN								SNC, Iritación, anoxia, pulmón líricides
Cianuro de hidrógeno	74-90-8	—	—	C4,7	ppm	v.d.	27,03	
Sales de cianuro	592-01-8	—	—	C5	mgm ³	v.d.	Variable	
+Ciclohexano +	110-82-7	(300)	ppm	—	—	—	84,16	Iritación
Ciclohexanol	108-93-0	50	ppm	—	—	v.d.	100,16	Iritación, SNC,
Ciclohexanona	108-94-1	25	ppm	—	—	A4, v.d.	94,18	Iritación, hígado
Ciclohexeno	110-83-6	300	ppm	—	—	—	82,14	Iritación
Ciclohexilamina	108-91-8	10	ppm	—	—	A4	99,17	Iritación
Ciclorita	121-82-4	0,5	mgm ³	—	—	A4, v.d.	222,26	Iritación, SNC, hígado, sangre
Ciclopentadieno	542-92-7	75	ppm	—	—	—	66,10	Iritación
Ciclopentano	287-92-3	600	ppm	—	—	—	70,13	Iritación, narcosis
Cifoxestano	13121-70-5	5	mgm ³	—	—	A4	365,16	Iritación,
Circonio y compuestos como Zr	7440-67-7	5	mgm ³	10	mgm ³	A4	91,22	Pulmón
Clopidol	2971-90-6	10	mgm ³	—	—	A4	192,06	Iritación
Clordano	57-74-9	0,5	mgm ³	—	—	A3, v.d.	409,80	Convulsiones, hígado
Clorhidrina etilénica	107-07-3	—	—	C 1	ppm	A4, v.d.	80,52	Iritación, hígado, riñón, GI, SCV, SNC
Cloro	7782-50-5	0,5	ppm	1	ppm	A4	70,91	Iritación
Cloroacetaldehído	107-20-0	—	—	C 1	ppm	—	78,50	Iritación
2- Cloracetofenona	532-27-4	0,06	ppm	—	—	A4	154,50	Iritación, sensibilización
Cloroacelona	78-95-5	—	—	C 1	ppm	v.d.	92,53	Iritación
Clorobenceno	108-90-7	10	ppm	—	—	A3, BEI	112,56	Hígado
o-Clorobencideno malonitrilo	2688-41-1	—	—	C 0,05	ppm	A4, v.d.	188,61	Iritación
Clorobromometano	74-97-5	200	ppm	—	—	—	129,39	SNC, hígado

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Clorodifenilo (42% Cl)	53469-21-9	1	mg/m ³	—	—	v.d.	266,50	Iritación, cloracné, hígado
Clorodifenilo (54% Cl)	11097-69-1	0,5	mg/m ³	—	—	A3, v.d.	328,40	Iritación, cloracné, hígado
Clorodifluorometano	75-45-6	1.000	ppm	—	—	A4,	86,47	SCV
o-Cloroestireno	2039-87-4	50	ppm	75	ppm	—	138,60	Hígado, riñón, SNC, neurotóxico
Cloroformo	67-66-3	10	ppm	—	—	A3,	119,38	Hígado, reproducción
1-Cloro-1-Nitropropano	600-25-9	2	ppm	—	—	—	123,54	Iritación, hígado, pulmón
Cloropentafluorometano	76-15-3	1000	ppm	—	—	—	154,47	SCV
Cloropicrina	76-06-2	0,1	ppm	—	—	A4	164,39	Iritación, pulmón
β-Cloropireno	126-99-8	10	ppm	—	—	v.d.	86,54	Iritación, hígado reproducción
o-Clorobluano	95-49-8	50	ppm	—	—	—	126,50	Iritación
+ Clorpirifos +	2921-89-2	(0,2)	mg/m ³	—	—	A4, BEI, v.d.	350,57	Colinérgico
Cloruro de alilo	107-06-1	1	ppm	2	ppm	A3	76,50	Hígado
Cloruro amónico, humos	12125-02-9	10	mg/m ³	20	mg/m ³	—	53,50	Iritación
Cloruro de bencilo	100-44-7	1	ppm	—	—	A3	126,58	Iritación, pulmón
Cloruro de benzilo	98-88-4	—	—	C 0,5	ppm	A4	140,57	Iritación
Cloruro de cianógeno	506-77-4	—	—	C 0,3	ppm	—	61,48	Iritación, función pulmonar
Cloruro de cinc, humos	764-6-85-7	1	mg/m ³	2	mg/m ³	—	136,29	Iritación, edema pulmonar
Cloruro de cloroacetilo	79-04-9	0,05	ppm	0,15	ppm	v.d.	112,95	Iritación, pulmón
Cloruro de cromilo	14977-61-8	0,025	ppm	—	—	—	154,02	Riñón, hígado, sistema respiratorio
Cloruro de dimetil carbonilo	79-44-7	-(L)	—	—	—	A2	107,54	Cáncer (pulmón)
Cloruro de etilo	75-00-3	100	ppm	—	—	A3, v.d.	64,52	Hígado SNC
Cloruro de hidrógeno	7647-01-0	—	—	C 5	ppm	—	36,47	Iritación, corrosión

Cloruro de metilo	74-87-3	50	ppm	100	ppm	A4, v.d.	50,49	Riñón SNC, reproducción
Cloruro de tionilo	7719-09-7	—	—	C1	ppm	—	118,98	Iritación
Cloruro de virilideno	75-35-4	5	ppm	—	—	A4	96,96	Hígado, riñón, SNC
Cloruro de virilio	75-01-4	1	ppm	—	—	A1	62,50	Cáncer (hígado)
Cobalto, y compuestos inorgánicos, como Co	7440-48-4	0,02	mg/m ³	—	—	A3, BEI	58,93 variable	Asma pulmonar, SCV
Cobalto carbonilo como Co	10210-68-1	0,1	mg/m ³	—	—	—	341,94	Edema pulmonar
Cobalto hidrocarbonilo como Co	16842-03-8	0,1	mg/m ³	—	—	—	171,98	Edema pulmonar
Cobre	7440-50-8	—	—	—	—	—	63,55	Iritación, GI, fiebre del metal
Humos		0,2	mg/m ³	—	—	—		
Polvo y niebla, como Cu		1	mg/m ³	—	—	—		
Cresol. Todos los isómeros	1319-77-3 95-48-7; 106-39-4 106-44-5	5	ppm	—	—	v.d.	108,14	Dermatitis, irritación SNC
Criseno	218-01-9	—(L)	—	—	—	A3	228,30	Piel
Cromato cálcico como Cr	13765-19-0	0,001	mg/m ³	—	—	A2	156,09	Cáncer
Cromato de estroncio como CR	7789-06-2	0,0005	mg/m ³	—	—	A2	203,61	Cáncer (pulmón)
Cromato de plomo	7758-07-6	—	—	—	—	—	323,22	Cáncer, SCV, reproducción
Como Pb		0,05	mg/m ³	—	—	A2, BEI		
Como Cr		0,012	mg/m ³	—	—	A2		
Cromato de ter-Butilo, como CR	1189-85-1	—	—	C 0,1	mg/m ³	v.d.	230,22	Iritación, pulmón
Cromatos de Zinc como Cr	13530-65-9 11103-86-9 37300-23-5	0,01	mg/m ³	—	—	A1	Variable	Cáncer (pulmón)
Cromita tratamiento del mineral (cromato) como Cr		0,05	mg/m ³	—	—	A1	—	Cáncer (pulmón)
Cromo y compuestos inorgánicos, como Cr	7440-47-3	—	—	—	—	—	—	—
Metal y compuestos de Cr (III)		0,5	mg/m ³	—	—	A4	Variable	Iritación, dermatitis
Compuestos de Cr (VI) solubles en agua		0,05	mg/m ³	—	—	A1, BEI	Variable	Hígado, riñón, sistema respiratorio

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Compuestos de Cr (VI) insolubles		0,01	mg/m ³	—	—	A1	Variable	Cáncer, irritación
Crotonaldehído	4170-30-3	—	—	C 0,3	ppm	A3 v.d.	70,09	Irritación
Crotonale	299-86-5	5	mg/m ³	—	—	A4, BEI	291,71	Colinérgico
Cumeno	98-82-8	60	ppm	—	—	—	120,19	Irritación, SNC
2,4-D	94-75-7	10	mg/m ³	—	—	A4	221,04	Irritación
DDT (Diclorodifeniltri-cloretano)	50-29-3	1	mg/m ³	—	—	A3	354,50	Convulsiones, hígado
Decaborano	17702-41-0	0,05	ppm	0,15	ppm	v.d.	122,31	SNC, función pulmonar
+ Demeton +	8065-48-3	(0,01)	ppm	—	—	BEI, v.d.	258,34	Colinérgico
Diacetona alcohol	123-42-2+	50	ppm	—	—	—	116,16	Irritación
+ Diazinon +	333-41-5	(0,1)	mg/m ³	—	—	A4, BEI, v.d.	304,36	Colinérgico
Diazometano	334-88-3	0,2	ppm	—	—	A2	42,04	Irritación, cáncer (pulmón)
Diborano	19287-45-7	0,1	ppm	—	—	—	27,69	SNC, función pulmonar
Dibromuro de etileno	106-93-4	—	—	—	—	A3, v.d.	187,88	Irritación, hígado, riñón
2-N-Dibutilaminoetanol	102-81-8	0,5	ppm	—	—	v.d.	173,29	Irritación, colinérgico
+ Dichlorvos +	62-73-7	(0,9)	mg/m ³	—	—	A4, BEI, v.d. (-)	220,08	Colinérgico
Diclopentadieno	77-73-6	5	ppm	—	—	—	132,21	Irritación
Dicloroacetileno	7572-29-4	—	—	C 0,1	ppm	A3	94,93	GI, neurotoxicidad, irritación
o-Diclorobenceno	95-50-1	25	ppm	50	ppm	A4	147,01	Irritación, hígado
p-Diclorobenceno	106-46-7	10	ppm	—	—	A3	147,01	Irritación, riñón
3,3'-Diclorobencidina	91-94-1	—	—	—	—	A3, v.d.	253,13	Irritación, dermatitis
1,4-Dicloro-2-buteno	764-41-0	0,005	ppm	—	—	A2, v.d.	124,09	Cáncer, irritación
Diclorodifluorometano	75-71-8	1000	ppm	—	—	A4	98,97	SCV
1,3-Dicloro-5,5-Dimetilhidantoina	118-52-5	0,2	mg/m ³	0,4	mg/m ³	—	197,03	Irritación
1,1-Dicloroetano	75-34-3	100	ppm	—	—	A4	97,97	Hígado, riñón, irritación
1,2-Dicloroetano todos los isómeros	540-59-0; 156-59-2; 156-60-5	200	ppm	—	—	—	96,96	Hígado

Diclorofluorometano	75-43-4	10	ppm	—	—	—	102,92	Hígado
Diclorometano	75-09-2	50	ppm	—	—	A3, BEI	84,93	SNC, anoxia
1,1-Dicloro-1-nitroetano	594-72-9	2	ppm	—	—	—	143,96	Irritación
1,3-Dicloropropano	542-75-6	1	ppm	—	—	A3, v.d.	110,98	Irritación
Diclorotetrafluoroetano	76-14-2	1000	ppm	—	—	A4	170,93	SCV, narcosis, asfixia
Dicloruro de etileno	107-06-2	10	ppm	—	—	A4	98,96	Hígado, narcosis
Dicloruro de propileno	78-87-5	75	ppm	110	ppm	A4	112,99	Irritación, SNC, hígado, riñón
+ Dicrotofos +	141-66-2	(0,25)	mg/m ³	—	—	A4, BEI, v.d.	237,21	Colinérgico
Dieldrin	60-57-1	0,25	mg/m ³	—	—	A4, v.d.	380,93	Hígado, SNC
Dietilalanina	111-42-2	2	mg/m ³	—	—	v.d.	105,14	Hígado, riñón, sangre
Dietilamina	109-89-7	5	ppm	15	ppm	A4, v.d.	73,14	Irritación
2-Dietilaminoetanol	100-37-8	2	ppm	—	—	v.d.	117,19	Irritación, SNC
Dietilcetona	96-22-0	200	ppm	300	ppm	—	86,13	Irritación, narcosis
Dietilentriamina	111-40-0	1	ppm	—	—	v.d.	103,17	Irritación, sensibilización
Dienilamina	122-39-4	10	mg/m ³	—	—	A4	169,24	Hígado, riñón, sangre
Difluorodibromometano	75-61-6	100	ppm	—	—	—	209,83	Irritación, hígado, SNC
Difluoruro de oxígeno	7783-41-7	—	—	C 0,05	ppm	—	54,00	Irritación, riñón
Dihidrocloruro de pipericina	142-64-3	5	mg/m ³	—	—	—	159,05	Irritación, lesión piel, asma, sensibilización
Disobutilditona	106-83-8	25	ppm	—	—	—	142,23	Irritación
Disocianato de hexametileno	822-06-0	0,005	ppm	—	—	—	168,22	Irritación, sensibilización
Disocianato de isoforona	4008-71-9	0,005	ppm	—	—	—	222,30	Dermatitis, asma, sensibilización
+ Disocianato de 2,4 + tolueno (TDI)	584-84-0	0,005	ppm	0,02	ppm	A4 (-)	174,15	Irritación sensibilización
Disopropilamina	108-18-9	5	ppm	—	—	v.d.	101,19	Visión, irritación
N-N Dimetilacetamida	127-19-5	10	ppm	—	—	BEI, v.d.	87,12	Reproducción, hígado
Dimetilamina	124-40-3	5	ppm	15	ppm	A4	45,06	Irritación
Dimetilaminina (N-N Dimetilaminina)	121-69-7	5	ppm	10	ppm	A4, BEI, v.d.	121,18	Anoxia, neurotoxicidad
Dimetilbisulano	14857-34-2	0,5	ppm	1,5	ppm	—	104,20	Irritación, dolor de cabeza

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Dimetilformamida	68-12-2	10	ppm	—	—	A4, BEI, v.d.	73,09	Higado
1,1 Dimetilhidracina	57-14-7	0,01	ppm	—	—	A3, v.d.	60,12	Irritación, neoplasia
Dinitilimide	148-01-6	5	mg.m ⁻³	—	—	A4	225,16	Irritación, higado
Dinitrato de etilenglicol (EGDN)	628-96-6	0,06	ppm	-	-	v.d.	152,06	SCV
Dinitrato de propilenglicol	6423-43-4	0,06	ppm	-	-	BEI, v.d.	166,09	SCV dolor de cabeza, SNC, anoxia
Dinitrobenzeno (todos los isómeros)	528-29-0; 98-65-0; 100-25-4	0,15	ppm	-	-	BEI, v.d.	168,11	Anoxia
Dinitro-o-cresol	534-52-1	0,2	mg.m ⁻³	-	-	v.d.	198,13	Trastornos metabólicos
Dinitrotolueno	25321-14-6	0,2	mg.m ⁻³	-	-	A3, BEI, v.d.	182,15	SCV, reproducción
1,4 Dioxano	123-91-1	20	ppm	-	-	A3, v.d.	88,10	Higado, riñón, irritación
+Dioxalhon +	78-34-2	(0,2)	mg.m ⁻³	-	-	A4, BEI, v.d.	456,54	Colnérgico
Dióxido de azufre	7446-09-5	2	ppm	5	ppm	A4	64,07	Irritación
Dióxido de carbono	124-38-0	5000	ppm	30000	ppm	-	44,01	Asfixia
Dióxido de cloro	10049-04-4	0,1	ppm	0,3	ppm	-	67,46	Irritación, bronquitis
Dióxido de nitrógeno	10102-44-0	3	ppm	5	ppm	A4	46,01	Irritación, edema pulmonar
Dióxido de titanio	13463-67-7	10	mg.m ⁻³	-	-	A4	79,90	Pulmón
Dióxido de vinilciclohexano	106-87-6	0,1	ppm	-	-	A3, v.d.	140,18	Irritación, dermatitis, reproducción
Dipropilcetona	123-19-3	50	ppm	-	-	-	114,80	Irritación, higado, riñón, neurotoxicidad
Diquat	2784-72-9	0,5 (I) 0,1 (R)	mg.m ⁻³ mg.m ⁻³	-	-	A4, v.d. A4, v.d.	344,07	Irritación, ojos Irritación, ojos
Disolvente de caucho (nafsa)	8030-30-6	400	ppm	-	-	-	97 media	Irritación, SNC
Disolvente Stoddard	8062-41-3	100	ppm	-	-	-	140,00	Irritación, narcois, riñón
Disulfiram	97-77-8	2	mg.m ⁻³	-	-	A4	206,54	GI, SCV
+Disulfotón +	298-04-4	(0,1)	mg.m ⁻³	-	-	BEI, v.d. (-)	274,38	Colnérgico
Disulfuro de alilpropilo	2179-59-1	2	ppm	3	ppm	-	148,16	Irritación
Disulfuro de carbono	75-15-0	10	ppm	-	-	BEI, v.d.	76,14	SCV, SNC
Diurón	330-54-1	10	mg.m ⁻³	-	-	A4	233,10	Irritación, sangre
Divinilbenzeno	1321-74-0	10	ppm	-	-	-	130,19	Irritación
Endosulfón	115-29-7	0,1	mg.m ⁻³	-	-	A4, v.d.	406,95	Higado, SNC
Enríon	72-29-8	0,1	mg.m ⁻³	-	-	A4, v.d.	380,93	SNC, higado
Enríurano	13836-16-9	75	ppm	-	-	A4	184,50	SNC, SCV
Epidorhidrina	106-89-8	0,5	ppm	-	-	A3, v.d.	92,53	Irritación, higado, riñón
E.P.N.	2104-64-5	0,1	mg.m ⁻³	-	-	A4, BEI, v.d.	323,31	Colnérgico
Esmaril	1302-74-5	10 ⁽²⁾	mg.m ⁻³	-	-	-	-	Irritación
Estano, como Sn Compuestos orgánicos	7440-31-5	0,1	mg.m ⁻³	0,2	mg.m ⁻³	A4, v.d.	variable	SNC, inmu- noloxidad, irritación
Metal Oxido y compuestos inorgánicos, excepto el hidruro de estano		2 2	mg.m ⁻³ mg.m ⁻³	- -	- -	- -	118,69 variable	Estamosis Estamosis
Estearatos (J)		10	mg.m ⁻³	-	-	A4	variable	Irritación
Estireno, monómero	100-42-5	20	ppm	40	ppm	A4, BEI	104,16	Neurotoxicidad, irritación, SNC
Estricrina	57-24-0	0,15	mg.m ⁻³	-	-	-	334,40	SNC
Etano	74-84-0	-	-	-	-	Asfixiante simple (D)	30,08	Asfixia
Etanol	64-17-5	1000	ppm	-	-	A4	46,07	Irritación
Etanlamina	141-43-5	3	ppm	6	ppm	-	61,08	Irritación
Eter aliglicidílico (EAG)	106-92-3	1	ppm	-	-	A4	114,14	Irritación, dermatitis, sensibilización
Eter n-butilglicidílico (BGE)	2426-08-6	25	ppm	-	-	-	130,21	Irritación, sensibilización
Eter bis (clorometílico)	542-88-1	0,001	ppm	-	-	A1	114,96	Cáncer (pulmón)
Eter clorometil metílico	107-30-2	-(L)	-	-	-	A2	80,50	Cáncer (pulmón), irritación
Eter didoroalílico	111-44-4	5	ppm	10	ppm	A4, v.d.	143,02	Irritación, pulmón
Eter diglicidílico (DGE)	2238-07-5	0,1	ppm	-	-	A4	130,14	Irritación, reproducción, sangre
Eter bis (2- dimetilaminoalílico) (DMAEE)	3033-62-3	0,05	ppm	0,15	ppm	v.d.	160,26	Irritación, visión
Eter alílico	60-29-7	400	ppm	500	ppm	-	74,12	Irritación, narcois
Eter etil ter-butílico (ETBE)	637-92-3	5	ppm	-	-	-	102,18	Irritación, función pulmonar, reproducción

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Eter fenilglicidilico (PGE)	122-60-1	0,1	ppm	-	-	A3, v.d., SEN	150,17	Iritación, dermatitis
Eter fenilico, vapores	101-84-8	1	ppm	2	ppm	-	170,20	Iritación, náuseas
Eterisopropilglicidilico (IGE)	4016-14-2	50	ppm	75	ppm	-	116,18	Iritación, dermatitis
Eterisopropilico	108-20-3	250	ppm	310	ppm	-	102,17	Iritación
+Eter metil-ter-butilico +(MTBE)	1634-04-4	(40)	ppm	-	-	A3	88,17	Riñón, reproducción
Eter bis -(2-metoxipropilico) (DPGME)	34890-94-8	200	ppm	150	ppm	v.d.	148,20	Iritación, SNC
+Etition +	563-12-2	(0,4)	mg/m ³	-	-	BEI, v.d.	384,48	Colinérgico
Etilamilcatona	541-85-5	25	ppm	-	-	-	128,21	Iritación
Etilamina	75-04-7	5	ppm	15	ppm	v.d.	45,08	Iritación
+Etilbenzeno +	100-41-4	100	ppm	125	ppm	BEI (-)	106,16	Iritación, SNC
Etilbutilcatona	106-35-4	50	ppm	75	ppm	-	114,19	Iritación, narcosis
Etilendamina	107-15-3	10	ppm	-	-	A4, v.d.	60,10	Iritación, asma, sensibilización
Etilenglicol	107-21-1	-	-	<100	mg/m ³ (H)	A4	62,07	Iritación
Etiliminina	151-56-4	0,5	ppm	-	-	A3, v.d.	43,08	Iritación, bronquitis
Etileno	74-85-1	Asfixiante simple ⁽²⁾	-	-	-	A4	28	Asfixia
Etilidennorbomano	16219-75-3	-	-	C5	ppm	-	120,19	Iritación
Etilmercaptano	75-08-1	0,5	ppm	-	-	-	62,13	Iritación
N - Etilmorfolina	100-74-3	5	ppm	-	-	v.d.	115,18	Iritación, ocular
2 - Etoxidanol (EGEE)	110-90-5	5	ppm	-	-	BEI, v.d.	90,12	Reproducción
Fenamphos	2224-92-6	0,1	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d.	303,40	Colinérgico
N-Fenil-b-nalilamina	135-88-6	-	-	-	-	A4	219,20	Iritación
o-Fenlendamina	95-54-5	0,1	mg/m ³	-	-	A3	108,05	Iritación, hígado, sangre
m-Fenlendamina	108-45-2	0,1	mg/m ³	-	-	A4	108,05	Iritación, hígado
p-Fenlendamina	106-50-3	0,1	mg/m ³	-	-	A4	108,05	Sensibilización, piel, ojos
Fenilfosfina	638-21-1	-	-	C 0,05	ppm	-	110,10	Iritación, dermatitis, sangre, reproducción
Fenilhidracina	100-63-0	0,1	ppm	-	-	A3, v.d.	108,14	Dermatitis, anemia
Fenilmercaptano	108-98-5	0,5	ppm	-	-	-	110,18	Iritación, dermatitis
Fenol	108-95-2	5	ppm	-	-	A4, BEI, V.D.	94,11	Iritación, SNC, sangre
Fenotiacina	92-94-2	5	mg/m ³	-	-	v.d.	199,26	Iritación, ocular, hígado, riñón
Fensulfotion	115-90-2	0,1	mg/m ³	-	-	A4, BEI	308,35	Colinérgico
Fenition	55-38-9	0,2	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d.	278,34	Colinérgico
Forbam	14484-84-1	10	mg/m ³	-	-	A4	416,50	Iritación
Ferrovandio, polvo	12604-58-9	1	mg/m ³	3	mg/m ³	-	-	Iritación
Fibras vitreas similiticas								
Filamentos continuos de fibras de vidrio	-	1	f/cc (F)	-	-	A4	-	Iritación
Filamentos continuos de fibras de vidrio	-	5	mg/m ³ (I)	-	-	A4	-	Iritación
Fibras de lana de vidrio	-	1	f/cc (F)	-	-	A3	-	Iritación, pulmón
Fibras de lana mineral	-	1	f/cc (F)	-	-	A3	-	Iritación, pulmón
Fibras de escoria mineral	-	1	f/cc (F)	-	-	A3	-	Iritación, pulmón
Fibras de vidrio para fines especiales	-	1	f/cc (F)	-	-	A3	-	Iritación, pulmón
Fibras cerámicas refractarias	-	0,2	f/cc (F)	-	-	A2	-	Fibrosis pulmonar, cáncer
Flúor	7782-41-4	1	ppm	2	ppm	-	38,00	Iritación
Fluoroacetato de sodio	62-74-8	0,05	mg/m ³	-	-	v.d.	100,02	SNC, SCV
Fluoruro de carbonilo	353-50-4	2	ppm	5	ppm	-	86,01	Iritación, pulmón, fluorosis
Fluoruro de hidrógeno, como F	7664-39-3	-	-	C3	ppm	BEI	20,01	Iritación, hueso, dientes, fluorosis
Fluoruro de perclorilo	7616-94-6	3	ppm	6	ppm	-	102,46	Iritación, sangre
Fluoruro de sulfonilo	2699-79-8	5	ppm	10	ppm	-	102,07	Iritación, SNC
Fluoruro de vinilidano	75-38-7	500	ppm	-	-	A4	64,04	Hígado
Fluoruro de vinilo	75-02-5	1	ppm	-	-	A2	46,05	Hígado, cáncer

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Fluoruros, como F	-	2,5	mg/m ³	-	-	A4, BEI	variable	Iritación, hueso, fluorosis
Fonofos	944-22-0	0,1	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d.	246,32	Colinérgico
Forato	298-02-2	0,05	mg/m ³	0,2	mg/m ³	SEN, v.d.	260,40	Colinérgico
Formaldehído	50-00-0	-	-	C 0,3	ppm	A2, SEN	30,03	Iritación, cáncer
Formamida	75-12-7	10	ppm	-	-	v.d.	45,05	Iritación, hígado
Formiato de etilo	109-94-4	100	ppm	-	-	-	74,08	Iritación
Formiato de metilo	107-31-3	100	ppm	150	ppm	-	65,05	Iritación, narcosis, edema pulmonar
Foslamina	7803-51-2	0,3	ppm	1	ppm	-	34,00	Iritación, SNC, GI
Fosfato de dibutileno	2528-36-1	0,3	ppm	-	-	BEI, v.d.	286,26	Iritación, colinérgico
Fosfato de dibutilo	107-66-4	1	ppm	2	ppm	-	210,21	Iritación
Fosfato de tributilo	126-73-8	0,2	ppm	-	-	BEI	266,32	Iritación, colinérgico
Fosfato de trietilo	115-86-6	3	mg/m ³	-	-	A4	326,28	Iritación, dermatitis
Fosfato de triortocresilo	78-30-8	0,1	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d.	368,37	SNC, colinérgico
Fosfito de trimetilo	121-45-0	2	ppm	-	-	-	124,09	Iritación
Fósforo (amarillo)	7723-14-0	0,02	ppm	-	-	-	123,02	Iritación, hígado, riñón, SCV, GI
Fosgeno	75-44-5	0,1	ppm	-	-	-	98,92	Iritación, anoxia, edema pulmonar
Flato de dibutilo	84-74-2	5	mg/m ³	-	-	-	278,34	Reproducción, irritación
Flato de dietilo	84-68-2	5	mg/m ³	-	-	A4	222,23	Iritación
Flato de dimetilo	131-11-3	5	mg/m ³	-	-	-	194,19	Iritación
Flato de di-2-etilhexilo (DEHP)	117-81-7	5	mg/m ³	-	-	A3	390,54	Iritación
n-Fluorodinitro	626-17-5	5	mg/m ³	-	-	-	128,14	Iritación
Furfural	98-01-1	2	ppm	-	-	A3, BEI, v.d.	96,08	Iritación
Gases licuados del petróleo (LPG)	68476-85-7	1000	ppm	-	-	-	42,58	Asfixia
Gasolina	8006-61-9	300	ppm	500	ppm	A3	-	Iritación, SNC
Glicerina, nieblas	56-81-5	10	mg/m ³	-	-	-	92,09	Iritación
Glicidol	566-52-5	2	ppm	-	-	A3 neoplasia	74,08	Iritación,
* Glicoxal	107-22-2	0,1	mg/m ³ (I, V)	-	-	SEN, A4	58,04	Iritación
Glutaraldehído, activado e inactivado	111-30-8	-	-	C 0,05	ppm	SEN, A4	100,11	Iritación, sensibilización
Gráfico (todas las formas excepto fibras)	7782-42-5	2	mg/m ³ (R)	-	-	-	-	Neumonosis
Halino y compuestos, como HI	7440-88-8	0,5	mg/m ³	-	-	-	178,49	Hígado, irritación
Halotano	151-67-7	50	ppm	-	-	A4	197,39	SNC, SCV, Hígado, reproducción
Harina, polvo		0,5	mg/m ³ (h)			SEN		Asma, función pulmonar, bronquitis
Helo	7440-59-7			Asfixiante simple ^(h)			4,00	Asfixia
Heptacloro y heptacloro epóxido	78-44-8 1024-57-3	0,05	mg/m ³	-	-	A3, v.d.	373,32 389,40	SNC, hígado, sangre
Heptano (n-Heptano)	142-82-5	400	ppm	500	ppm	-	100,20	Iritación, narcosis
Hexaclorbenzeno	118-74-1	0,002	mg/m ³	-	-	A3, v.d.	284,78	Hígado, trastornos metabólicos
Hexaclorbutadieno	87-68-3	0,02	ppm	-	-	A3, v.d.	260,76	Iritación, riñón
Hexaclorociclopentadieno	77-47-4	0,01	ppm	-	-	A4	272,75	Iritación, edema pulmonar
Hexacloroelano	67-72-1	1	ppm	-	-	A3, v.d.	236,74	Iritación, hígado, riñón
Hexacloronattaleno	1336-87-1	0,2	mg/m ³	-	-	v.d.	334,74	Hígado, cloracné
Hexafluorocelona	684-18-2	0,1	ppm	-	-	v.d.	166,02	Reproducción, riñón
Hexafluuro de azufre	2551-62-4	1000	ppm	-	-	-	146,07	Asfixia
Hexafluuro de selenio	7783-79-1	0,05	ppm	-	-	-	192,96	Edema pulmonar
Hexafluuro de telurio	7783-90-4	0,02	ppm	-	-	-	241,61	Iritación
Hexametilfosforamida	680-31-9	-	-	-	-	A3, v.d.	179,20	Pulmón
n-Hexano	110-54-3	50	ppm	-	-	BEI, v.d.	86,18	Neurcpalia, SNC, irritación
Hexano, otros isómeros	-	500	ppm	1000	ppm	-	86,18	SNC, irritación
1,6-Hexandiamina	124-09-4	0,5	ppm	-	-	-	116,21	Iritación
+1-Hexano +	592-41-6	(30)	ppm	-	-	-	84,16	SNC, irritación
Hexilenglicol	107-41-5	-	-	C 25	ppm	-	118,17	Iritación
Hidracina	302-01-2	0,01	ppm			A3, v.d.	32,05	Iritación, hígado
Hidrógeno	1333-74-0			Asfixiante simple ^(h)			1,01	Asfixia

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Hidroquinona	123-31-9	2	mg/m ³	-	-	A3	110,11	SNC, dermatitis, ocular
Hidróxido cálcico	1306-62-0	5	mg/m ³	-	-	-	74,10	Iritación
Hidróxido de cesio	2135-179-1	2	mg/m ³	-	-	-	149,02	Iritación
Hidróxido potásico	1310-58-3	-	-	C 2	mg/m ³	-	56,10	Iritación, corrosión
Hidróxido sodico	1310-73-2	-	-	C 2	mg/m ³	-	40,01	Iritación
1-Hidrotolueno butilado (BHT)	128-37-0	2	mg/m ³ (l. V)	-	-	A4	220,34	Iritación
Hidruro de antimonio (estibamina)	7803-52-3	0,1	ppm	-	-	-	124,78	Iritación, sangre
Hidruro de litio	7590-67-8	0,025	mg/m ³	-	-	-	7,95	Iritación
Hierro, sales solubles como Fe	-	1	mg/m ³	-	-	-	variable	Iritación
Hierro dicitropentadienilo	102-54-5	10	mg/m ³	-	-	-	186,03	Sangre, hígado
Indeno	95-13-6	10	mg/m ³	-	-	-	116,15	Iritación, hígado, riñón
Indio y compuestos, como In	7440-74-6	0,1	mg/m ³	-	-	-	49,00	Edema pulmonar, hueso, GI
Isocianato de metilén-bisfenilo (MDI)	101-68-8	0,006	ppm	-	-	-	250,26	Iritación, edema pulmonar, sensibilización
Isocianato de metilo	624-83-9	0,02	ppm	-	-	v.d.	57,06	Iritación, edema pulmonar, sensibilización
Isolorona	78-59-1	-	-	C 5	ppm	A3	138,21	Iritación, narcosis
+ Isopropanol +	67-63-0	(400)	ppm	(500)	ppm	(-)	80,00	Iritación
Isopropilamina	75-31-0	5	ppm	10	ppm	-	59,08	Iritación
N-Isopropilamina	768-52-5	2	ppm	-	-	v.d.	135,21	Sangre
2-Isopropoxietanol	108-59-1	25	ppm	-	-	v.d.	104,15	Sangre
Itrio y compuestos como Y	7440-66-5	1	mg/m ³	-	-	-	88,91	Fibrosis
Jabón de sastre	-	6	mg/m ³ (E)	-	-	-	-	Neumocociosis
		3	mg/m ³ (E, R)	-	-	-	-	
Lactato de n-butilo	138-22-7	5	ppm	-	-	-	146,91	Iritación, dolor de cabeza
Lindano	58-89-9	0,5	mg/m ³	-	-	A3, v.d.	200,85	SNC, hígado
+Madera, polvo + (Algunas maderas duras como haya y roble)	-	(1)	mg/m ³	-	-	A1	-	Cáncer, irritación, mucocistitis, dermatitis
+Maderas blandas +	-	(5)	mg/m ³	(10)	mg/m ³	(-)	-	Iritación, dermatitis, pulmón
Magnesita	546-93-0	10	mg/m ³	-	-	-	84,33	Iritación, neumocociosis
Malathion	121-75-5	10	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d.	330,36	Colinérgico, SNC, neuropatía, visión
Manganeso y compuestos inorgánicos como Mn	7439-96-5	0,2	mg/m ³	-	-	-	variable	
Manganeso dicitropentadienil-tricarbonilo como Mn	12079-65-1	0,1	mg/m ³	-	-	v.d.	204,10	SNC, edema pulmonar
Mercurio, como Hg	7439-97-6	-	-	0,03	mg/m ³	v.d.	200,59	variable
Compuestos alquídicos	-	0,01	mg/m ³	-	-	v.d.	variable	SNC
Compuestos arílicos	-	0,1	mg/m ³	-	-	v.d.	variable	SNC, neuropatía-visión, riñón
Elemental y formas inorgánicas	-	0,025	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d.	variable	SNC, riñón, reproducción
Metabisulfito sodico	7681-57-4	5	mg/m ³	-	-	A4	190,13	Iritación
Metacrilato de metilo	80-62-6	50	ppm	100	ppm	A4, SEN	100,13	Iritación dermatitis
Melano	74-82-8	-	Asfixiante simple ⁽³⁾	-	-	-	16,04	Asfixia
Melanol	67-56-1	200	ppm	250	ppm	BEI, v.d.	32,04	Neuropatía, visión, SNC
Methomil	16752-77-5	2,5	mg/m ³	-	-	A4, BEI	162,20	Colinérgico
Metilacileno	74-99-77	1000	ppm	-	-	-	40,07	Anestésico
Metilacileno-propadieno, mezcla (MAPP)	-	1000	ppm	1250	ppm	-	40,07	Anestésico
Metilacilonitrilo	126-98-7	1	ppm	-	-	v.d.	67,09	Iritación, SNC
Metilal	109-87-5	1000	ppm	-	-	-	76,10	Iritación, SNC
Metil-n-amiloctona	110-43-0	50	ppm	-	-	-	114,18	Iritación
Metilamina	74-89-5	5	ppm	15	ppm	-	31,06	Iritación
N-Metilamina	100-61-8	0,5	ppm	-	-	BEI, v.d.	107,15	Anoxia, sangre
+Metizimbs +	86-50-0	(0,2)	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d. (-)	317,34	Colinérgico
Metil-n-butil-celona	501-78-6	5	ppm	10	ppm	v.d.	100,16	Neuropatía
Metilciclohexano	108-87-2	400	ppm	-	-	-	98,19	Narcosis, irritación
Metilciclohexanol	25639-42-3	50	ppm	-	-	-	114,19	Iritación, narcosis, hígado, riñón
o-Metilciclohexanona	583-60-8	50	ppm	75	ppm	v.d.	112,17	Iritación, narcosis
2-Metilciclopentadienil-manganeso tricarbonilo, como Mn	12108-13-3	0,2	mg/m ³	-	-	v.d.	218,10	SNC, hígado, riñón

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Mellicloroformo	71-55-6	350	ppm	450	ppm	A4, BEI	133,42	Anestesia, SNC
Melliclometón	8022-00-2	0,5	mg/m ³	-	-	BEI, v.d.	230,30	Irritación, colinérgico
Mellicnabis (4-ciclohexil-s-dianol)	5124-30-1	0,005	ppm	-	-	-	262,35	Irritación, sensibilización
4,4'-Mellicnabis (2-cloroanilina) (MOCA @; MBOCA)	101-14-4	0,01	ppm	-	-	A2, BEI, v.d.	267,17	Anoxia, riñón, cáncer (vejiga)
4,4'-Mellicndianilina	101-77-0	0,1	ppm	-	-	A3, v.d.	196,26	Higado
α-Mellicstireno	98-83-9	50	ppm	100	ppm	-	118,18	Irritación, dermatitis, SNC
Melliclactona (MEK)	78-93-3	200	ppm	300	ppm	BEI	72,10	Irritación, SNC
Mellichidracina	60-34-4	0,01	ppm	-	-	A3, v.d.	46,07	Irritación, hígado
Mellicisoamilactona	110-12-3	50	ppm	-	-	-	114,20	Irritación, narcosis, hígado, riñón
Mellicisobutylcarbinol	108-11-2	25	ppm	40	ppm	v.d.	102,18	Irritación, anestesia
Mellicisobutylactona	108-10-1	50	ppm	75	ppm	BEI	102,18	Irritación, riñón
Mellicisopropylactona	563-80-4	200	ppm	-	-	-	86,14	Irritación, narcosis
Mellicmercaptano	74-93-1	0,5	ppm	-	-	-	48,11	Irritación, SNC
Mellicparathion	208-00-0	0,2	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d.	263,23	Colinérgico
Mellicpropylactona	107-87-0	200	ppm	250	ppm	-	86,17	Irritación, narcosis
Mellicsulfometuron	74222-97-2	5	mg/m ³	-	-	A4	364,38	Irritación, sangre
Mellicvinilactona	78-94-4	-	-	C 0,2	ppm	SEN, v.d.	70,10	Irritación
Mellicxido	72-43-5	10	mg/m ³	-	-	A4	345,65	SNC, hígado
2-Metoxietanol (EGME)	109-86-4	5	ppm	-	-	BEI, v.d.	76,09	Sangre, reproducción, SNC
4-Metoxifenil	150-76-5	5	mg/m ³	-	-	-	124,15	Ocular, despigmentación
1-Metoxi-2-propanol (PGME)	107-98-2	100	ppm	150	ppm	-	92,12	Irritación, anestesia
Mellictribuzin	21087-64-9	5	mg/m ³	-	-	A4	214,28	Sangre, hígado
+Mellicvinphos	7786-34-7	(0,09)	mg/m ³	(0,27)	mg/m ³	BEI, v.d.	224,16	Colinérgico
Mellicca	12001-26-2	3 ^o	mg/m ³	-	-	-	-	Neurotoxicosis
+Mellicbdeno, como +Mo	7439-98-7	0,5 ^o	mg/m ³	-	-	(A3)	95,95	Irritación, Pulmón, Pulmón, SNC
+Compuestos solubles		10(l)	mg/m ³	-	-			
+Metales y compuestos insolubles		3 ^o	mg/m ³	-	-			Pulmón, SNC
Monocloruro de azulre	10025-67-9	-	-	C 1	ppm	-	135,03	Irritación
+Monocrotophos	6023-22-4	(0,25)	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d.	223,16	Colinérgico
+Mondiódo de carbono	630-08-0	25	ppm	-	-	BEI	28,01	Anoxia, SCV, SNC, reproducción
Morfolina	110-91-8	20	ppm	-	-	A4, v.d.	87,12	Irritación, visión
Nafía VM y P (para barnices y pinturas)	8032-32-4	300	ppm	-	-	A3	114,00	Irritación, SNC
Nattalano	91-20-3	10	ppm	15	ppm	A4, v.d.	128,19	Irritación, ocular, sangre
β-Nattilamina	91-59-8	- (L)	-	-	-	A1	143,18	Cáncer (vejiga)
+Naled	300-76-5	(3)	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d. (-)	380,70	Colinérgico, dermatitis
Nagro de humo	1333-96-4	3,5	mg/m ³	-	-	A4		Pulmón
Nadón	7440-01-9		Asfixiante simple ⁽³⁾				20,18	Asfixia
Nicotina	54-11-5	0,5	mg/m ³	-	-	v.d.	162,23	SCV, GI, SNC
Niquel, como Ni								
Elemental	7440-02-0	1,5(l)	mg/m ³	-	-	A5	58,71	Dermatitis, neurotoxicosis
Compuestos insolubles (NEOF)		0,2 ^o	mg/m ³	-	-	A1	Variable	Cáncer, pulmón, irritación, dermatitis
Compuestos solubles (NEOF)		0,1 ^o	mg/m ³	-	-	A4	Variable	SNC, irritación, dermatitis
Subsulfuro de niquel, como Ni	12035-72-2	0,1 ^o	mg/m ³	-	-	A1	240,19	Cáncer, pulmón, irritación, dermatitis
Niquel carbonilo, como Ni	13463-39-3	0,05	ppm	-	-	-	170,73	Irritación, SNC
Niprapirina	1929-82-4	10	mg/m ³	20	mg/m ³	A4	230,93	Higado
Nitrato de n-propilo	627-13-4	25	ppm	40	ppm	BEI	105,09	Sangre, cianosis, anoxia
p-Nitroanilina	100-01-6	3	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d.	138,12	Anoxia, anemia, hígado
Nitrobenzeno	98-05-3	1	ppm	-	-	A3, BEI, v.d.	123,11	Anoxia
p-Nitrodobenceno	100-00-5	0,1	ppm	-	-	A3, BEI, v.d.	157,56	Anoxia, sangre, hígado
4-Nitrofenilo	92-93-3	-	-	-	-	A2, v.d.	199,20	Cáncer (vejiga)
Nitroetano	79-24-3	100	ppm	-	-		75,07	Irritación, narcosis, hígado

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Mellicloroformo	71-55-6	350	ppm	450	ppm	A4, BEI	133,42	Anestesia, SNC
Melliclometón	8022-00-2	0,5	mg/m ³	-	-	BEI, v.d.	230,30	Irritación, colinérgico
Melliclenobis (4-ciclohexilisdianol)	5124-30-1	0,005	ppm	-	-	-	262,35	Irritación, sensibilización
4,4'-Melliclenobis (2-clorocianina) (MOCA @; MBOCA)	101-14-4	0,01	ppm	-	-	A2, BEI, v.d.	267,17	Anoxia, riñón, cáncer (vejiga)
4,4'-Melliclendianilina	101-77-0	0,1	ppm	-	-	A3, v.d.	196,26	Higado
α-Melliclestireno	98-83-9	50	ppm	100	ppm	-	118,18	Irritación, dermatitis, SNC
Melliclitolona (MEK)	78-93-3	200	ppm	300	ppm	BEI	72,10	Irritación, SNC
Mellichidracina	60-34-4	0,01	ppm	-	-	A3, v.d.	46,07	Irritación, hígado
Mellicisoamilcetona	110-12-3	50	ppm	-	-	-	114,20	Irritación, narcosis, hígado, riñón
Mellicisobutilcarbinol	108-11-2	25	ppm	40	ppm	v.d.	102,18	Irritación, anestesia
Mellicisobutilcetona	108-10-1	50	ppm	75	ppm	BEI	102,18	Irritación, riñón
Mellicisopropilcetona	563-80-4	200	ppm	-	-	-	86,14	Irritación, narcosis
Mellicmercaptano	74-93-1	0,5	ppm	-	-	-	48,11	Irritación, SNC
Mellicparathion	208-00-0	0,2	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d.	263,23	Colinérgico
Mellicpropilcetona	107-87-0	200	ppm	250	ppm	-	86,17	Irritación, narcosis
Mellicsulfometuron	74222-97-2	5	mg/m ³	-	-	A4	364,38	Irritación, sangre
Mellicvinilcetona	78-94-4	-	-	C 0,2	ppm	SEN, v.d.	70,10	Irritación
Mellicxido	72-43-5	10	mg/m ³	-	-	A4	345,65	SNC, hígado
2-Mellicxido (EGME)	109-86-4	5	ppm	-	-	BEI, v.d.	76,09	Sangre, reproducción, SNC
4-Mellicxilfenil	150-76-5	5	mg/m ³	-	-	-	124,15	Ocular, despigmentación
1-Mellicxi-2-propanol (PGME)	107-98-2	100	ppm	150	ppm	-	92,12	Irritación, anestesia
Mellictribuzin	21087-64-0	5	mg/m ³	-	-	A4	214,28	Sangre, hígado
+Mellicvinphos	7786-34-7	(0,09)	mg/m ³	(0,27)	mg/m ³	BEI, v.d.	224,16	Colinérgico
+Mica	12001-26-2	3 ^o	mg/m ³	-	-	-	-	Neurotoxicosis
+Mellicbdeno, como +Mo	7439-98-7	0,5 ^o	mg/m ³	-	-	(A3)	95,95	Irritación, Pulmón, Pulmón, SNC
+Compuestos solubles		10(l)	mg/m ³	-	-			
+Metales y compuestos insolubles		3 ^o	mg/m ³	-	-			Pulmón, SNC
Monocloruro de azulre	10025-67-9	-	-	C 1	ppm	-	135,03	Irritación
+Monocrotophos	6023-22-4	(0,25)	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d.	223,16	Colinérgico
+Mondiódo de carbono	630-08-0	25	ppm	-	-	BEI	28,01	Anoxia, SCV, SNC, reproducción
Morbilina	110-91-8	20	ppm	-	-	A4, v.d.	87,12	Irritación, visión
Nafta VM y P (para barnices y pinturas)	8032-32-4	300	ppm	-	-	A3	114,00	Irritación, SNC
Nattalano	91-20-3	10	ppm	15	ppm	A4, v.d.	128,19	Irritación, ocular, sangre
β-Nattilamina	91-59-8	- (L)	-	-	-	A1	143,18	Cáncer (vejiga)
+Naled	300-76-5	(3)	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d. (-)	380,70	Colinérgico, dermatitis
+Nagro de humo	1333-96-4	3,5	mg/m ³	-	-	A4		Pulmón
Nadon	7440-01-9		Asfixiante simple ⁽³⁾				20,18	Asfixia
Nicotina	54-11-5	0,5	mg/m ³	-	-	v.d.	162,23	SCV, GI, SNC
Niquel, como Ni								
Elemental	7440-02-0	1,5(l)	mg/m ³	-	-	A5	58,71	Dermatitis, neurotoxicosis
Compuestos insolubles (NEOF)		0,2 ^o	mg/m ³	-	-	A1	Variable	Cáncer, pulmón, irritación, dermatitis
Compuestos solubles (NEOF)		0,1 ^o	mg/m ³	-	-	A4	Variable	SNC, irritación, dermatitis
Subsulfuro de niquel, como Ni	12035-72-2	0,1 ^o	mg/m ³	-	-	A1	240,19	Cáncer, pulmón, irritación, dermatitis
Niquel carbonilo, como Ni	13463-39-3	0,05	ppm	-	-	-	170,73	Irritación, SNC
Niprapirina	1929-82-4	10	mg/m ³	20	mg/m ³	A4	230,93	Higado
Nitrato de n-propilo	627-13-4	25	ppm	40	ppm	BEI	105,09	Sangre, cianosis, anoxia
p-Nitroanilina	100-01-6	3	mg/m ³	-	-	A4, BEI, v.d.	138,12	Anoxia, anemia, hígado
Nitrobenzeno	98-05-3	1	ppm	-	-	A3, BEI, v.d.	123,11	Anoxia
p-Nitrodobenceno	100-00-5	0,1	ppm	-	-	A3, BEI, v.d.	157,56	Anoxia, sangre, hígado
4-Nitrofenilo	92-93-3	-	-	-	-	A2, v.d.	199,20	Cáncer (vejiga)
Nitroetano	79-24-3	100	ppm	-	-		75,07	Irritación, narcosis, hígado

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Nitrógeno	7727-37-9		Asfixiante simple ⁽¹⁾				14,01	Asfixia
Nitroglicerina (NG)	55-63-0	0,05	ppm	-	-	v.d.	227,09	SCV
Nitrometano	75-52-5	20	ppm	-	-	A3	61,04	Tiricidas
1-Nitropropano	108-03-2	25	ppm	-	-	A4	69,09	Irritación, hígado
2-Nitropropano	79-46-9	10	ppm	-	-	A3	69,09	Hígado, cáncer
N-Nitrosodimetilamina	62-75-9	- (L)	-	-	-	A3, v.d.	74,08	Hígado
Nitrotolueno, todos los isómeros	88-72-2 99-06-1 99-99-0	2	ppm	-	-	BEI, v.d.	137,13	Anoxia, cianosis
Nonano, todos los isómeros	111-84-2	200	ppm	-	-	-	128,26	SNC, piel, irritación
Octacloronaftaleno	2234-13-1	0,1	mg/m ³	0,3	mg/m ³	v.d.	403,74	Hígado, dermatitis
Octano, todos los isómeros	111-65-9	300	ppm	-	-	-	114,22	Irritación
Pp'-Oxibis (bencenosulfonil hidracida)	80-51-3	0,1 ⁽¹⁾	mg/m ³	-	-	-	326,00	Irritación
Oxícloruro de fósforo	10025-87-3	0,1	ppm	-	-	-	153,35	Irritación, riñón
Oxido de aluminio	1344-28-1	10 ⁽¹⁾	mg/m ³	-	-	A4	101,96	Pulmón, irritación
Oxido de boro	1303-86-2	10	mg/m ³	-	-	-	69,94	Irritación
Oxido de calcio	1305-76-8	2	mg/m ³	-	-	-	56,08	Irritación
Oxido de Zinc	1314-13-2					---	81,37	
Humos		5	mg/m ³	10	mg/m ³			Pulmón, fiebre del metal
Polvos		10	mg/m ³					
Oxido de difenilo o-dorado	31242-93-0	0,5	mg/m ³	---	---	---	377,00	Cáncer, hígado
Oxido de etileno	75-21-8	1	ppm	---	---	A2	44,05	Cáncer, reproducción
Oxido de hierro, humos y polvo (Fe ₂ O ₃) como Fe	1309-37-1	5	mg/m ³	---	---	A4	159,70	Neumociosis
Oxido de magnesio/humos	1309-48-4	10	mg/m ³	---	---	---	40,32	Irritación, fiebre de metal
Oxido de mesitilo	141-79-7	15	ppm	25	ppm	---	98,14	Irritación, narcosis, hígado, Riñón
Oxido nítrico	10102-43-0	25	ppm	---	---	BEI	30,01	Anoxia, irritación, cianosis
Oxido nitroso	10024-97-2	50	ppm	---	---	A4	44,02	Reproducción, sangre, SNC
*Oxido de propileno	75-56-9	2	ppm	---	---	A3, SEN	68,08	Irritación, cáncer (nasal)
Ozono	10028-15-6						48	Función pulmón, nar, irritación
Trabajo fuerte		0,05	ppm			A4		
Trabajo moderado		0,08	ppm			A4		
Trabajo ligero		0,10	ppm			A4		
Cargas de trabajo fuerte, moderado o ligero (< 2 horas)		0,20	ppm			A4		
Paraquat	4685-14-7	0,5	mg/m ³	---	---	---	257,18	Pulmón, irritación
		0,1	mg/m ³					
+ Parathión	56-38-2	(0,1)	mg/m ³	---	---	A4, BEI, v.d.	291,27	Colinérgico
Partículas (insolubles) no especificada de otra forma	(PENOF)	10 ⁽¹⁾ 3 ⁽¹⁾ (E ⁽¹⁾)	mg/m ³ mg/m ³	---	---	---	---	Pulmón Pulmón
Pentaborano	19624-22-7	0,005	ppm	0,015	ppm	---	63,17	SNC
Pentacarbonilo de hierro como Fe	13463-40-6	0,1	ppm	0,2	ppm	---	195,90	Edema pulmonar, SNC
Pentacloronol	87-86-5	0,5	mg/m ³	---	---	A3, BEI, v.d.	266,35	SCV, SNC
Pentacloronaftaleno	1321-64-8	0,5	mg/m ³	---	---	v.d.	300,40	Cáncer, hígado
Pentacloronitrobenzeno	82-68-8	0,5	mg/m ³	---	---	A4	295,36	Hígado
Pentacloruro de fósforo	10026-13-8	0,1	ppm	---	---	---	206,24	Irritación
Pentaeritrol	115-77-5	10	mg/m ³	---	---	---	136,15	Irritación, pulmón
Pentafluoruro de azufre	5714-22-7	---	---	C 0,01	ppm	---	254,11	Irritación
Pentafluoruro de bromo	7789-30-2	0,1	ppm	---	---	---	174,92	Irritación
Pentano, todos los isómeros	78-78-4 109-66-0 436-82-1	800	ppm	---	---	---	72,15	Irritación, necrosis
Pentasiluro de fósforo	1314-80-3	1	mg/m ³	3	mg/m ³	---	222,29	Irritación
Pentóxido de vanadio como V ₂ O ₅ , polvo o humo	1314-62-1	0,05 ⁽¹⁾	mg/m ³	---	---	A4, BEI	181,90	Irritación, pulmón
Perclorometilmercaptano	594-42-3	0,1	ppm	---	---	---	185,87	Irritación, edema pulmonar
Pentfluoroisobutileno	382-21-8	---	---	C 0,01	ppm	---	200,04	Irritación, edema pulmonar
Pentfluorocianato amónico	3825-26-1	0,01	mg/m ³	---	---	A3, v.d.	431,00	Hígado
Perilita	93763-70-3	10 ⁽¹⁾	mg/m ³	---	---	A4	---	Irritación
Peroxido de benzilo	94-36-0	5	mg/m ³	---	---	A4	242,22	Irritación
Peroxido de hidrogeno	7722-84-1	1	ppm	---	---	A3	34,02	Irritación, edema pulmonar, SNC
Peroxido de metilacetona	1338-23-4	---	---	C 0,2	ppm	---	176,24	Irritación, hígado, riñón
Persulfatos, como persulfato		0,1	mg/m ³	---	---	---	Variable	Irritación

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Piclorán	1918-02-1	0,1	mg/m ³	—	—	A4	241,48	Higado, riñón
Pindona	83-26-1	0,1	mg/m ³	—	—	—	230,25	Higado, riñón, hemorragia, dermatitis
Piretrinas	8003-34-7	5	mg/m ³	—	—	A4	345 (media)	Dermatitis, SNC, higado, sensibilización
Piridina	110-86-1	5	ppm	—	—	—	70,10	Irritación, SNC, higado, riñón, sangre
Profosfato tetrasódico	7722-88-5	5	mg/m ³	—	—	—	265,04	Irritación
Plata	7440-22-4	0,1 0,01	mg/m ³ mg/m ³	—	—	—	107,87 variable	Argiria (piel, ojos, mucosas)
Platino Metal Sales solubles como Pt	7440-06-4	1 0,002	mg/m ³ mg/m ³	—	—	—	195,09 variable	Irritación Asma, irritación, sensibilización
Ploomo Y compuestos inorgánicos como Pb	7439-92-1	0,06	mg/m ³	—	—	A3, BEI	207,20 variable	SNC, riñón, reproducción, sangre
Ploomo tetraetilo como Pb	78-00-2	0,1	mg/m ³	—	—	A4, v.d.	323,45	SNC
Ploomo tetrametilo como Pb	75-74-1	0,15	mg/m ³	—	—	v.d.	267,33	SNC
Poli tetrafluoroetileno, productos de su descomposición	— ⁽¹⁾	—	—	—	—	B1	—	Edema pulmonar
Propano	74-98-6	2500	ppm	—	—	—	44,09	Asfixia
+n-propanol (alcohol n- +propílico)	71-23-8	200	ppm	250	ppm	(v.d.), (-)	60,09	Irritación, narcosis
Propanosulfona	1120-71-4	— ⁽¹⁾	—	—	—	A3	122,14	Neoplasia
Propilenoimina	75-55-8	2	ppm	—	—	A3, v.d.	57,09	Irritación, SNC
+Propileno +	115-07-1	Asfixian-ke Simple ⁽²⁾	—	—	—	A4	42,08	(Asfixia)
β-Propiolactona	57-57-8	0,5	ppm	—	—	A3	72,06	Irritación
Propouur	114-26-1	0,5	mg/m ³	—	—	A3	209,24	Colinérgico
Quinona	106-51-4	0,1	ppm	—	—	—	108,09	Irritación, ojos
Resina núcleo de soldadura, productos de descomposición térmica (colofonia)	8050-09-7	— ⁽¹⁾	—	—	—	SEN	No aplicable	Irritación, asma, sensibilización
Resorcinol	106-46-3	10	ppm	20	ppm	A4	110,11	Irritación, dermatitis, sangre
Rodio como Rh Metal y compuestos insolubles Compuestos solubles	7440-16-6	1 0,01	mg/m ³ mg/m ³	—	—	A4 A4	102,91 variable variable	Irritación Irritación
Rojo de pultr	—	10 ⁽¹⁾	mg/m ³	—	—	A4	159,70	Pulmón, siderosis, irritación
Romel	299-84-3	10	mg/m ³	—	—	A4, BEI	321,57	Colinérgico
Rotenona (Comercial)	83-79-4	5	mg/m ³	—	—	A4	391,41	Irritación, SNC
Sacarosa	57-50-1	10	mg/m ³	—	—	A4	342,30	Pulmón
Selenio y compuestos como Se	7782-49-2	0,2	mg/m ³	—	—	—	78,96	Irritación
Seleniuro de hidrógeno	7783-07-5	0,05	ppm	—	—	—	60,98	Irritación, GI
Sesona	136-78-7	10	mg/m ³	—	—	A4	309,13	Irritación
Silicato cálcico (silíceo)	1344-95-2	10 ⁽¹⁾	mg/m ³	—	—	A4	—	Irritación
Silicato de etilo	78-10-4	10	ppm	—	—	—	208,30	Irritación, riñón
Silicato de metilo	681-84-5	1	ppm	—	—	—	152,22	Ocular, pulmón
Silice, Amorfa Tierra de diatomas (sin calcinar)	61790-53-2	10 ⁽¹⁾ 3 ⁽²⁾	mg/m ³ mg/m ³	—	—	—	—	Irritación, neumocoñosis
Silice fundida	60676-86-0	0,1 ⁽¹⁾	mg/m ³	—	—	—	60,08	Fibrosis pulmonar
Silice, humos	60012-64-2	2 ⁽¹⁾	mg/m ³	—	—	—	—	Irritación, fiebre
Silice precipitada y gel de silice	112926-00-8	10	mg/m ³	—	—	—	—	Irritación
Silice cristalina- Cristobalita	14464-46-1	0,05 ⁽¹⁾	mg/m ³	—	—	—	60,08	Fibrosis pulmonar, silicosis
Cuarzo	14808-60-7	0,05 ⁽¹⁾	mg/m ³	—	—	A2	60,08	Fibrosis pulmonar, silicosis, función pulmonar, cáncer
Tridimila	15468-32-3	0,05 ⁽¹⁾	mg/m ³	—	—	—	60,08	Fibrosis pulmonar, silicosis
Tripoli, como cuarzo	1317-95-9	0,1 ⁽¹⁾	mg/m ³	—	—	—	—	Fibrosis pulmonar
Silicio	7440-21-3	10	mg/m ³	—	—	—	28,09	Pulmón
Soldadura, humos (NEOF)	—	5	mg/m ³	—	—	B2	—	Fiebre del metal, irritación, pulmón
Subtilisinas como enzima cristalina activa	1395-21-7 9014-01-1	—	—	C 0,00006	mg/m ³	—	—	Irritación, pulmón, sensibilización

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Sulfamato amónico	7773-06-0	10	mg/m ³	—	—	—	114,13	Iritación
Sulfato de bario	7727-43-7	10	mg/m ³	—	—	—	233,43	Neumoconiosis (baritosis)
Sulfato cálcico	7778-18-9	10 ^{PI}	mg/m ³	—	—	—	136,14	Iritación
Sulfato de dimetilo	77-78-1	0,1	ppm	—	—	A3, v.d.	126,10	Iritación
Sulfokep	3689-24-5	0,2	mg/m ³	—	—	A4, BEI, v.d.	322,30	Colinérgico
+ Sulfuro de hidrógeno +	7783-06-4	(10)	ppm	(15)	ppm	—	34,08	Iritación, SNC
Sulprofos	35400-43-2	1	mg/m ³	—	—	A4, BEI	322,43	Colinérgico
2,4,5 - T	93-76-5	10	mg/m ³	—	—	A4	255,40	Iritación
Talco Sin fibras de amianto Con fibras de amianto	14807-96-8	2 ^{ER} usar el CMP de amianto	mg/m ³	—	—	A1	—	Pulmón Asbestosis, cáncer
Talio y compuestos solubles como TI	7440-28-0	0,1	mg/m ³	—	—	v.d.	204,37	Iritación, SNC, SCV
Tántalo metal y óxido polvo como Ta	7440-26-7 1314-61-0	5	mg/m ³	—	—	—	180,06 441,90	Iritación, pulmón Iritación pulmón
Teluro y compuestos (NEOF) como Te	13494-80-0	0,1	mg/m ³	—	—	—	127,60	SNC, cianosis, higado
Teluro de bismuto Sin dopar Dopado con Se, como Bi2, Te3	1304-82-1	10 5	mg/m ³ mg/m ³	—	—	A4 A4	800,83	Iritación Iritación, pulmón
Ternephos	3383-96-8	10	mg/m ³	—	—	BEI	466,46	Colinérgico
TEPP	107-49-3	0,05	mg/m ³	—	—	BEI, v.d.	290,20	Colinérgico
Terfenilos	26140-60-3	—	—	C 5	mg/m ³	—	230,31	Iritación
Terfenilos hidrogenados (sin irradiar)	61788-32-7	0,05	ppm	—	—	—	241,00	Iritación, higado
Tetaboratos, sales sódicas Anhídros Decahidratadas Pentahidratadas	1330-43-4 1303-96-4 12179-04-3	1 5 1	mg/m ³ mg/m ³ mg/m ³	—	—	—	201,27 301,37 291,30	Iritación
Tetabromuro de acetileno	79-27-6	1	ppm	—	—	—	345,70	Iritación, higado
Tetabromuro de carbono	558-13-4	0,1	ppm	0,3	ppm	—	331,66	Iritación, higado
1,1,1,2-Tetracloro - 2,2- difluorocetano	76-11-0	500	ppm	—	—	—	203,83	Higado, sangre
1,1,2,2 Tetracloro - 1,2, difluorocetano	76-12-0	500	ppm	—	—	—	203,83	SNC, edema pulmonar
1,1,2,2-Tetracloroetano	79-34-5	1	ppm	—	—	A3, v.d.	167,86	Higado, SNC, GI
Tetradecorotileno (Percloro- etileno)	127-18-4	25	ppm	100	ppm	A3, BEI	165,80	Iritación, SNC
Tetracloroetileno	1336-88-2	2	mg/m ³	—	—	—	265,06	Higado
Tetracloruro de carbono (Tetra- clorometano)	56-23-5	5	ppm	10	ppm	A2, v.d.	153,84	Higado, cáncer
Tetrafluoroetileno	116-14-3	2	ppm	—	—	A3	100,20	Riñón, higado
Tetrafluoruro de azufre	7783-60-0	—	—	C 0,1	ppm	—	108,07	Iritación
Tetrahidrofurano	108-99-9	200	ppm	250	ppm	BEI	72,10	Iritación, narcois
Tetrahidruro de germanio	7782-66-2	0,2	ppm	—	—	—	76,63	Sangre
Tetrahidruro de silicio	7803-62-5	5	ppm	—	—	—	32,12	Iritación
Tetrametilsulfocionitrilo	3333-52-6	0,5	ppm	—	—	v.d.	136,20	SNC
Tetranitrometano	509-14-8	0,005	ppm	—	—	A3	196,04	Iritación
Tetnilo	479-46-8	1,5	mg/m ³	—	—	—	287,15	Sensibilización, higado, dermatitis
Tetóxido de cesio, como Cs	20816-12-0	0,0002	ppm	0,0006	ppm	—	254,20	Iritación, visión
Thiran	137-26-8	1	mg/m ³	—	—	A4	240,44	Iritación
4,4 Tiohis (6-terbutil-m-cresol)	96-69-5	10	mg/m ³	—	—	A4	368,52	Higado, riñón
o-Tolidina	119-93-7	—	—	—	—	A3, v.d.	212,28	Higado, riñón, sangre
Tolueno	108-88-3	50	ppm	—	—	A4, BEI, v.d.	92,13	SNC
o-Tolidina	95-53-4	2	ppm	—	—	A3, BEI, v.d.	107,15	Anoxia, riñón
m-Tolidina	108-44-1	2	ppm	—	—	A4, BEI, v.d.	107,15	Anoxia, riñón
p-Tolidina	106-49-0	2	ppm	—	—	A3, BEI, v.d.	107,25	Anoxia, riñón
Tribromuro de boro	10294-33-4	—	—	C1	ppm	—	250,57	Iritación, lesión piel
1,2,4-Triclorobenceno	120-82-1	—	—	C5	ppm	—	181,46	Iritación
1,1,2-Tricloroetano	79-00-5	10	ppm	—	—	A3, v.d.	133,41	SNC, higado
Tricloroetileno	79-01-6	50	ppm	100	ppm	A5, BEI	131,40	SNC, dolor de cabeza, higado
Triclorofluorometano	75-69-4	—	—	C1000	ppm	A4	137,38	SCV, SNC
Tricloroetilbenzeno	98-07-7	—	—	C0,1	ppm	A2, v.d.	195,50	Iritación, cáncer
Tricloroetilaleno	1321-66-9	5	mg/m ³	—	—	v.d.	231,51	Higado
1,2,3-Tricloropropano	96-18-4	10	ppm	—	—	A3, v.d.	147,43	Higado
1,1,2-Tricloro-1,2,2-Trifluo- roetano	76-13-1	1000	ppm	1250	ppm	A4	187,40	Narcois, SVC, asfisia
Tricloruro de fósforo	7719-12-2	0,2	ppm	0,5	ppm	—	137,35	Iritación
Tricloroamina	102-71-6	5	mg/m ³	—	—	—	149,22	Iritación, higado, riñón
Tricloroamina	121-44-8	1	ppm	3	ppm	A4, v.d.	101,19	Iritación, visión
Trifenilamina	603-34-9	5	mg/m ³	—	—	—	245,33	Iritación
Trifluorobromometano	75-63-8	1000	ppm	—	—	—	148,92	SNC, SCV
Trifluoruro de boro	7637-07-2	—	—	C1	ppm	—	67,82	Iritación

VALORES ACEPTADOS								
SUSTANCIA	N° CAS	CMP		CMP-CPT CMP-C		NOTACIONES	PM	EFECTOS CRITICOS
		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD			
Trifluoruro de cloro	7790-91-2	—	—	C 0,1	ppm	—	92,46	Iritación, pulmón
Trifluoruro de nitrógeno	7783-54-2	10	ppm	—	—	BEI	71,00	Anoxia, sangre, hígado, riñón
1,3,5-Triglicidil-S-triazintriona	2451-62-9	0,05	mg/m ³	—	—	—	297,25	Sangre, reproducción, dermatitis, sensibilización
Trimetilamina	75-50-3	5	ppm	15	ppm	—	59,11	Iritación
Trimetilbenceno (mezcla de isómeros)	25551-13-7	25	ppm	—	—	—	120,19	Iritación, SNC, sangre
2,4,6-Trinitrotolueno (TNT)	118-96-7	0,1	mg/m ³	—	—	BEI, v.d.	227,13	Iritación, hígado, sangre, ocular
Trióxido de antimonio, producción	1309-64-4	—	—	—	—	A2	171,50	Cáncer (pulmón), neumocoriósi
Tungsteno como W Metal y compuestos insolubles	7440-33-7	5	mg/m ³	10	mg/m ³	—	183,85 variable	Iritación
Compuestos solubles		1	mg/m ³	3	mg/m ³	—	variable	SNC, irritación
Uranio (natural) Compuestos solubles e insolubles, como U	7440-61-1	0,2	mg/m ³	0,6	mg/m ³	A1	238,03 variable	Riñón, sangre, cáncer
4-Vinilciclohexeno	100-40-3	0,1	ppm	—	—	A3	108,18	Iritación, SNC, reproducción
Viniltolueno	25013-15-4	50	ppm	100	ppm	A4	118,18	Iritación
Warfarina	81-81-2	0,1	mg/m ³	—	—	—	308,32	Sangre, hemorragia
Xileno	1330-20-7; 95-47-6; 108-38-3; 106-42-3 (o-, m-, p- isómeros)	100	ppm	150	ppm	A4, BEI	106,16	Iritación
m-Xileno α , α' -diamina	1477-55-0			C 0,1	mg/m ³	v.d.	136,20	Iritación, sangre
+Xilidina (mezcla de isómeros)	1300-73-8	(0,5)	ppm	—	—	A3, BEI, v.d.	121,18	Cáncer, genotóxico
Yodo	7553-56-2	—	—	C 0,1	ppm	—	253,81	Iritación
Yodoformo	75-47-8	0,6	ppm	—	—	—	393,78	SNC, hígado, riñón, SCV
Yoduro de metilo	74-88-4	2	ppm	—	—	v.d.	141,95	SNC, irritación

SINONIMOS FRECUENTES

Sinónimo

Acetato de n-amilo
Acetato de sec-amilo
Acetato del éter metílico del etilenglicol
Acetato de isoamilo
Alcohol etílico
Alcohol isopropílico
Alcohol metilamílico
Alcohol metílico
 α -Alumina
2- Aminoetanol
3-Amino-1, 2, 4-triazol
Amosita
p-Benzoquinona

Nombre en la lista de CMP o BEI

Acetato de pentilo (todos los isómeros)
Acetato de pentilo (todos los isómeros)
Acetato de 2-metóxietilo
Acetato de pentilo (todos los isómeros)
Etanol
Isopropanol
Metilisobutilcarbinol
Metanol
Oxido de aluminio
Etanolamina
Amitrol
Amianto
Quinona

Bromoclorometano	Clorobromometano
2-Butanona	Metilelilcetona (MEK)
Butanotiol	Butilmercaptano
Cianuro de vinilo	Acrilonitrilo
2-Cloro-1,3-butadieno	Beta-cloropreno
1-Cloro-2,3-epoxipropano	Epiclorhidrina
2-Cloroetanol	Clorhidrina etilénica
Cloroetileno	Cloruro de vinilo
2-Cloro-6-(triclorometil) piridina	Nitrapirina
Cloruro de carbonilo	Fosgeno
Cloruro de etilideno	1,1-Dicloroetano
Cloruro de fenacilo	Alfa-cloroacetofenona
Cloruro de metileno	Diclorometano
Crisotilo	Amianto
Cristobalita	Sílice-cristalina
Crocidolita	Amianto
Cuarzo	Sílice-cristalina
Destilados del petróleo	Gasolina; disolvente
	Stoddard; nafta VM y P (para barnices y pinturas)
1,2-Diaminoetano	Etilendiamina
1,2-Dibromoetano	Dibromuro de etileno
1,2-Dicloroetano	Dicloruro de etileno
1,1-Diuroetileno	Cloruro de vinilideno
1,2-Dicloropropano	Dicloruro de propileno
Dicloruro de acetileno	1,2-Dicloroetileno
Difenilo	Bifenilo
Dihidroxibenceno	Hidroquinona
Diisocianato de difenilmetano	Isocianato de metilen-bisfenilo (MDI)
Dimetilaminobenceno	Xilidina
Dimetilbenceno	Xileno
2,6-Dimetil-4-heptanona	Diisobutilcetona
Dimetilnitrosoamina	N-Nitrosodimetilamina
Dimetoximetano	Metilal

SINONIMOS FRECUENTES (continuación)
Nombre en la lista de CMP o TLV

3,5-Dinitro-o-toluamida	Dinitolmide
2,6-Di-ter-butyl-p-cresol	Hidroxitolueno butilado (BHT)
Enzimas	Subtilisinas
1,2-Epoxipropano	Oxido de propileno
2,3-Epoxi-1-propanol	Glicidol
Escayola	Sulfato cálcico
Estibamina	Hidruro de antimonio
Etanotiol	Etilmercaptano
Eter dietílico	Eter etílico
Eter metílico de dipropilenglicol	Eler bis. (2-metoxi-propílico)
Eter monoetilico del glicol	2-Etoxi-etanol
Eter monometílico del propilenglicol	1-Metoxi-2-propanol
Feniletileno	Estireno monómero
Fibras de vidrio, polvo	Fibras vítreas sintéticas
Fluorotriclorometano	Triclorofluorometano
Fosdrín	Mevinfós
Fosfato de dimetil-1,2-dibromo-2,2-dicloroetilo	Naled
Ftalato de di-sec-octilo	Ftalato de di(2-etil-hexilo)

2-Heptanona	Metil n-amilcetona
3-Heptanona	Etilbutilcetona
2-Hexanona	Metil n-butilcetona
Hidrocarburos aromáticos policíclicos en partículas (HAPP)	Alquitrán de hulla, compuestos volátiles
Hidróxido de triciclohexilestaño	Cihexaestaño
4-Hidroxi-4-metil-2-pentanona	Diacetona alcohol
Lana mineral, fibras	Fibras vítreas sintéticas
Mármol	Carbonato cálcico
Metanotiol	Metilmercaptano
5-metil-3-heptanona	Etilamilcetona
Monoclorobenceno	Clorobenceno
Nitroclorometano	Cloropicrina
Partículas molestas	Partículas (insolubles) no especificadas de otra forma (PNEOF)
2-Pentanona	Metilpropilcetona
Percloroetileno	Tetracloroetileno
Piedra caliza	Carbonato cálcico
Pirocatecol	Catecol
2-Pivalil-1,3-indandiona	Pindona
Policlorobifenilos	Clorodifenilos
Propino	Metilacetileno
Silano	Tetrahidruro de silicio
Sílice precipitada	Sílice-amorla
Sulfato de sodio 2,4-dicloro-fenoxietilo	Sesona
Sulfuro de níquel, tostación, humos y polvo	Subsulfuro de níquel
Systox	Demetón
TEDP	Sulfotep
Tetraclorometano	Tetracloruro de carbono
Tierra de diatomeas	Sílice-amorfa
Toluol	Tolueno
Toxafeno	Canfeno clorado
1,1,1-Tricloroetano	Metilcloroformo
Triclorometano	Cloroformo
Tricloronitrometano	Cloropicrina
Tridimita	Sílice-cristalina
2,4,6-Trinitrofenilmetilnitramina	Tetrilo
2,4,6-Trinitrofenol	Acido pícrico
Trípoli	Sílice-cristalina
Vidrio, fibras o polvo	Fibras vítreas sintéticas
Vinilbenceno	Estireno
Yeso	Sulfato cálcico

**EQUIVALENCIA DE LOS SIMBOLOS EN LAS TABLAS DE VALORES
ADOPTADOS Y EN LAS DE PROPUESTAS DE MODIFICACION**

A Consúltese el apéndice A - Carcinogenicidad.

B Consúltese el apéndice B - Sustancias de composición variable.

C Valor techo.

(D) El valor es para la materia particulada que no contenga amianto con menos de 1% de sílice cristalina.

(E) Fibras respirables: longitud > 5µm; relación longitud/diámetro (aspecto) ≥ 3:1, determinado por el método del filtro de membrana a 400 - 450 x aumentos (objetivo de 4mm) utilizando iluminación de contraste de fases.

(F) Medido con el muestreador de polvo de algodón elutriador vertical.

(G) Solamente aerosol.

(H) Fracción inhalable. Véase Apéndice D, apartado A.

(I) No incluye los estearatos de metales tóxicos.

- (J) No debe exceder de 2 mg/m³ de partículas respirables.
(K) La exposición por todas las vías debe controlarse cuidadosamente a niveles tan bajos como sea posible.
(L) Esta clasificación es para el ácido sulfúrico contenido en las nieblas de ácidos inorgánicos fuertes.
(M) Excepto aceites de ricino, anacardo o aceites irritantes similares.
(P) Muestreado por el método que no recoge vapor.
(R) Fracción respirable. Véase Apéndice D, apartado C.
(T) Fracción torácica. Véase Apéndice D, apartado B.
(V) Vapor y aerosol
IBE= Sustancias a las que también se las asigna Índices Biológicos de Exposición. Esta notación también incluye a las sustancias identificadas como inductoras de la metahemoglobina (porque ésta es la causa principal de la toxicidad) y a los plaguicidas inhibidores de la acetilcolinesterasa.
GI= Gastrointestinal.
NEOF= No especificado de otra forma.
SCV= Sistema cardiovascular.
SEN= Sensibilizante.
SNC= Sistema Nervioso Central.
CMP - CPT= Concentración máxima permisible para cortos períodos de tiempo.
CMP= Concentración máxima permisible ponderada en el tiempo.
C= Valor techo.
v.d. = Vía dérmica. Riesgo de absorción cutánea.
ppm = Partes de vapor o gas por millón de partes de aire contaminado en volumen, en condiciones normales de temperatura y presión (25°C, 760 torr).
mg/m³ = Miligramos de sustancia por metro cúbico de aire.
* Adopción en 2001.
+ Propuestas de Modificación.
+
() Los valores adoptados entre paréntesis son los que se han propuesto para modificación.
+ Propuestas para revisión

APÉNDICES ADOPTADOS

Apéndice A: Carcinogenicidad

Es conocido el incremento en la preocupación pública sobre los productos o procesos que causan o contribuyen al aumento del riesgo de cáncer en los trabajadores. Métodos más sofisticados de bioensayo, así como la utilización de modelos matemáticos complicados para extrapolar los niveles de riesgo en los trabajadores, han conducido a interpretaciones diferentes de las sustancias químicas o procesos que deberían ser clasificados como carcinógenos humanos y sobre cuál debería ser el nivel máximo de exposición. Las categorías de la carcinogenicidad son las siguientes:

A1 - Carcinógenos confirmados en el humano: el agente es carcinógeno en los humanos de acuerdo con el peso de la evidencia de los estudios epidemiológicos.

A2 - Carcinógenos con sospecha de serlo en el humano: los datos en humanos se aceptan que son de calidad adecuada, pero son conflictivos o insuficientes para clasificar al agente como carcinógeno confirmado en el humano; o, el agente es carcinógeno en los animales de experimentación a dosis, vías de exposición, puntos de tipo histológico o por mecanismos que se consideran importantes en la exposición de los trabajadores. La clasificación A2 se utiliza principalmente cuando existe evidencia limitada de carcinogenicidad en el humano y evidencia suficiente en los animales de experimentación en relación con la de aquéllos.

A3 - Carcinógenos confirmados en los animales con comportamiento desconocido en los humanos: el agente es carcinógeno en los animales de experimentación a dosis relativamente elevadas, vía o vías de administración, puntos de tipo histológico o por mecanismos que pueden no ser importantes en la exposición de los trabajadores. Los estudios epidemiológicos disponibles no confirman un incremento del riesgo de cáncer en los humanos expuestos. La evidencia existente no indica que el agente probablemente cause cáncer en los humanos, excepto por vías o niveles de exposición no frecuentes o poco probables.

A4. No clasificables como carcinógenos en humanos: agentes que preocupa pueden ser carcinógenos en los humanos, pero no pueden evaluarse de forma concluyente por ausencia de datos. Los estudios in vitro o en animales no indican carcinogenicidad suficiente para clasificar al agente en cualquiera de las otras categorías.

A5 No sospechoso como carcinógeno en humanos: el agente no es sospechoso de ser carcinógeno en humanos basándose en los estudios epidemiológicos realizados adecuadamente en éstos. De estos estudios se disponen de suficientes historias fiables de seguimiento de la exposición durante largo tiempo, dosis

suficientemente elevadas y de la potencia estadística adecuada para concluir que la exposición al agente no conlleva un riesgo significativo de cáncer para el humano; o, los hechos que sugieren la ausencia de carcinogenicidad en los animales de experimentación están avalados por los datos obtenidos con modelos teóricos.

La exposición a los carcinógenos debe ser mínima. Los trabajadores expuestos a los carcinógenos encuadrados en A1 deben estar equipados adecuadamente para eliminar virtualmente toda exposición al carcinógeno.

Para los carcinógenos A1 con valor límite umbral y para los A2 y A3, la exposición para los trabajadores por cualquier vía de absorción debe controlarse cuidadosamente a niveles tan bajos como sea posible por debajo del valor límite umbral.

APENDICE B: Sustancias de composición variable

B1. Productos de la descomposición del politetrafluoroetileno*

La descomposición térmica, en el aire, de la cadena fluorocarbonada provoca la formación de productos oxidados que contienen carbono, flúor y oxígeno. Dado que estos productos se descomponen en parte por hidrólisis en solución alcalina, se los puede determinar cuantitativamente en el aire como fluoruro con objeto de dar un índice de exposición. Actualmente no se recomienda valores límite umbral, pero la concentración en el ambiente debe ser lo más baja posible (*Algoflón®, Fluón®, Teflón®, Tetran®, son marcas registradas).

B2. Humos de soldadura, Partículas Totales (No especificadas de otra forma): Valor límite umbral: 5mg/m³.

Los humos de soldadura no son sencillos de clasificar. La composición y cantidad de los humos y el total de partículas dependen de la aleación que se suelda y del proceso y de los electrodos que se usan. No se puede realizar un análisis fiable de los humos sin tener en cuenta la naturaleza del proceso y el sistema de soldadura objeto del examen: metales reactivos como el aluminio y el titanio y las aleaciones se sueldan al arco en una atmósfera protectora inerte, por ejemplo, de argón. Estos arcos originan una cantidad relativamente pequeña de humos, pero dan lugar a una intensa radiación que puede producir ozono. Para soldar aceros al arco, se emplean procesos similares, que también originan un nivel relativamente bajo de humos. También se sueldan al arco aleaciones de hierro en atmósferas oxidantes, lo que genera una cantidad considerable de humo y puede producir monóxido de carbono en lugar de ozono. Generalmente, tales humos se componen de partículas discretas de escorias amorfas que contienen hierro, manganeso, sílice y otros elementos constituyentes metálicos según las aleaciones de que se trate. Cuando se sueldan al arco aceros inoxidable, en los humos se encuentran compuestos de cromo y níquel. En la formulación de algunos electrodos revestidos y de núcleo de fundente, entran fluoruros y los humos asociados con ellos pueden contener una cantidad significativamente mayor de fluoruros que de óxidos. Debido a los factores apuntados, frecuentemente hay que verificar si los humos de soldadura al arco tienen los elementos individuales que es probable que estén presentes en ellos, para determinar si se sobrepasan los valores límites umbral específicos. Las conclusiones basadas en la concentración total de humos son, generalmente, adecuadas si en la varilla para soldar el metal o el revestimiento metálico no hay elementos tóxicos y las condiciones no contribuyen a la formación de gases tóxicos.

APENDICE C:

Valores límites umbral para mezclas

Cuando estén presentes dos o más sustancias peligrosas que actúen sobre el mismo sistema de órganos, se deberá prestar atención primordialmente a su efecto combinado más que al de cualquiera de dichas sustancias por separado. A falta de información en contrario, los efectos de los distintos riesgos se deben considerar como aditivos.

Es decir, si la suma de

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

es mayor que la unidad, se debe considerar que se sobrepasa el valor límite umbral correspondiente a la mezcla. En las fracciones los términos C indican las concentraciones atmosféricas halladas para cada sustancia componente de la mezcla y los términos T los correspondientes CMP de cada una de estas sustancias (véanse los ejemplos A.1 y B.1).

Se puede hacer excepciones a esta regla cuando haya motivo suficiente para creer que los efectos principales de las distintas sustancias nocivas no son, en realidad, aditivos sino independientes, como ocurre cuando los distintos componentes de la mezcla producen efectos puramente locales en distintos órganos del cuerpo

humano. En tales casos, debe considerarse que la mezcla excede el CMP cuando por lo menos una de sus sustancias componentes rebasa su VLU específico, o sea cuando cualquier fracción de la serie ($C_1/T_1 + \delta + C_2/T_2$, etc.) alcance valores superiores a la unidad. (Véase el ejemplo B.1)

Con algunas combinaciones de contaminantes ambientales, pueden darse efectos de acción sinérgica o potenciadora. En tales casos por el momento deben ser determinados individualmente. Los agentes potenciadores o sinérgicos no son necesariamente nocivos por sí mismos, También es posible potenciar los efectos de la exposición a dichos agentes por vías distintas de la inhalación como, por ejemplo, la ingestión de alcohol que coincida con la inhalación de un narcótico (tricloroetileno). La potenciación se presenta, de manera característica, a concentraciones altas y, con menor probabilidad, si son bajas.

Cuando una operación o un proceso determinado se caracteriza por la emisión de diversos polvos, humos, vapores o gases nocivos, frecuentemente sólo es factible tratar de evaluar el riesgo mediante la medición de una sola sustancia. En tales casos, el valor límite umbral de esta sustancia aislada y medida deberá reducirse mediante la aplicación de un determinado factor cuya magnitud dependerá del número, de la toxicidad y de la relativa proporción de los otros factores presentes normalmente en la mezcla.

Ejemplos típicos de operaciones y procesos laborales en los que se dan asociaciones de dos o más contaminantes ambientales nocivos son los siguientes: soldadura, reparación de automóviles, voladura con explosivos, pintura, lacado, ciertas operaciones de fundición, humos de escape de los motores diesel, etc.

Ejemplos de valores límite umbral para mezclas

A. Efectos aditivos

Las fórmulas que a continuación se indican, sólo se aplican cuando los componentes de una mezcla tienen efectos toxicológicos similares, no debiendo hacerse uso de ellas para mezclas cuya reactividad difiera ampliamente como, por ejemplo, las del cianuro de hidrógeno y el dióxido de azufre, en cuyo caso se debe emplear la fórmula correspondiente a los efectos independientes.

1. Caso general. Cuando se analiza el aire para determinar el contenido de cada componente, el valor límite umbral de la mezcla es:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} = 1$$

Es esencial analizar el ambiente, tanto cualitativa como cuantitativamente respecto a cada uno de los componentes presentes a fin de evaluar si se cumple o no este valor límite umbral calculado.

Ejemplo A. 1. El aire contiene 400 ppm de acetona (CMP, 500 ppm), 150 ppm de acetato de secbutilo (CMP, 200 ppm) y 100 ppm de metiletilcetona (CMP, 200 ppm).

Concentración ambiental de la mezcla = $400+150+100 = 650$ ppm de la mezcla.

$400/500 + 150/200 + 100/200 = 0.80 + 0.75 + 0.5 = 2.05$

Se sobrepasa el valor límite umbral de la mezcla.

2. Caso especial.

Cuando la fuente de contaminación es una mezcla líquida y se presume que la composición ambiental es similar a la del material original como, por ejemplo, cuando sobre la base de un tiempo de exposición estimado como promedio, la mezcla líquida (disolvente) se evapora, eventualmente, en su totalidad.

Cuando se conoce la composición porcentual (en peso) de la mezcla líquida, el valor límite umbral de cada componente debe expresarse en mg/m³.

$$\text{CMP de la mezcla} = \frac{1}{\frac{f_a}{\text{CMP}_a} + \frac{f_b}{\text{CMP}_b} + \frac{f_c}{\text{CMP}_c} + \frac{f_n}{\text{CMP}_n}}$$

Para evaluar la concordancia con este CMP, en el laboratorio se deben calibrar los instrumentos de toma de muestra de campo para obtener la respuesta cualitativa y cuantitativa a esta mezcla específica de vapor y aire, así como a las concentraciones fraccionarias de la misma como por ejemplo las correspondientes a: $\frac{1}{2}$ CMP, $\frac{1}{10}$ CMP, $2 \times$ CMP, $10 \times$ CMP, etc.

Ejemplo A.2.

El líquido contiene (en peso):

50% de heptano:

CMP = 400 ppm ó 1.640 mg/m³

1 mg/m³ = 0,24 ppm

30% de metilcloroformo:

CMP = 350 ppm ó 1.910 mg/m³

20% de percloroetileno: $1 \text{ mg/m}^3 = 0,18 \text{ ppm}$
 $\text{CMP} = 25 \text{ ppm} \text{ ó } 170 \text{ mg/m}^3$
 $1 \text{ mg/m}^3 = 0,15 \text{ ppm}$

$$\text{CMP de la mezcla} = \frac{1}{\frac{0,5}{1.640} + \frac{0,3}{1.910} + \frac{0,2}{170}} = \frac{1}{0,00030 + 0,00016 + 0,00118}$$

$$= 1 / 0,00164 = 610 \text{ mg/m}^3$$

De esta mezcla,
 el 50% ó (610) (0,5) = 305 mg/ m³ son de heptano
 el 30% ó (610) (0,3) = 183 mg/m³ son de metilcloroformo
 el 20% ó (610) (0,2) = 122 mg/m³ son de percloroetileno
 Estos valores pueden convertirse en ppm de la siguiente manera:
 heptano: 305 mg/m³ x 0,24 = 73 ppm
 metilcloroformo: 183 mg/m³ x 0,18 = 33 ppm
 percloroetileno: 122 mg/m³ x 0,15 = 18 ppm
 $\text{CMP de la mezcla} = 73 + 33 + 18 = 124 \text{ ppm} \text{ ó } 610 \text{ mg/m}^3$

B. Efectos independientes

CMP correspondiente a la mezcla

$$\frac{C_1}{T_1} = 1; \quad \frac{C_2}{T_2} = 1; \quad \frac{C_3}{T_3} = 1; \quad \text{etc.}$$

Ejemplo B.1 El aire contiene 0,05 mg/m³ de plomo (CMP = 0,05) y 0,7 mg/m³ de ácido sulfúrico (CMP = 1)

$$\frac{0,05}{0,05} = 1; \quad \frac{0,7}{1} = 0,7$$

Por lo que no se ha sobrepasado el valor límite.

C. Valor CMP para mezclas de polvo de minerales

Para las mezclas de polvos de minerales biológicamente activos, se puede usar la fórmula general para mezclas que se da en A.2.

APENDICE D: Criterios de muestreo selectivo por tamaño de partícula para aerosoles

Para las sustancias químicas que se encuentran en el aire inhalado en forma de suspensiones de partículas sólidas o gotículas, el riesgo en potencia depende del tamaño de las partículas, así como de la concentración másica a causa de: 1) los efectos del tamaño de las partículas sobre el lugar de deposición en el tracto respiratorio y 2) la tendencia a asociar muchas enfermedades profesionales con el material depositado en determinadas regiones del tracto respiratorio.

Los valores límite selectivos por Tamaño de Partícula se expresan de las tres formas siguientes:

1. Valores CMP de la Masa de Partículas Inhalable (IPM - CMPs) correspondientes a aquellos materiales que resultan peligrosos cuando se depositan en cualquier parte del tracto respiratorio.
2. Valores CMP de la Masa de Partículas Torácica (TPM - CMPs) para aquellos materiales que son peligrosos al depositarse en cualquier parte de las vías pulmonares y la región de intercambio de gases.
3. Valores CMP de la Masa de Partículas Respirable (RPM - CMPs) para aquellos materiales que resultan peligrosos cuando se depositan en la región de intercambio de gases.

Las tres fracciones másicas de partículas descritas anteriormente se definen en términos cuantitativos de acuerdo con las ecuaciones siguientes:

A. La Masa de partículas Inhalable (IPM) consiste en aquellas partículas que se recogen de acuerdo con la eficacia de captación siguiente, con independencia de la orientación del muestreador con respecto al viento:

$$\text{IPM} (d_{ae}) = 0,5 [1 + \exp(-0,06 d_{ae})] \quad \text{para } 0 < d_{ae} \leq 100 \mu\text{m}$$

En donde:

$$\text{IPM} (d_{ae}) = \text{eficacia de captación} \quad d_{ae} = \text{diámetro aerodinámico de la partícula } \mu\text{m}$$

B. La Masa de partículas Torácica (TPM) consiste en aquellas partículas que se recogen de acuerdo con la eficacia de captación siguiente:

$$\text{TPM} (d_{ae}) = \text{IPM} (d_{ae}) [1 - F(x)]$$

en donde:

F (x) = la función de probabilidad acumulada de una variable x normal estandarizada

$$x = \frac{\ln(d_{ae}/\Gamma)}{\ln(\Sigma)}$$

ln = logaritmo neperiano

$\Gamma = 11,64 \text{ mm}$

$\Sigma = 1,5$

C. La Masa de Partículas Respirable (RPM) consiste en aquellas partículas que se recogen de acuerdo con la eficacia de captación siguiente:

$$\text{RPM}(d_{ae}) = \text{IPM}(d_{ae}) [1 - F(x)]$$

En donde:

F (x) tiene el mismo significado que en la fórmula anterior, pero para

$\Gamma = 4,25 \mu\text{m}$ y $\Sigma = 1,5$

Las eficacias de captación representativas de varios tamaños de partícula para cada una de las masas de las fracciones respectivas se dan en las tablas 1, 2 y 3.

TABLA - 1 INHALABLE

Diámetro aerodinámico de la partícula (μm)	Masa de partículas inhalable (IPM) %
0	100
1	97
2	94
5	87
10	77
20	65
30	58
40	54.5
50	52.5
100	50

TABLA- 2 TORACICA

Diámetro aerodinámico de la partícula (μm)	Masa de partículas torácica (TPM) %
0	100
2	94
4	89
6	80,5
8	67
10	50
12	35
14	23
16	15
18	9,5
20	6
25	2

TABLA 3 - RESPIRABLE

Diámetro aerodinámico de la partícula (μm)	Masa de partículas respirable (RPM) %
0	100
1	97
2	91

3	74
4	50
5	30
6	17
7	9
8	5
10	1

INTRODUCCION A LOS INDICES BIOLÓGICOS DE EXPOSICION

El control biológico es un medio de evaluar la exposición y el riesgo para la salud de los trabajadores. Conlleva la medida de la concentración de un determinante químico en el medio biológico de los expuestos y es un indicador de la incorporación de una sustancia al organismo.

Los índices Biológicos de Exposición son valores de referencia para evaluar los resultados del control biológico. Representan los niveles de los determinantes que con mayor probabilidad han de observarse en las muestras tomadas en los trabajadores sanos que han estado expuestos por inhalación a los compuestos químicos en el mismo grado que el valor límite umbral.

Las excepciones con respecto a lo anterior son los índices biológicos de exposición para los compuestos químicos cuyos valores límite umbral están basados en la protección frente a los efectos no sistémicos (p.e. irritación o deterioro respiratorio) en donde es conveniente realizar el control biológico debido a la absorción potencial significativa a través de una vía adicional de entrada (generalmente la vía dérmica).

El control biológico refleja indirectamente la dosis de un trabajador a la exposición o del compuesto químico en cuestión. El índice biológico de exposición generalmente representa la concentración por debajo de la cual la mayor parte de los trabajadores no deberían experimentar efectos adversos para la salud.

El determinante propuesto como índice biológico de exposición puede ser el mismo compuesto químico, uno o más metabolitos o un cambio bioquímico reversible característico inducido por el propio compuesto. En la mayoría de los casos las muestras utilizadas en el control biológico son la orina, la sangre o el aire exhalado.

El control biológico sirve de complemento a la evaluación de la exposición a través del muestreo ambiental.

DOCUMENTACION

Los índices biológicos de exposición se establecen a través de análisis y evaluación; como guía de Toma de Muestra, Conservación y Transporte para Análisis Toxicológicos, establecida por Resolución N° 650/2002 del Ministerio de Salud Pública (B.O. N° 30.002 del 10-10-2002).

Relación entre los Índices Biológicos de Exposición y los valores límites umbrales

Los determinantes de los índices biológicos de exposición son un índice de la "entrada de uno o más compuestos químicos en el organismo".

La evaluación ambiental, para comparar con el valor límite umbral, indica la "exposición" potencial por inhalación de un individuo o grupo.

Toma de muestra

Debido a que la concentración de algunos determinantes puede cambiar rápidamente, el tiempo de la toma de la muestra (tiempo de muestreo) es muy importante y debe respetarse y anotarse cuidadosamente. El tiempo de muestreo se indica en la lista de los valores, adoptados de los índices biológicos de exposición y está establecido teniendo en cuenta la permanencia del determinante en el organismo.

Notaciones

"B" = concentración de fondo

El determinante puede estar presente, en muestras biológicas tomadas en sujetos que no han estado expuestos laboralmente, a concentraciones que podrían afectar a la interpretación del resultado.

Estas concentraciones de fondo están incluidas en el valor del índice biológico de exposición.

"Nq" = no cuantitativo

El control biológico para estos compuestos se basa en las revisiones de actualización, sin embargo, no puede establecerse un índice biológico de exposición específico debido a la insuficiencia de datos.

"Ns" = inespecífico

El determinante es inespecífico ya que también puede encontrarse después de la exposición a otras sustancias.

"Sq" = semicuantitativo

El determinante biológico es un indicador de la exposición al compuesto químico, pero la interpretación cuantitativa de su medida es ambigua.

Estos determinantes deben utilizarse como una prueba de selección (screening) cuando no se pueda realizar una prueba cuantitativa o usarse como prueba de confirmación, si la prueba cuantitativa no es específica y el origen del determinante es dudoso.

Diámetro aerodinámico Masa de partículas de la partícula (μm) respirable (RPM) %

DETERMINANTES BIOLÓGICOS DE EXPOSICIÓN ADOPTADOS						
SUSTANCIA DETERMINANTE o ANALITO	N° CAS	AÑO	MOMENTO DEL MUESTREO	IBE		NOTACION
				VALOR	UNIDAD	
ACETONA Acetona en orina	67-64-1	1990	Al final del turno	50	mg/L	Ns
ACRILONITRILLO Tiocianatos en orina	107-13-1			2,5	mg/g creatinina	
ALCOHOL ISOPROPILICO Acetona en orina	67-63-0			2	mg/g creatinina	

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

DETERMINANTES BIOLÓGICOS DE EXPOSICIÓN ADOPTADOS						
SUSTANCIA DETERMINANTE o ANALITO	N° CAS	AÑO	MOMENTO DEL MUESTREO	IBE		NOTACION
				VALOR	UNIDAD	
ANILINA p-Aminofenol total en orina Metahemoglobina en sangre	62-53-3	1991	Al final del turno Durante o al final del turno	50 1,5%	mg/g creatinina de hemoglobina	Ns B, Ns, Sq
ANTIMONIO Antimonio en orina	7440-36-0			35	mcg/g creatinina	
ARSENICO ELEMENTAL Y COMPUESTOS INORGANICOS SOLUBLES Arsénico inorgánico más metabolitos metilados en orina	7440-38-2	2000	Al final de la semana de trabajo	35	µg As/l	B
BENCENO Acido S -fenilmercaptúrico en orina Acido t, t-mucónico en orina	71-43-2	1997 2000	Al final del turno Al final del turno	25 500	µg/g creatinina µg/g creatinina	B B
BERILIO Berilio en orina	7440-41-7			< 2	mcg/g creatinina	
CADMIYO Y COMPUESTOS INORGANICOS Cadmio en orina Cadmio en sangre		1993	No crítico No crítico	5 5	µg/g creatinina µg/L	B B
CIANUROS Tiocianatos en orina				6	mg/g de creatina	
CLOROBENCENO 4-Cloroacetalcol total en orina p-Clorofenol total en orina	108-90-7	1992	Al final del turno Al final del turno	150 25	mg/g creatinina mg/g creatinina	Ns Ns
COBALTO Cobalto en orina Cobalto en sangre	7440-48-4	1995	Al final del turno del último día de la semana de trabajo Al final del turno del último día de la semana de trabajo	15 1	µg/L µg/L	B B, Sq
CROMO (VI), humos solubles en agua Cromo total en orina		1990	Incremento en el turno. Al final del turno del último día de la semana de trabajo	10 30	µg/g creatinina µg/g creatinina	B B
DICLOROMETANO Carboxihemoglobina	75-09-2			3,5	% de Hb. total	
N,N-DIMETILACETAMIDA N-Metilacetamida en orina	127-19-5	1995	Al final del turno del último día de la semana de trabajo	30	mg/g creatinina	
N,N-DIMITILFORMAMIDA (DMF) N-Metilformamida en orina N-Acetil-S - (N-metilcarbamoil) cistaina en orina	68-12-2	1999	Al final del turno Antes del último turno de la semana	15 40	mg/L mg/L	Sq
DISULFURO DE CARBONO Acido 2 Tioazotidin4 - carboxílico (TTCA) en orina	75-15-0	1988	Al final del turno	5	mg/g creatinina	
ESTIRENO Acido mandélico en orina Acido fenilglicólico en orina Estireno en sangre	100-42-5	1986	Al final del turno Antes del turno siguiente Al final del turno Antes del turno siguiente Al final del turno Antes del turno siguiente	800 300 240 100 0,55 0,02	mg/g creatinina mg/g creatinina mg/g creatinina mg/g creatinina mg/L mg/L	Ns Ns Ns Sq Sq
ETILBENCENO Acido mandélico en orina Etilbenzeno en la última parte del aire exhalado	100-41-4	1986	Al final del turno del último día de la semana de trabajo	1,5	g/g creatinina	Ns Sq
2-ETOXIETANOL (EGEE) y ACETATO DE 2- ETOXIETILO (EGEEA) Acido 2-etoxiacético en orina	110-80-5 111-15-9	1994	Al final del turno del último día de la semana de trabajo	100	mg/g creatinina	
FENOL Fenol total en orina	108-96-2	1987	Al final del turno	250	mg/g creatinina	B, Ns
FLUORUROS Fluoruros en orina		1990	Antes del turno Al final del turno	3 10	mg/g creatinina mg/g creatinina	B, Ns B, Ns
FURFURAL Acido furóico total en orina	98-01-1	1991	Al final del turno	200	mg/g creatinina	B, Ns
+ n- HEXANO + + 2,5 - Hexanodiona en orina + n- Hexano en la última parte del aire exhalado	110-54-3	1987	(Al final del turno)	(5)	mg/g creatinina	Ns Sq
INDUCTORES DE METAHEMOGLOBINA Metahemoglobina en sangre		1990	Durante o al final del turno	1,5%	de hemoglobina	B, Ns, Sq

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

DETERMINANTES BIOLÓGICOS DE EXPOSICIÓN ADOPTADOS						
SUSTANCIA DETERMINANTE o ANALITO	N° CAS	AÑO	MOMENTO DEL MUESTREO	IBE		NOTACION
				VALOR	UNIDAD	
MANGANESO Manganeso en orina	7439-96-5			3	mcg/g creatinina	
MERCURIO Mercurio inorgánico total en orina		1993	Antes del turno	35	µg/g creatinina	B
Mercurio inorgánico total en sangre			Al final del turno del último día de la semana de trabajo	15	µg/L	B
METANOL Metanol en orina	67-56-1	1995	Al final del turno	15	mg/L	B, Ns
METIL-BUTIL-CETONA 2, 5- Hexanodiona				4	mg/g de creatinina	
METIL CLOROFORMO Metil cloroforno en la última parte del aire Exhalado	71-55-6	1980	Antes del último turno de la semana de trabajo	40	ppm	
Ácido tridoroacético en orina			Al final de la semana de trabajo	10	mg/L	Ns, Sq
Tridoroacéto total en orina			Al final del turno del último día de la semana de trabajo	30	mg/L	Ns, Sq
Tridoroacéto total en sangre			Al final del turno del último día de la semana de trabajo	1	mg/L	Ns
4,4 METILENOBIS-(2-CLOROANILINA) (MBOCA) MBOCA total en orina	101-14-4	1997	Al final del turno			Nq
METILCETONA (MEK) MEK en orina	78-93-3	1988	Al final del turno	2	mg/L	
METILISOBUTILCETONA (MIBK) MIBK en orina	108-10-1	1993	Al final del turno	2	mg/L	
2-METOXIETANOL (EGME) Y ACETATO DE 2-METOXIETILO (EGMEA) Ácido 2-metoxiacético en orina	109-86-4 110-49-6	1996	Al final del turno del último día de la semana de trabajo			Nq
MONOXIDO DE CARBONO Carbohemoglobina en sangre CO en la última parte del aire exhalado	630-08-0	1993	Al final del turno Al final del turno	3,5% 20	de hemoglobina ppm	B, Ns B, Ns
NIQUEL Niquel en orina	7440-02-0			<5	mcg/g de creatinina	
NITROBENCENO p-Nitrofenol total en orina	98-95-3	1991	Al final del turno del último día de la semana de trabajo	5	mg/g creatinina	Ns
Metahemoglobina en sangre			Al final del turno	1,5%	de hemoglobina	B, Ns, Sq
PARATHION p-Nitrofenol total en orina	56-38-2	1980	Al final del turno	0,5	mg/g creatinina	Ns
Actividad colinesterásica en células rojas			Opcional	70%	de la línea base de la persona	B, Ns, Sq
PENTAFLUOROBENCENO (PF5) PF5 total en orina	87-86-5	1988	Antes de comenzar el último turno de la semana de trabajo	2	mg/g creatinina	B
PF5 libre en plasma			Al final del turno	5	mg/L	B
PENTOXIDO DE VANADIO Vanadio en orina	1314-62-1	1995	Al final del turno del último día de la semana de trabajo	50	µg/g creatinina	Sq
PLAGUICIDAS INHIBIDORES DE LA ACETILCOLINESTERASA Actividad colinesterásica en células rojas			Opcional	70%	de la línea base de la persona	Ns
PLOMO (ver nota al pie de página) Plomo en sangre		1998	No crítico	30	µg/100ml	
SELENIO Selenio en orina	7782-49-2			25	mcg/g creatinina	
TETRAFLUOROETILENO Percloroetileno en la última parte del aire Exhalado	127-18-4	1997	Antes del último turno de la semana de trabajo	5	ppm	
Percloroetileno en sangre			Antes del último turno de la semana de trabajo	0,5	mg/L	
Ácido tridoroacético en orina			Al final de la semana de trabajo	3,5	mg/L	Ns, Sq
TETRAHIDROFURANO Tetrahidrofurano en orina	109-99-9	2000	Al final del turno	8	mg/L	

Nota: Las mujeres en período fértil cuyo Pb en sangre exceda de 10 mg/dl corren el riesgo de tener hijos con Pb en sangre por encima de este valor, actualmente recomendado por los Centros de Control de Enfermedades. Si el Pb en sangre de los hijos permanece elevado corren el riesgo de tener un déficit cognitivo. El Pb en sangre de estos niños debe controlarse frecuentemente y adoptar las medidas necesarias para minimizar su exposición al Pb ambiental.

9. EFECTOS DE LAS SUSTANCIA SOBRE EL HOMBRE

Podemos decir que los efectos de una sustancia sobre el hombre dependen de diversos factores:

- Efecto específico de las sustancias nocivas.
- Concentración
- Tiempo de exposición

Nota:

Ver **figura 107.** donde se presenta el ANEXO II Correspondiente al artículo 61 de la Reglamentación aprobada por el Decreto N° 351/79

Efecto específico de las sustancias nocivas:

(toxicidad intrínseca), que es la capacidad inherente de la sustancia de producir lesiones, sus propiedades físico - químicas (como ser la volatilidad, solubilidad, grado de ionización, etc.)

Concentración:

Son las circunstancias específicas de su uso, asociadas a la temperatura y el medio ambiente.

Tiempo de exposición:

Esta asociada a la duración de la exposición y a la frecuencia que esta se efectúa. Se debe tener en cuenta que la mayoría de las enfermedades laborales se presentan con un desarrollo lento y progresivo, la exposición a un contaminante puede ser de larga data antes que presente un cuadro con alteraciones patológicas, llegando a veces a confundir con enfermedades crónicas y por lo general son irreversibles, como por ejemplo la neumonocloniosis, que se produce por la inhalación por largo tiempo de partículas de polvo respirable tal como la sílice

Son polvos importantes, por ejemplo, los que están constituidos por cuarzo, amianto, sílice, plomo, cemento, etc.

Como humos podemos citar, el que se desprende al efectuar las soldaduras, los provenientes del óxido de zinc, etc.

Los gases en cambio son agregados elementales o directamente moléculas presentes en el aire, entre estos se encuentran principalmente el monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno, cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, etc. En cambio, los vapores son una forma de sustancias gaseosas en suspensión en equilibrio con sus componentes líquidos y sólidos, teniendo gran importancia los vapores de solventes tal como el benceno, tetracloroetano, tricloroetileno, etc.

Y niebla son partículas líquidas en suspensión donde en primer lugar figura la de los aceites, que suelen ser el producto del mecanizado por arranque de viruta, etc.

En lo referente a este punto podemos decir que existe una relación entre la dosis y el efecto fisiológico producido sobre el hombre expuesto a elementos nocivos en el transcurso de su labor

En primera instancia se hace un estudio para averiguar cual es el elemento químico que afecta al individuo y como llegar a evitar su contacto, saber cuan grave es la lesión dadas las propiedades del elemento en cuestión

El efecto es consecuencia directa de una causa que se puede cuantificar en dosis, en consecuencia, el efecto de la merma de la salud es el resultado de una causa, la cual se mide en dosis agresivas

La dosis es la cantidad suministrada (en función directa con la concentración) y el tiempo

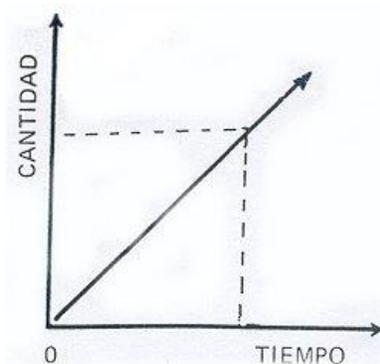


Figura 108.Dosis, representación esquemática de los efectos en función del tiempo y la cantidad

10. EFECTO DE LAS SUSTANCIAS NOCIVAS

Las sustancias nocivas pueden llegar a cuerpo por medio de varias vías una es la inspiración, otra es el contacto con la piel, ojos o por vías digestivas, además de presentar molestias a las personas que trabajan con ellas, les pueden causar consecuencias agudas y crónicas de la salud. Por ello se habla de *Toxicidad local*, es el caso de ingestión o del contacto con sustancias corrosivas (por ejemplo, ácidos y bases), o la inhalación de productos irritantes (por ejemplo, SO₂, Cl₂, etc.). Cuando los efectos se producen dentro del organismo lejos del punto de entrada, se denomina *toxicidad sistémica*, la cual necesita la absorción y distribución de la sustancia o de sus metabolitos desde el punto de contacto hasta el lugar de su acción nociva.

Nota:

En la **figura 101.** del **punto 7.** menciona los tipos de sustancias nocivas ahora mediante la **figura 107.** daremos ejemplos de casa una de ellas.

POLVOS	Sílice, asbestos, algodón, lino, madera, sustancias inertes, óxidos metálicos, talco, metales, granos, etc.
HUMOS	Carbón, asfalto, petróleo, etc.
HUMOS METÁLICOS	Cromo, hierro, níquel, titanio, plata, plomo magnesio, cobalto, magnesio, estaño, cadmio, cinc, etc.
NIEBLAS	Ácido cianhídrico, ácido clorhídrico, hidróxido sódico, ácido sulfúrico, ácido crómico, aceite mineral, etc.
GASES	Monóxido de carbono, dióxido de carbono, cloro, ozono, sulfuro de hidrógeno, óxidos nitrosos, dióxido de azufre, etc.
VAPORES	Hidrocarburos aromáticos, cíclicos y alifáticos, cetonas, estrés, alcoholes, derivados clorados, etc.

Figura 109. Tipos de contaminantes Químicos (Ejemplos)

Antes de continuar agregaremos dos factores importantes los intrínsecos y los extrínsecos, que son factores que dan a lugar sobre la persona expuesta a diversos tipos de trastornos, los mismos se observan en la **figura 110.**

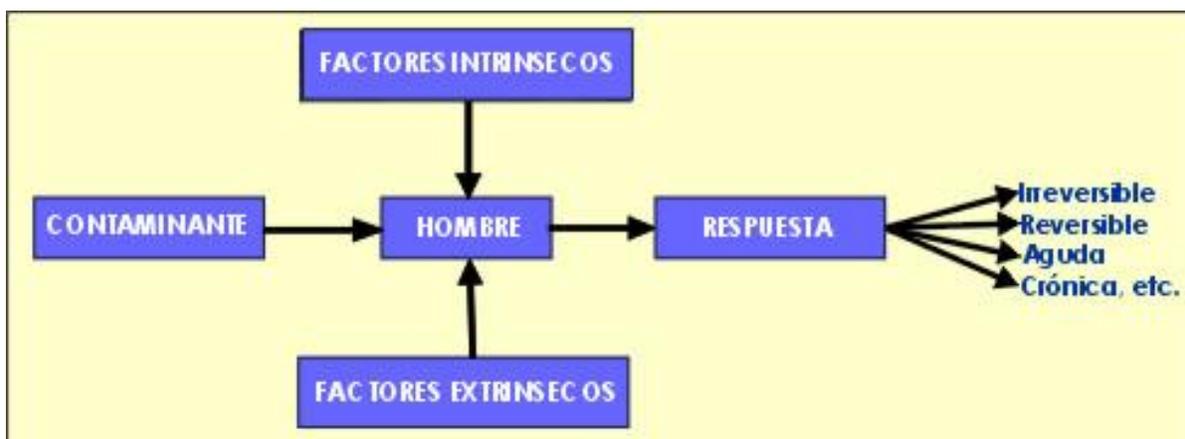


Figura 110. Factores según su origen

Factores intrínsecos:

Son aquellos en los que las personas no pueden ejercer ningún tipo de control (estos son susceptibles al individuo en si, edad, sexo, etc.)

Factores extrínsecos:

Son aquellos en los que el hombre puede actuar para efectuar su control (como ser la concentración del mismo en el aire, la duración en el medio ambiente o de la exposición, los cambios de las mismas, producto de hábitos como el caso del tabaco, drogas, alcohol, etc.)

La mayoría de las sustancias cuestionadas tienen efectos tóxicos sistémicos, pero el hecho que una sustancia, tenga una toxicidad local no implica que además tenga efectos sistémicos, por su penetración en el cuerpo.

Los órganos que son más frecuentemente afectados por la exposición a sustancias químicas son la piel, los pulmones, el hígado, el sistema nervioso central, los riñones y la médula ósea, por ello se habla de sustancias neumotóxicas, nefrotóxicas, neurotóxicas, etc. El órgano receptor del tóxico y dañado por este se denomina *órgano diana*.

Los gases o vapores suelen presentar efectos irritantes de la piel, corrosivo, formando eczemas y venenoso.

Las nieblas de aceite de alta concentración llevan también a formar eczemas y/o también irritación de los pulmones

Los polvos pueden ser venenos o formar tejido conjuntivo.

Existen muchos factores que hacen más vulnerable a un órgano determinado a la acción de una sustancia (acción tóxica de *xenobióticos*), donde podemos citar las características bioquímicas y fisiológicas del órgano y la situación de las vías de transporte de la sustancia. Por ejemplo los pulmones son más sensibles a sustancias absorbidas por inhalación, pero el hígado es más sensible a las sustancias absorbidas por ingestión.

Los tejidos con elevada capacidad metabólica como el hígado, los pulmones o los riñones son más sensibles a compuestos que sufren una *bioactivación*, (transforman en un metabolito más tóxico una sustancia absorbida), dándose también el caso opuesto.

Tejidos con mayor nivel de división celular como la médula ósea, el tracto gastrointestinal y la piel son más sensibles al efecto de elementos anticancerosos y a ciertos carcinógenos.

En función de la duración de la exposición a la cual sobrevienen los efectos tóxicos ya sea por una simple exposición o por exposición múltiple podemos decir que se trata de *toxicidad aguda*, esta ocurre en un período inferior a 24 hs, *toxicidad subaguda* esta se produce en varios días o varias semanas y *toxicidad crónica* cuando esta ocurre en el paso del tiempo. Cuando el efecto de elemento es inmediato se denomina *toxicidad inmediata* o cuando surge un tiempo después de la exposición hablamos de *toxicidad retardada*. Cuando se da el caso de una

persona que sufre una afección mucho más grande que el normal de la población hablamos de una *toxicidad idiosincrática*.

Hay que tener en cuenta con el factor tiempo la frecuencia de la exposición, para efectuar el análisis entre el tiempo transcurrido entre dosis (exposiciones) y la capacidad de eliminación natural por parte del organismo, dándose los casos:

- El tóxico acumulado es inferior al eliminado entre exposiciones
- El tóxico acumulado es superior al eliminado entre exposiciones (cada exposición adiciona el efecto puede llegar a ser irreversible)

Cuando los efectos son temporales se hable de reversibles, o permanentes irreversibles en el caso contrario.

11. VIAS DE ENTRADA DE LOS CONTAMINANTES EN EL ORGANISMO

Los contaminantes físicos no tienen vías de entrada específica al organismos específicos, como consecuencia a que los cambios energéticos que afectan a órganos concretos, pero en cambio los contaminantes químicos y biológicos tienen vías de entrada perfectamente localizadas, de las que se pueden citar:

- Vías respiratorias:

Está formada por todo el sistema respiratorio (nariz, boca, laringe, bronquios y alvéolos pulmonares)

Es en si la vía principal e cuanto a importancia para la mayoría de los contaminantes tanto químicos como biológicos y por ello es la más estudiada de todas.

- Vía cutánea:

En importancia es la segunda vía de entrada de los contaminantes tanto químicos como biológicos, pues estos pueden entrar al organismo vía dérmica o, a través de toda su superficie o vehiculizado por otra sustancia.

- Vía digestiva:

Comprende el sistema digestivo (boca, esófago, estomago e intestinos)

- Vía mucosa:

Esta vía está constituida por la mucosa conjuntiva del ojo

- Vía perentanal:

Constituye la vía de entrada más grave e importante para los contaminantes biológicos y para ciertas sustancias químicas al

producirse la penetración directa del contaminante en el organismo a través de las discontinuidades de la piel (heridas, inyecciones o punciones).

12. ANATOMIA

Para poder comprender los mecanismos que afectan al organismo en la contaminación y de la actuación dentro de las vías de entrada analizaremos en parte el organismo humano.

12.1 SISTEMA RESPIRATORIO

La energía que necesita el hombre para sus múltiples actividades deriva de la oxidación, la cual consiste en la transferencia de los átomos de hidrógeno de una molécula llamada dador de hidrógeno a otra receptora denominada aceptador de hidrógeno. El último aceptador de la cadena del metabolismo es el oxígeno, el cual se convierte en agua. Dado que solo puede almacenar pequeñas cantidades de oxígeno (como la hemoglobina o, en músculos, en la forma de oximioglobina, que es similar), la continuidad del metabolismo depende del suministro en forma ininterrumpida de oxígeno a cada célula, casi todas las células mueren en forma más o menos rápida si se le elimina el suministro de oxígeno, siendo las más sensibles las cerebrales, las cuales sufren un daño irreparable pasados entre 3 y 4 minutos sin recibir el vital elemento.

Por lo tanto, la función respiratoria consiste en un intercambio de gases, el anhídrido carbónico es eliminado del sustrato por reacciones químicas, la descarbonización o eliminación del anhídrido carbónico de una molécula más grande, se puede realizar en forma independiente de la utilización de oxígeno. (la eliminación del anhídrido carbónico producido y la utilización del oxígeno se efectúa simultáneamente

El anhídrido carbónico producido es eliminado del organismo, ya que la reacción con el agua forma ácido carbónico, CO_3H_2 , por ello la denominación de respiración se utiliza en el proceso en que las células toman oxígeno y eliminan anhídrido carbónico, y convierten energía de una forma biológicamente aprovechable, como ser el ATP (trifosfato de adenosina),

El término respiración se emplea como inspiración y expiración. Respiración artificial en el caso que se haga con ayuda externa al organismo y finalmente también simplemente respiración en el intercambio de gases de una célula.

El sistema respiratorio humano está constituido por una serie de elementos, como ser los pulmones, los conductos por cuyo intermedio el aire llega hasta aquellos, en la **figura 111**. se presenta un esquema del mismo.

Para dar una clara formación del sistema respiratorio podemos decir que el aire penetra por los *orificios nasales externos*, que se abren en la *cavidad nasal*, (dos cavidades simétricas que se encuentran en la nariz, inmediatamente detrás de ellas por donde se comunican y reúnen en un único conducto), una gran cámara, dorsal respecto de la cavidad bucal y central con respecto al cerebro, dicha cavidad contiene los órganos sensoriales del olfato, el aire es filtrado y calentado al pasar por esta cavidad, cuando los capilares se dilatan en exceso provocan una hiposecreción de mucus, la cual obstruye el paso (tapa la nariz) y crea los síntomas de resfrío. Y de allí pasa a la faringe.

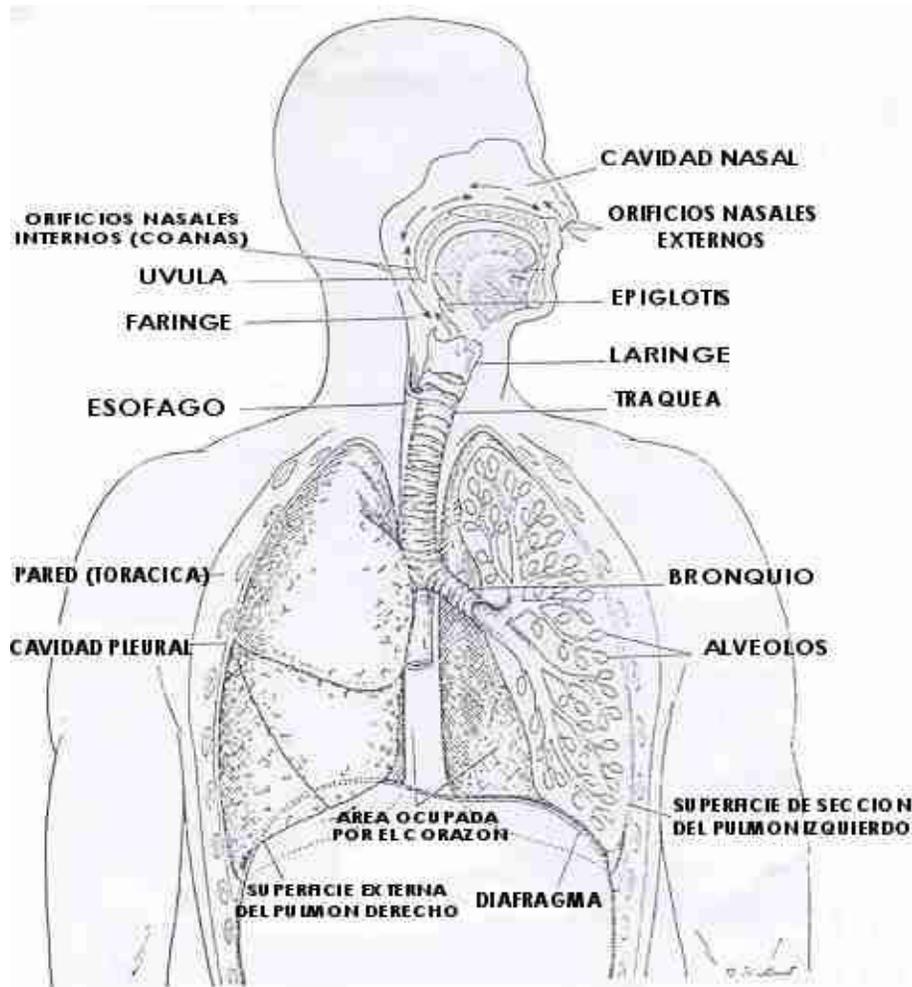


Figura 111. Esquema del sistema respiratorio

La *faringe*, es una cavidad que se encuentra detrás de la bucal semiseparada de ella por medio del *velo del paladar*, de hecho, también se puede respirar por la boca y que esto es forzoso cuando uno se encuentra con las vías obstruidas como ser cuando se está resfriado.

La faringe cumple doble función dentro de las vías respiratorias y el sistema digestivo como se mencionará nuevamente, pues en ella pasan los alimentos al deglutirlos y el aire al respirar.

En la **figura 102.** se puede observar la faringe, en la faringe se cruzan los trayectos seguidos de estos y por el aire inspirado, ya que, a partir de ella, el conducto respiratorio desciende por el cuello hasta el tórax, colocado por delante del digestivo.

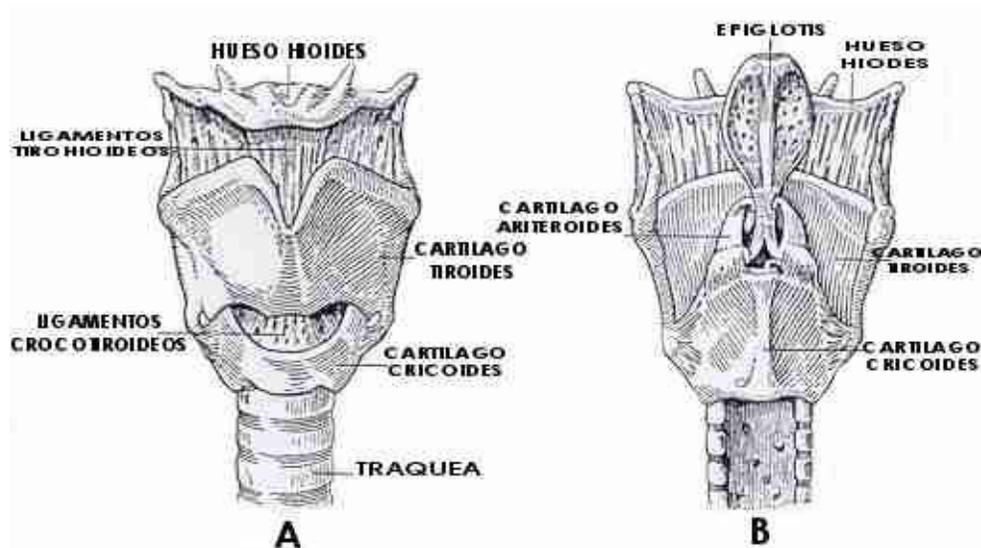


Figura 112. Hueso hioides, laringe y arranque de la tráquea (Según Testut), A, cara anterior, B, cara posterior

El aire inspirado pasa de la faringe a la *laringe*, (que es un tubo corto que se halla en la parte media y anterior del cuello en contacto casi directo con la piel, por sus conexiones, la laringe ejecuta una serie de movimientos de ascenso y de descenso, apreciables a simple vista o con el tacto en le *momento* de deglutir, este es un órgano de paredes resistentes, con un esqueleto compuesto por un par de cartílagos impares y por otro par, el cartílago *tiroides* es ancho semianillo situado encima del *cricoides*, el cual forma un anillo completo.

En su borde superior el primero tiene una profunda escotadura terminada en una forma de pico que es apreciable a través de la piel, la cual se llama vulgarmente la nuez, sobre el borde superior de la parte posterior del cricoides y junto a la línea media, se encuentran dos pequeños cartílagos *arttenoides* que están unidos por una membrana fibrosa y la parte del borde superior del tiroides también está unida con el hueso *hioides* como se aprecia en la **figura 112.**, hay además un fibro cartílago laríngeo, la *epiglotis*, que es una delgada lámina la cual posee un punto fijo anterior que girando sobre él, desciende en forma de opéculo durante la deglución, cierra la entrada de la laringe impidiendo el paso de los alimentos y la saliva al resto del sistema respiratorio, de no cerrar la epiglotis el paso de los alimentos, estos penetran a la tráquea produciéndose un fuerte acceso de tos

para expulsar los elementos extraños del sistema respiratorio (es lo que se llama atragantarse).

La *tráquea* es un tubo cuya sección transversal tiene forma de "D", estando constituida por un conjunto de anillos cartilagosos abiertos por detrás y separados por otros fibrosos, la parte plana de la tráquea (posterior), está constituida por una membrana fibrosa que posee algunas fibras musculares lisas cuya contracción disminuye el calibre del tubo, lo cual permite contrarrestar la presión elevada del aire cuando se tose,

(Además si la tráquea no tuviera los anillos cartilagosos, durante la inspiración cuando la presión del aire es menor que la atmosférica colapsaría).

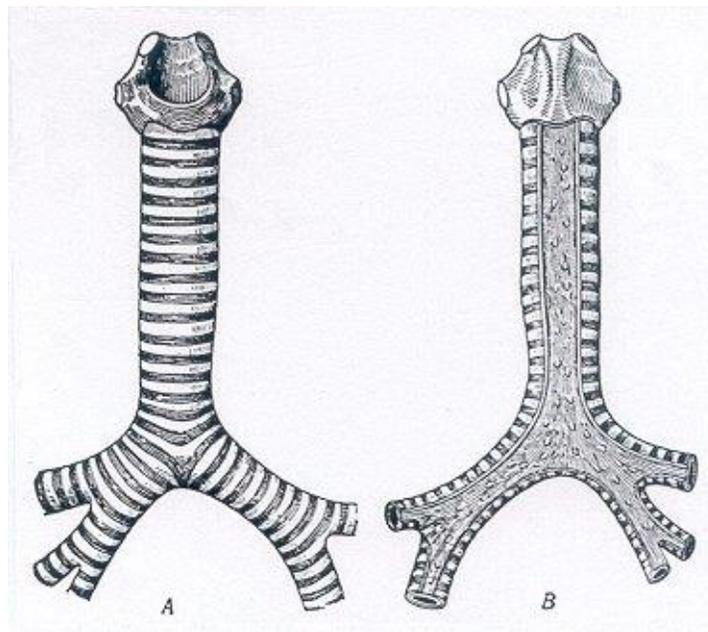


Figura 113. Esquema de la tráquea y los bronquios (Según Testut) A, cara anterior, B, cara posterior.

Al alcanzar la parte central del tórax, (al nivel de la primera costilla) en lo que se llama mediastino, que es el espacio existente entre los dos pulmones, la tráquea se divide, dando origen a dos *bronquios*, (derecho e izquierdo), cada uno de los cuales se dirige a un pulmón, teniendo una estructura similar a la de la tráquea.

Dentro de los pulmones cada bronquio se ramifica repetidamente dando lugar a tubos cada vez más delgados que llevan hasta las cavidades terminales.

Volviendo a la estructura principal diremos que los dos pulmones ocupan casi toda la cavidad torácica, siendo órganos esponjosos debido al aire que contienen y su forma se adapta a las paredes del tórax, en la **figura 114.** se aprecian los pulmones.

Estos tienen unas profundas fisuras que separan grandes partes del pulmón (en *lóbulos*), tres en el derecho y dos en el izquierdo, el que es algo más chico debido al espacio del mismo mediastino que ocupa el corazón, en ambos pulmones la cara interna es algo cóncava, el lugar por donde entran los bronquios se denomina *hilio*, también allí penetra la vena pulmonar y por donde sale las arterias, además también pasan los nervios que corresponden a estos órganos.

Como mencionamos anteriormente los bronquiolos llegan a cavidades terminales, desembocando en los, *sacos alveolares*, donde existen minúsculas cavidades denominadas *alvéolos*, pequeños sacos con delgada pared epitelial, arrugada (para aumentar la superficie) recorrida por una gran cantidad de vasos sanguíneos, a través de los cuales se efectúa el intercambio de gases

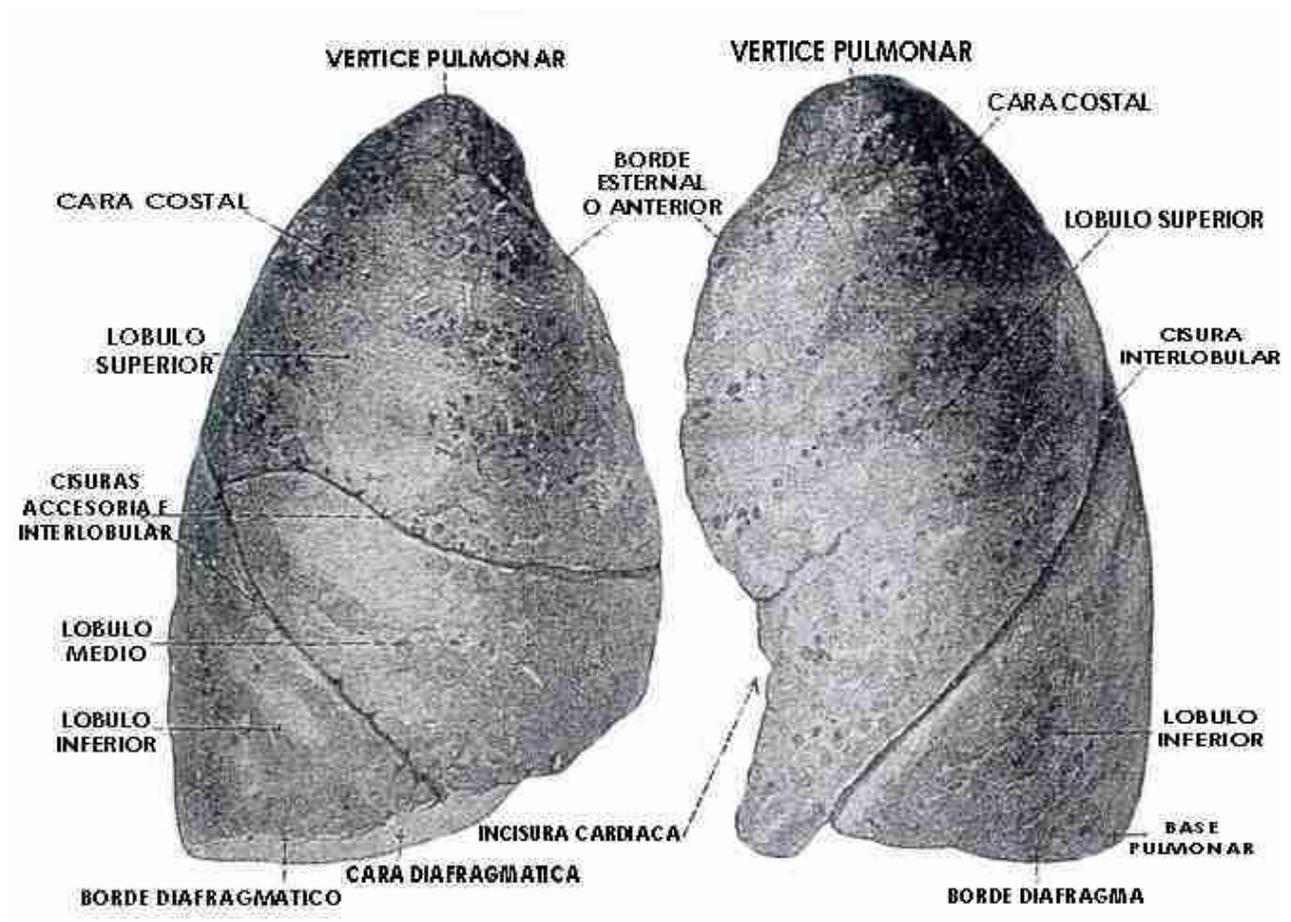


Figura 114. Pulmones (Según Spalteholz)

La reunión de varios alvéolos adyacentes da origen a los *lobulillos pulmonares*, los que están separados entre si por medio de tabiques de tejido conjuntivo que da solidez al órgano

Los pulmones están recubiertos en forma individual por una *pleura* que se ajusta a la piel externa, la misma está formada por dos hojas, la parietal que se adapta a la

pared del tórax y la visceral, adherida al pulmón, dichas hojas son serosas como las sinoviales de las articulaciones, se deslizan suavemente una sobre la otra durante los movimientos de respiración, la cavidad existente entre ellas se encuentra fusionada en el hilio y en el diafragma (ver **figura 117.**)

El espacio existente entre ambas hojas tiene una presión inferior a la atmosférica, por lo que se dice que la presión intrapleurésia es negativa.

Las paredes de los alvéolos son delgadas y húmedas, o que hace que las moléculas de gas puedan pasar con facilidad a través de las mismas en dirección de los capilares, se estima que la superficie total de los alvéolos por donde se difunden los gases es mayor a los 93 m², es decir aproximadamente cincuenta veces la superficie de la piel del hombre.

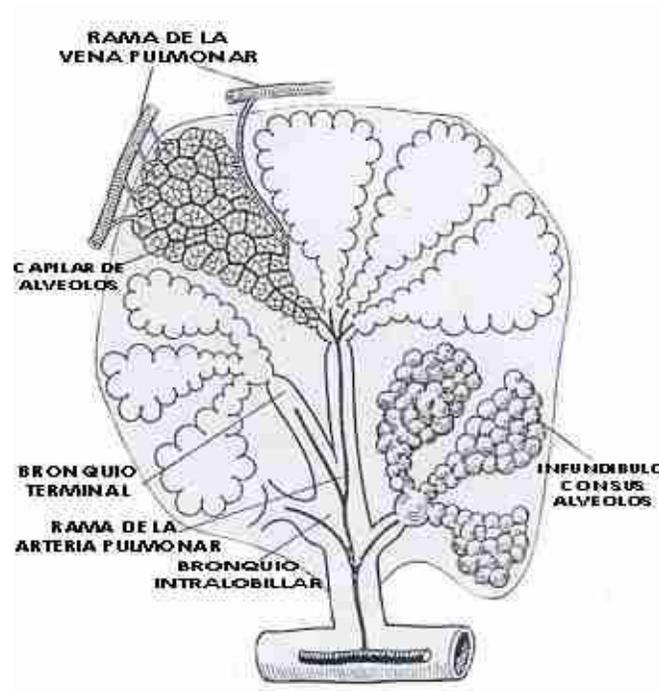


Figura 115. Esquema de un lobulillo pulmonar (Según Testut)

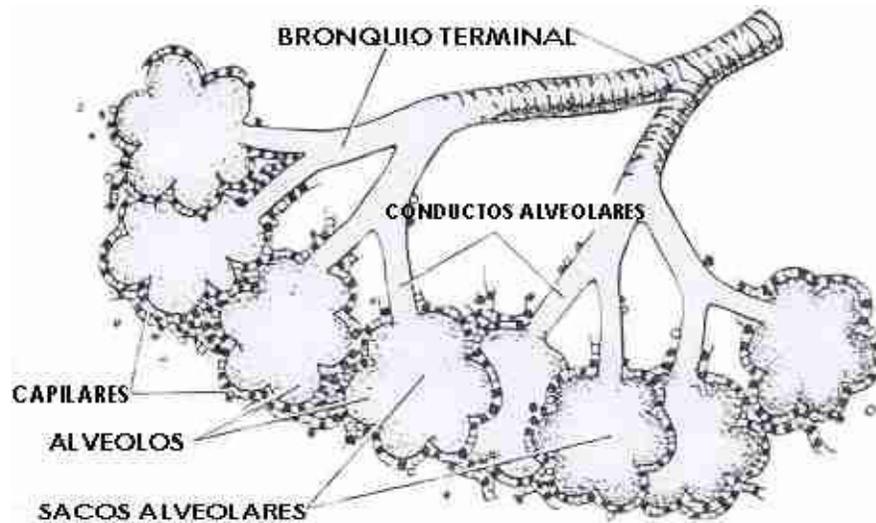


Figura 116. Esquema de la sección pulmonar muy aumentada que denota los sacos alveolares y la pequeña proximidad existente entre alvéolos y los capilares pulmonares que contienen los glóbulos rojos.

Nota:

El epitelio de revestimiento segrega mucus y además tiene células ciliadas, las que se mueven en forma constante en la misma dirección y cuando su posea sobre su superficie húmeda partículas sólidas, tal como polvo, estas son retenidas por el mucus, y llevadas por el mencionado movimiento de los cilias, hacia la faringe, creando así un medio de defensa contra la aspiración de bacterias.

En los conductos bronquiales menores (bronquiolos), sus paredes se hacen delgadas, desapareciendo la capa de cartílago y las células ciliadas son reemplazadas por epitelio pavimentoso.

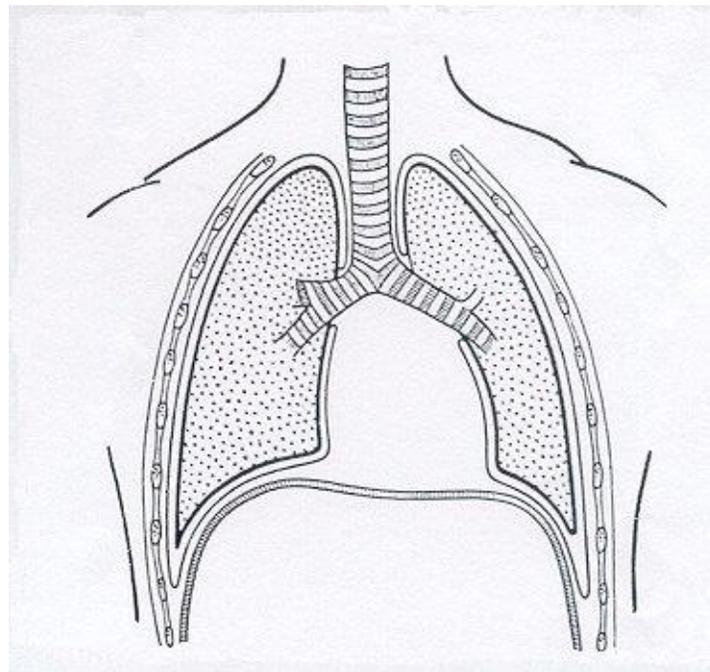


Figura 117. esquema de la situación de pulmones y pleuras en la cavidad torácica

En algunas regiones de las paredes de los alvéolos puede no haber células epiteliales planas y el aire del alvéolo está en contacto con los capilares.

12.1.1. MECÁNICA RESPIRATORIA

Para comenzar aclararemos la diferencia existente entre respiración, (intercambio de gases entre las células y el medio ambiente), la cual consta de tres fases bien diferenciadas, respiración externa, transporte por medio de la corriente sanguínea y la respiración interna.

Mecánica respiratoria es el proceso de introducir el aire en los pulmones (inspiración) y luego expulsarlo (expiración), el tiempo en el cual se hace un ciclo varía constantemente por los diversos factores que hemos ido tratando, pero podemos considerar que en condiciones normales una persona sana sin carga física realiza entre 15 y 18 ciclos por minuto.

Para que el aire penetre en los pulmones y luego sea expulsado, los órganos deben dilatarse y contraerse, siguiendo los movimientos de la caja torácica, que aumenta su volumen durante la inspiración y lo disminuye durante la expiración, esto ocurre al girar las costillas, cuyo punto de apoyo se encuentra en las articulaciones costovertebrales, cuando se levanta llevando consigo al esternón, aumentando el diámetro del tórax, y ocurre lo contrario que lo anterior en la expiración.

Los músculos respiratorios y el diafragma, tienen una estructura y una disposición que los hace fácilmente móviles, cuando es necesario aumentar la caja durante la inspiración, los músculos costales se contraen, empujando los extremos anteriores de las costillas hacia arriba y hacia fuera, cosa que es posible por la articulación de tipo bisagra de las costillas con la columna vertebral.

Hacia arriba y hacia fuera lo cual es factible por la articulación de tipo bisagra que existe entre las costillas y la columna vertebral, el piso de la cavidad torácica, el diafragma, se contrae disminuyendo su convexidad, lo que hace aumentar la cavidad torácica.

El aumento del volumen produce una disminución de la presión intrapulmonar y cuando esta disminuye por debajo de la presión atmosférica el aire del medio ambiente penetra al sistema a través de la tráquea, los bronquios en los sacos alveolares y luego a los alvéolos.

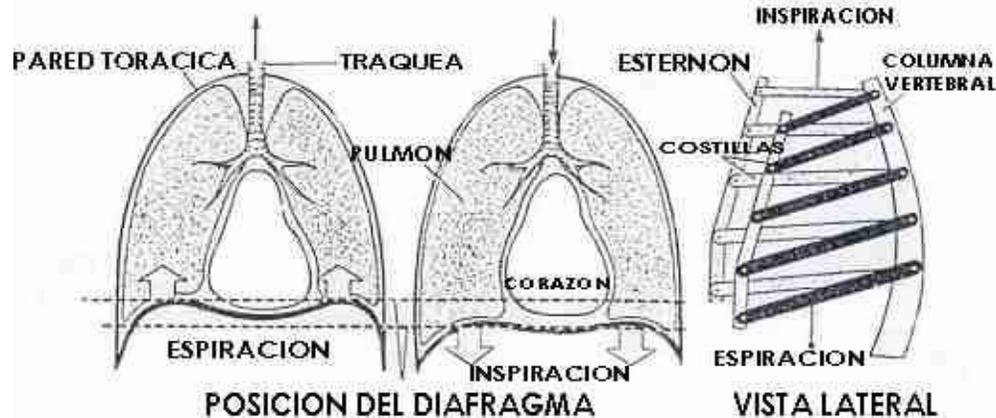


Figura 118. Cambios de posición del diafragma en la espiración e inspiración, que determina variaciones del volumen de la cavidad pulmonar, (esquemas de la izquierda). (Esquema izquierdo) Modificaciones de la posición de la jaula torácica durante la espiración y la inspiración. La elevación del extremo anterior de las costillas, realizada por los músculos torácicos, origina un aumento del diámetro anteroposterior del tórax, y un aumento correspondiente del volumen de la cavidad pulmonar. Estos dos factores, al aumentar el volumen de la cavidad torácica, determinan la entrada de la cantidad correspondiente de aire. (Según Ville C. A.)

En cambio en la espiración el aire sale del sistema por la elasticidad de los pulmones y por el peso de la pared torácica, cuando los músculos costales se relajan, las costillas retornan a su posición original y en forma simultánea se relaja el diafragma haciendo que los órganos abdominales lo empujen hacia arriba, por lo que también vuelve a su posición inicial, todo esto hace que el volumen torácico disminuya y con los pulmones distendidos se contraigan expelen el aire que hay en su interior.

Además de los músculos que elevan las costillas durante la inspiración, hay otro conjunto cuyas fibras se insertan perpendicularmente a las de los primeros, lo que hacen bajar el extremo anterior de las costillas y disminuyen de esta manera el volumen del tórax.

Los músculos de la pared abdominal también se contraen de tal manera que comprime los órganos situados en el abdomen contra el diafragma acelerando la contracción de los pulmones.

La tráquea, la faringe y demás conductos del sistema no tienen ningún papel activo desde el punto de vista muscular, en lo que se refiere a la mecánica respiratoria, cumplen la simple función de conductos para el transporte de los gases

Dentro de los pulmones la presión no es constante sino todo lo contrario varía constantemente, entre los ciclos de respiración, la presión intrapulmonar es igual a la atmosférica, pues hay una comunicación directa entre el interior del sistema y el

medio, pero al iniciar la inspiración, aparece una ligera disminución entre 1 y 2 m.m. de Hg. Por debajo de la presión atmosférica, en el interior de los pulmones, por lo cual el aire entra con facilidad a los pulmones. Cuando comienza a finalizar la inspiración, se comienzan a igualar las presiones interiores y exteriores.

Cuando se inicia la espiración la elasticidad pulmonar comprime el aire que posee en su interior haciendo que esta aumente entre 2 y 3 m.m. de Hg., con respecto a la presión atmosférica, y en consecuencia el aire sale del sistema hacia el medio ambiente, como es lógico al finalizar la espiración las presiones vuelven a igualarse.

12.1.2. CANTIDAD DE AIRE RESPIRADO

La cantidad de aire que una persona respira varía constantemente en límites más o menos acotados y amplios, según ésta respire tranquilamente o lo haga en forma agitada en inspiraciones profundas. No obstante normalmente se considera que una persona expulsa o inspira 500 ml, es posible expulsar aún 1.500 ml más, por contracción de los músculos abdominales, pero pese a esto a una persona normal le queda aproximadamente 1.000 ml más de aire sin expulsar.

El transcurso de una respiración normal hay en los pulmones aproximadamente 2.500 ml de aire, los que se mezclan con los 500 ml inspirados, pero en una inspiración forzada y profunda es posible introducir más de 3.000 ml más y mediante ejercicio se puede variar la cantidad de aire en los pulmones entre 500 ml y 5.000 ml, siendo muy raro superar estos valores, con equipo apropiado y después de una inspiración profunda (lo mayor posible), y luego expulsando la mayor cantidad de aire el volumen medido oscilará los 4.500 ml, esta cantidad se la denomina vital u en estos valores se da solo en atletas entrenados.

Podemos decir que se llama **aire corriente al que se renueva de continuo**

Aire complementario es el que penetra durante una inspiración forzada.

En cambio, el **aire de reserva es el que se expulsa en una espiración forzada,**

El **aire residual, de hecho, es el que permanece en los alvéolos después de haber expelido cuanto es posible,**

Aire complementario	1.500 ml.		Capacidad
Aire corriente	0,500 ml.	>	Vital
Aire de reserva	1,500 ml.		= a 3.500 ml.
<u>Aire residual</u>	<u>1,500 ml</u>		
Capacidad total	5.000 ml		

Estas cifras son solo válidas para el estado de reposo, variando sensiblemente de un individuo a otro, según su sexo, estado corporal, raza, lugar de origen, etc.

Por lo ordinario la respiración es un acto automático e inconsciente, en el cual la variación de ritmo y profundidad varia en forma también automática e inconsciente sobre la base de las necesidades corporales, en una regulación nervioso química regida desde el cerebro

La regulación nerviosa está destinada especialmente a los músculos intercostales y al diafragma, además en los bronquios se encuentran receptores sensoriales conectados con los centros nerviosos, los cuales transmiten estímulos mecánicos, ocasionando sobre todo variaciones de presiones del aire

La regulación química corre por cuenta de los gases que transporta la sangre (denotados en el incremento o decremento del oxígeno disuelto en ella), Por ello en grandes alturas el organismo por falta de oxígeno responde con un incremento del ritmo respiratorio, para adaptarse al intercambio gaseoso de la nueva composición.

12.1.3. EL AIRE EN LOS ALVEOLOS

Dado que los pulmones nunca están del todo vacíos, ni completamente llenos, por lo denotado anteriormente, en cada ciclo de respiración el aire contenido en los alvéolos posee menos oxígeno y más anhídrido carbónico que el contenido por el aire del medio ambiente, al extraer una muestra del aire alveolar al finalizar una espiración se verá que este ha perdido menos de una cuarta parte de su oxígeno, y puede ser inspirado nuevamente, si el medio ambiente no posee una correcta circulación del aire (ventilación), esto se denota con una sensación de pesadez.

ELEMENTO	AIRE ATMOSFERICO	AIRE ALVEOLAR
Nitrógeno	79,0	73,3
Oxígeno	20,96	13,2
Anhídrido carbónico	0,04	5,3
Vapor de agua	variable	6,2

Figura 119. Composición del aire atmosférico y alveolar (Según Ville, C. A.)

12.1.4. INCORPORACIÓN DEL OXIGENO

El oxígeno pasa de los alvéolos a los capilares pulmonares y el anhídrido carbónico lo hace en el sentido opuesto simplemente por el proceso físico de difusión, (un gas pasa de un lugar de mayor concentración a otro de menor concentración). El finísimo epitelio de la pared de los alvéolos separa el aire del interior del pulmón de la sangre que circula por los capilares y actúa como una membrana permeable que permite la difusión de los gases en ambos sentidos, dado que la tensión del oxígeno es mayor en el aire alveolar que en la sangre, el gas que por esa razón pasa de los alvéolos a las arterias (sangre), el anhídrido carbónico hace lo opuesto.

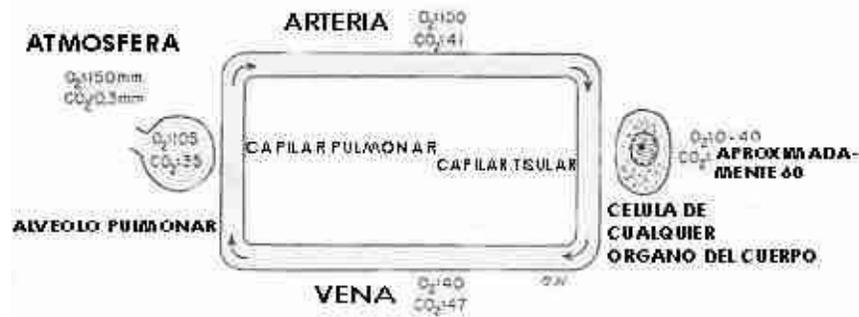


Figura 120. Esquema de las tensiones, en m.m. de Hg. Del oxígeno y el anhídrido carbónico en los pulmones, vasos y tejidos, ejemplificando los gradientes de difusión responsable del movimiento de las moléculas (Velli, C. A.)

El oxígeno una vez que se encuentra en el plasma sanguíneo, por una nueva diferencia, de concentración, el oxígeno penetra en los glóbulos rojos (o *hematíes*), los cuales poseen *hemoglobina*, la cual es encargada de hacer la fijación y vehículo.

Fijados el oxígeno en los hematíes, éstos lo transportan con la sangre circulante hacia todo el organismo, a su paso el oxígeno va siendo cedido poco a poco a los tejidos, donde son utilizados para las reacciones exotérmicas propias del metabolismo. Dicha cesión se verifica en los capilares, también en virtud de la diferencia de tensiones porque hay menos oxígeno en el plasma

El anhídrido carbónico acumulado en los tejidos como producto de las reacciones catabólicas, se difunde hacia la sangre a través de la pared de los vasos capilares siempre por el mismo principio físico, llegando al plasma sanguíneo, disolviéndose parcialmente y parte se combina con las proteínas que se encuentran en él, mientras que el resto se combina con la hemoglobina.

Cuando retorna a los capilares en los pulmones, el anhídrido carbónico pasa a través del epitelio de los alvéolos y se expulsa con el aire espirado.

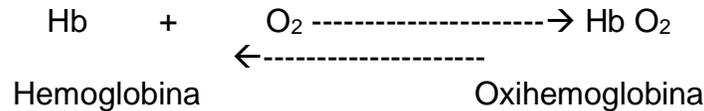
12.1.5. TRANSPORTE DEL OXÍGENO

En estado de reposo una persona normal media necesita aproximadamente 300 l de O_2 , por día, es decir unos 205 ml por minuto, como ya se mencionó con el ejercicio del trabajo y la carga del medio ambiente la cantidad requerida aumenta pudiendo llegar a superar la demanda en quince veces.

En este caso si el oxígeno pasara a los tejidos simplemente disuelto en el plasma, la sangre debería moverse a través del cuerpo a una velocidad de 180 l por min. Para llegar a suministrar la cantidad de oxígeno requerida por las diferentes células, en reposo. La sangre circula en volumen aproximadamente 5 l por minuto y alcanza a suministrar todo el oxígeno necesario por el cuerpo, la diferencia

planteada se explica por acción de la hemoglobina, la cual es un pigmento de los hematíes, la cual como se mencionó transporta la mayor parte del oxígeno y del anhídrido carbónico.

Aproximadamente el 2 % del oxígeno de la sangre está disuelto en el plasma, el restante se encuentra combinado con la hemoglobina, cuando el oxígeno penetra en los capilares pulmonares, difunde del plasma a los hematíes, combinándose con la hemoglobina, según la siguiente reacción:



Las diferencias de color de la sangre se deben a que la oxihemoglobina es de color escarlata brillante, mientras que la hemoglobina es de color púrpura

De hecho en los pulmones la concentración de oxígeno es elevada y se forma oxihemoglobina, luego la sangre sale de los pulmones, pasa a través del corazón y las arterias donde de apoco va produciendo los cambios de concentración de oxígeno con los tejidos, en donde la oxihemoglobina se encuentra en una zona del cuerpo con poco oxígeno, por lo tanto se disocia, dejando libre el oxígeno, que pasa a difundirse en las células de los tejidos, en ese estado comienza el proceso de la absorción del anhídrido carbónico, la sangre se torna más ácida y la hemoglobina pierde capacidad para transportar oxígeno.

Nota:

El sentido y la velocidad de difusión, está determinada por la presión parcial de un determinado gas, en una mezcla esta la ejerce cada uno independientemente de los otros.

A nivel del mar la presión parcial del oxígeno es unos 150 m.m. de Hg. , el aire en los alvéolos contiene menos oxígeno que el de la atmósfera, siendo de unos 105 m.m. de Hg., la sangre para rápidamente por los capilares de los pulmones, por lo que no llega a equilibrarse por completo con el aire alveolar por esta razón en las arterias la tensión llega a 100 m.m. de Hg., en los tejidos es del orden de 0 a 40 m.m. de Hg., lo que hace que esta se difunda de los capilares a los tejidos. No sale de la sangre todo el oxígeno por que la velocidad de paso no permite que el equilibrio se complete y además los tejidos poseen oxígeno residual.

La sangre que retorna a los pulmones a través de las venas posee una tensión de oxígeno del orden de los 40 m.m. Hg.

Nota:

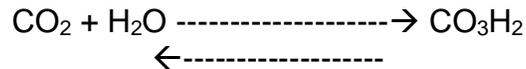
La sangre arterial con una tensión de 100 m.m. de Hg. , contiene cada 100 ml aproximadamente 19 ml de oxígeno

La sangre de las venas con una tensión de 40 m.m. de Hg. , contiene cada 100 ml aproximadamente 12 ml de oxígeno

La diferencia entre ambos tipos de sangre 7 ml es la cantidad de oxígeno entregado a los tejidos, por lo tanto 5.000 ml de sangre del cuerpo entregan 350 ml de oxígeno en cada circulación

12.1.6. TRASPORTE DE ANHIDRIDO CARBONICO

El transporte del anhídrido carbónico parte de:



En estado de reposo por metabolismo basal se produce unos 200 ml de anhídrido carbónico por minuto, si se encontrara disuelto en el plasma, el cual tiene una capacidad de transporte de 4,3 ml por 1.000ml, la sangre con un ritmo normal de circulación (4 a 5 litros por minuto) no tendría posibilidades de efectuar la tarea, y a esto hay que agregar que si se aumentara la circular una velocidad muy alta, la suficiente para poder efectuar el proceso la acidez de la sangre alcanzaría un pH de 4,5 las células no sobrevivirían, dado que soportan un estrecho margen (entre un pH de 7,2 y 7,6).

Por medio de la existencia de la hemoglobina en la sangre se logra que cada litro de ella transporte aproximadamente 50 ml de anhídrido carbónico, con solo una muy pequeña variación de pH.

Parte del anhídrido carbónico es transportado por la hemoglobina como parte de una unión química poco estable y una pequeña parte como ácido carbónico, siendo la mayor parte transformada luego en bicarbonatos, porque el mencionado ácido se neutraliza con iones de sodio o potasio cuando la oxihemoglobina se transforma en hemoglobina.

Si se analiza la tensión del anhídrido carbónico en los tejidos es de aproximadamente 60 m.m. de Hg. Mientras que en los alvéolos es de alrededor de 35 m.m , la sangre arterial tiene una tensión de unos 41 m.m. de Hg., de manera que la sangre tiene después de pasar por los pulmones gran cantidad de este gas

La transformación del anhídrido carbónico en ácido carbónico en los capilares tisulares y la conversión de este en anhídrido carbónico en los capilares de los pulmones para que se difunda a exterior es acelerada por acción enzimática

12.2. SISTEMA DIGESTIVO

El sistema digestivo del hombre es básicamente un tubo largo compuesto por una serie de órganos separados, que realizan la ingestión y la absorción de los alimentos, (ver el esquema de la **figura 2 19.**).

Se define como **ingestión** a la acción de introducir mecánicamente los alimentos, su masticación y deglución

Se denomina como **absorción** al pasaje de sustancias a través de las paredes del sistema digestivo, pudiendo ocurrir no solo cuando las moléculas de los alimentos han sufrido la digestión, sino con otros elementos no siempre beneficiosos para el organismo.

En si las paredes del sistema digestivo son unas membranas semipermeables, que permiten el paso de moléculas relativamente pequeñas.

Los alimentos comienzan a ser introducidos al sistema digestivo a través de la boca, en el interior de la misma se encuentra la cavidad bucal cuyas paredes exteriores son las mejillas u los labios, su techo es el paladar, el cual está constituido por los maxilares superiores y los palatinos, los cuales están tapizados por una mucosa, recubriendo los músculos que forman el velo del paladar, (el que es un tabique blando y oblicuo de cuyo borde inferior sobresale la *úvula* o campanilla), a cada lado tiene unos gruesos pilares musculares, y también recubiertos de mucosa, que tienen oquedades donde están las *amígdalas*, las que producen *linfocitos*, (las amígdalas se infectan con relativa facilidad, produciendo las conocidas *amigdalitis*)

El suelo de la boca está formado por la herradura que forma la mandíbula inferior, por encima de ella se encuentra la lengua de la que ya hablamos al tocar el tema de los sentidos. (Ver **figura 122.**)

Luego podemos señalar que en los maxilares se encuentran los dientes, los cuales se encargan de fragmentar los alimentos en partículas más pequeñas.

Parte de los dientes se encuentran dentro e las encías y parte sobresalen, esta parte se denomina *corona*, la parte siguiente se denomina *cuello* y la parte profunda que está dentro del hueso se denomina *raíz*, como se aprecia en la **figura 124.**

Los dientes se componen de varias capas, una de ellas la externa, la cual es sumamente dura se denomina *esmalte*, le sigue una interna no tan dura llamada *dentina*, esta tiene una característica semejante a la de los huesos, por su composición química y dureza, estando constituida por un 72 % de materia inorgánica (fundamentalmente fosfato de calcio), un 28 % de materia orgánica y por último una cavidad la cual se denomina *cavidad pulpar*, donde se encuentran los vasos sanguíneos, los nervios y un tejido blando denominado *pulpa*. (ver **figuras 124.** y **125.**)

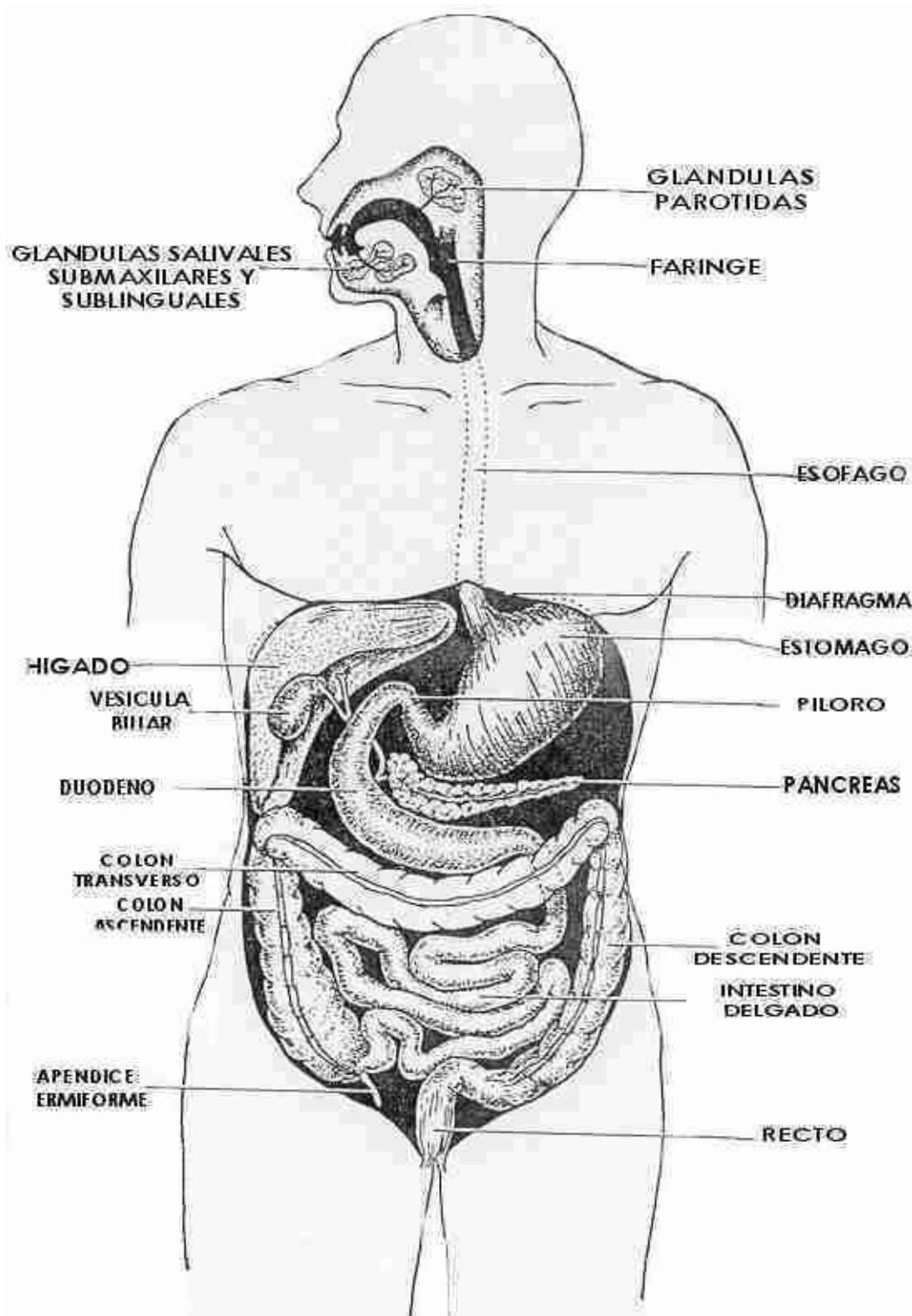


Figura 121. Esquema del sistema digestivo (Según Ville)

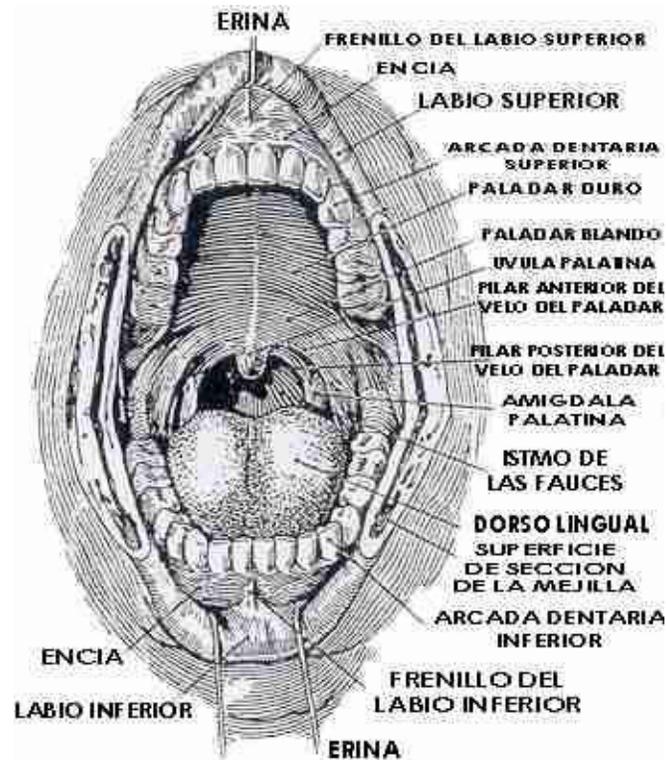


Figura 223. Cavidad bucal (Según Spalteholz)

El esmalte recubre solamente la corona y la parte superior del cuello, esta constituye la parte más dura del cuerpo, está formado por un 97 % de materiales inorgánicos. El diente se encuentra sujeto al alvéolo del hueso del maxilar por medio de una sustancia llamada *cemento*.



Figura 124 Corte sagital de un incisivo en su alvéolo (Según Spalterholtz)

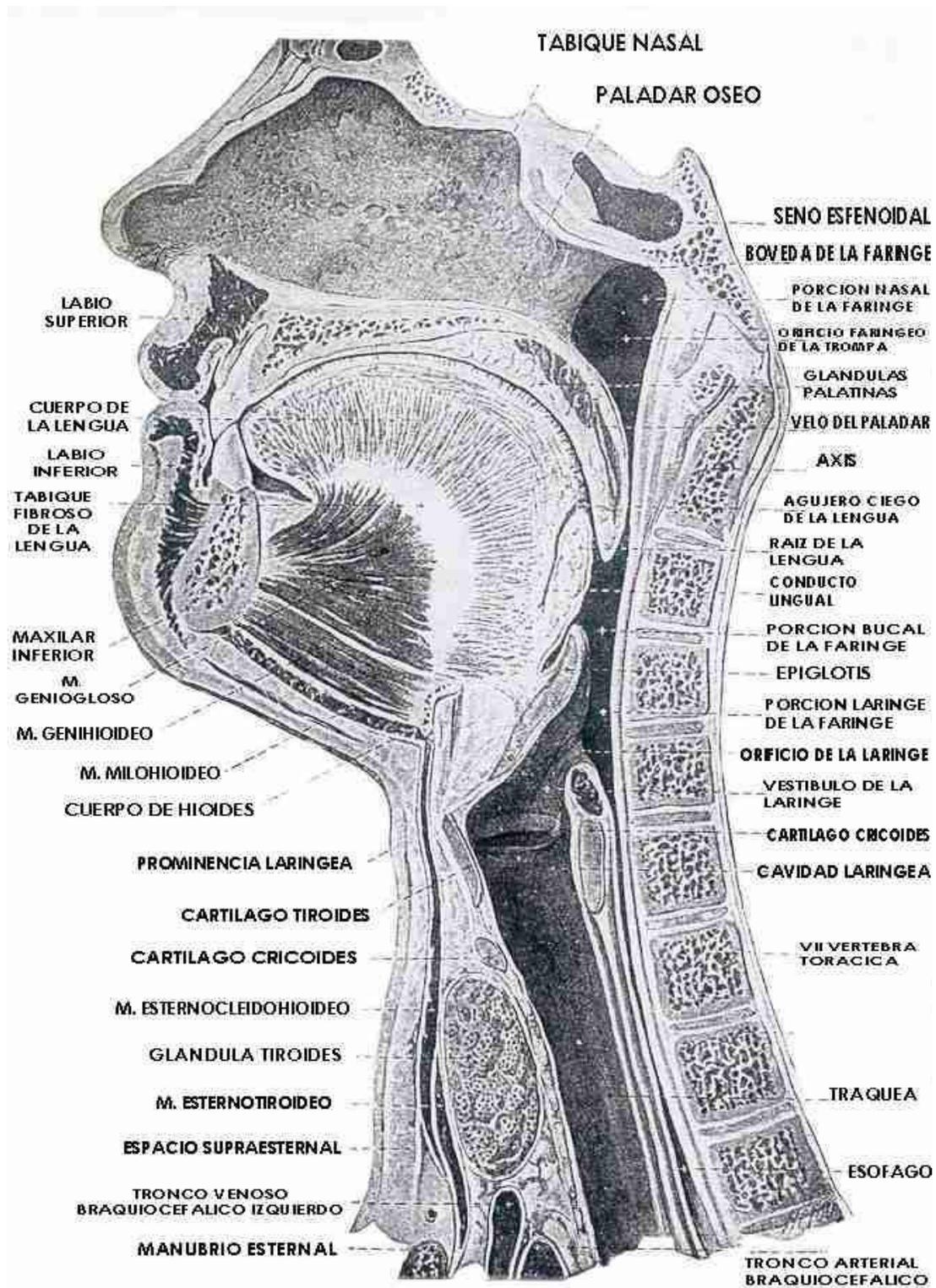


Figura 122. Corte sagital y medio de la cabeza y cuello donde se aprecia la cavidad bucal, laringe y faringe (Según Spalterholtz)

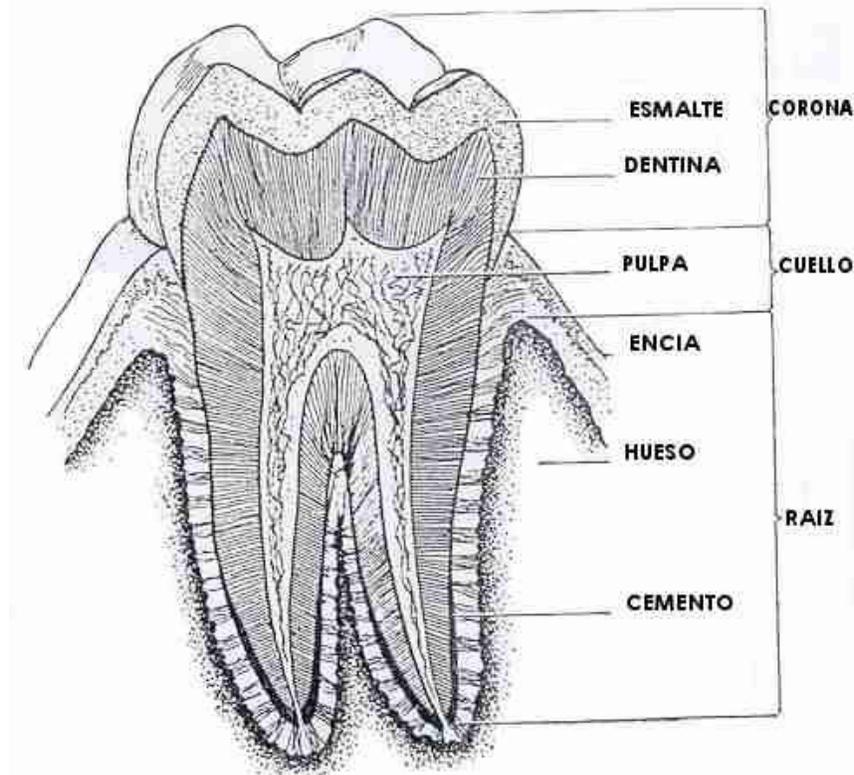


Figura 125. Corte sagital de un molar en su alvéolo (Según Ville. C. A.)

El hombre posee como todos los mamíferos distintos tipos de dientes los cuales tienen funciones distintas, los *incisivos* o dientes propiamente dichos, son los más anteriores, planos y se pueden apreciar en la **figura 125**. tienen una sola raíz, asemejándose a una espátula, son utilizados para morder

Le siguen los *caninos*, los cuales también tiene una sola raíz pero su corona es puntiaguda, se ubican en el ángulo frontal de la boca, sirven para desgarrar los alimentos, detrás de ellos se encuentran los *premolares*, tienen la corona aplanada lateralmente y presentan dos cúspides en la superficie masticatoria, le continúan los *molares*, son los de mayor tamaño poseen entre 4 y 5 cúspides y cuatro raíces (ver **figura 125**.), tienen junto con los premolares la función de masticar los alimentos, en la **figura 126**. se presenta las piezas dentarias del hombre

Dentro de la boca se encuentran también las *glándulas salivares*, las cuales segregan la saliva, que tiene la función de facilitar el descenso de los alimentos a la faringe y dar el inicio a la degradación química de los mismos.

Hay dos tipos de saliva segregadas por tres pares de glándulas, una es acuosa, que disuelve los alimentos secos y la otra mucosa que cumple la función de lubricar a los alimentos que bajan por el *esófago*, logrando además que las

partículas de alimento se mantengan unidas formando el *bolo alimenticio*, lo que facilita su deglución

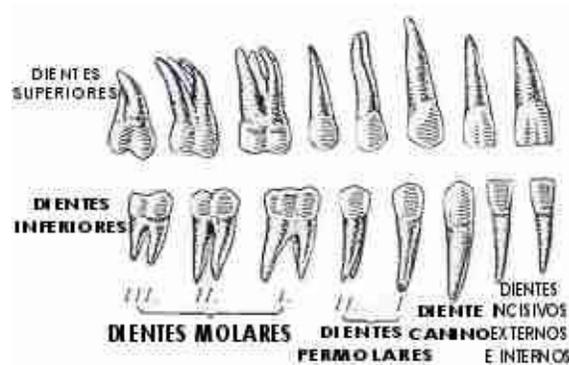


Figura 126. Piezas dentarias del hombre (Según Spalterholtz)

La saliva cumple con la función secundaria de impedir el desecamiento de la lengua, protege la mucosa y limpia la lengua, facilita el habla, pues al mojar la lengua impide que esta se pegue al paladar.

Las glándulas salivares producen aproximadamente 2 l de saliva al día, las *parótidas* que se encuentran en las mejillas, producen la saliva acuosa, las *submaxilares*, que están delante del ángulo del maxilar, producen un mezcaval de los dos tipos de saliva, lo mismo que las *sublinguales*, que están debajo de la lengua

La saliva contiene *ptialina* que es una enzima, que tiene la función de transformar el almidón en maltosa y una pequeña porción en maltasa, que transforma la maltosa en glucosa.

La saliva tiene un pH de 6,5 a 6,8, segmento de acidez donde actúa la ptialina.

Luego los alimentos pasan a la faringe la cual es una cavidad que está detrás de la bucal (detrás del paladar blando, donde se entrecruzan las vías respiratorias y digestiva, cuya forma de actuar ya fue descripta.

Allí están la glotis que conduce a la tráquea, el esófago que lleva al estómago y las trompas de Eustaquio, que van al oído medio

La deglución de los alimentos se efectúa en forma voluntaria según una serie de movimientos que se observan en la **figura 127**.

El esófago es un tubo muscular, hacia el cual pasa el alimento que se dirige hacia abajo, en su rumbo al estómago, se encuentra entre los pulmones y detrás del corazón. Antes de llegar al estómago el esófago atraviesa el diafragma, es de paredes bien desarrolladas, teniendo en el tercio superior músculo estriado y en el inferior liso.

Nota:

Todo el sistema digestivo que va desde el esófago al recto tiene una estructura similar, formada por tres capas:

- Una membrana interna (mucosa)
- Una capa muscular intermedia
- Una capa externa de tejido conectivo

La capa interna está compuesta por tejido epitelial, generalmente cilíndrico, (algunos tejidos segregan mucus lubricante).

La mucosa del estómago y los intestinos está sumamente plegada (es la manera de aumentar la superficie de absorción y secreción), teniendo todas las glándulas del tubo digestivo la característica de estar formadas por invaginaciones.

El tercio superior del estómago tiene músculos estriados en lugar de lisos.

Por lo general en el aparato digestivo hay dos capas de músculos una interna con fibras dispuestas en forma circular y una externa con disposición longitudinal, que con esta disposición facilitan los movimientos digestivos

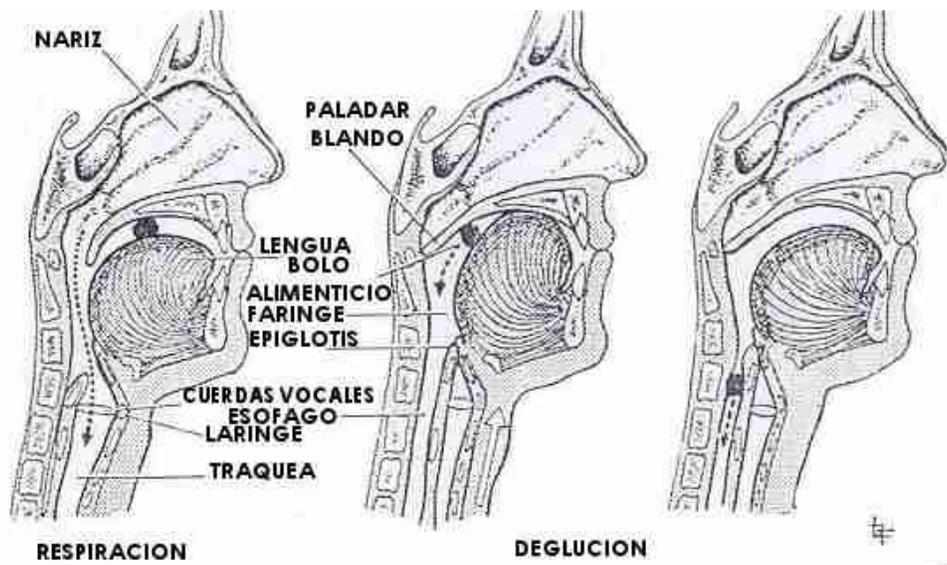


Figura 127. Esquema de la posición de la lengua y de la epiglotis durante la respiración (izq) y la deglución (centro y der.), donde se ve que el bolo alimenticio es impulsado desde la boca hacia abajo (la faringe) por la lengua, iniciando la deglución (centro). (Según Ville, C. A.)

Ante la presencia del bolo alimenticio en la parte superior del esófago produce una fuerte onda rítmica, (contracciones musculares), que se denomina *peristalsis*, que lleva el bolo al estómago, el tiempo que tardan los alimentos sólidos en el recorrido desde la boca al estómago es de aproximadamente 6 segundos, los líquidos se hacen con más velocidad, dado que descienden por acción de la gravedad

La apertura del esófago en el estómago es controlada por un anillo muscular llamado *esfínter*, el cual está normalmente cerrado, solo se abre por reflejo de la onda de contracción del esófago

El esófago desemboca en el extremo superior del estómago (ver **figura 128.**), la forma del estómago es una sucesión de dos curvas, una mayor a la izquierda y otra a la derecha.



Figura 128. Estómago vacío (Según Spalterholtz)

Este se encuentra ubicado en el lado izquierdo del cuerpo, debajo de las costillas inferiores, este "saco muscular" de paredes sumamente gruesas, se divide en tres regiones, una superior. Muy próxima al corazón llamada *fundus*, seguida por una parte debajo de ella llamada *cuerpo*, y por último una porción que finaliza en el intestino delgado llamada *pilórica*.

Además de capas musculares con fibras transversales y longitudinales como el resto del sistema digestivo, tienen una capa de fibras diagonales.

La mucosa estomacal tiene millones de microscópicas glándulas gástricas que segregan el *jugo gástrico* que contiene enzimas y ácido clorhídrico, este es extremadamente ácido, tiene un pH 1 (aproximadamente), pero en el contenido gástrico se halla mezclado con los alimentos reduciendo el pH en el orden de 3.

Como es de suponer el tamaño del estómago varía con la digestión, su capacidad máxima promedio en las personas es de unos 2,5 l.

Mientras la persona deglute el estómago se relaja para dar cabida a los alimentos, poco después que estos llegan comienza a producirse en el estómago ondas peristálticas en la región pilórica, dirigiéndose de izquierda a derecha, en dirección al orificio intestinal.

La parte restante del estómago tiene la mayor parte de los alimentos y permanece inactivo, en la medida que se va avanzando en la digestión, las ondas se van originando cada vez más hacia la izquierda hasta que toda la pared del estómago desde el extremo cardial hasta el pílorico, es atravesada por las poderosas ondas peristálticas, que cumplen con la función de mezclar el contenido del estómago, y facilitar la fragmentación mecánica de los alimentos, los cuales toman la consistencia de una sopa cremosa.

En espacios de tiempo el *esfínter pilórico* se relaja, dejando pasar una pequeña cantidad del contenido del estómago denominado en este estado *quimo*, al intestino delgado, (también se denomina quimo el contenido del intestino delgado). El pasaje del quimo del estómago al intestino delgado es facilitado por una contracción estomacal, y la apertura del esfínter pilórico, estando regulada la acción por un mecanismo que se desconoce.

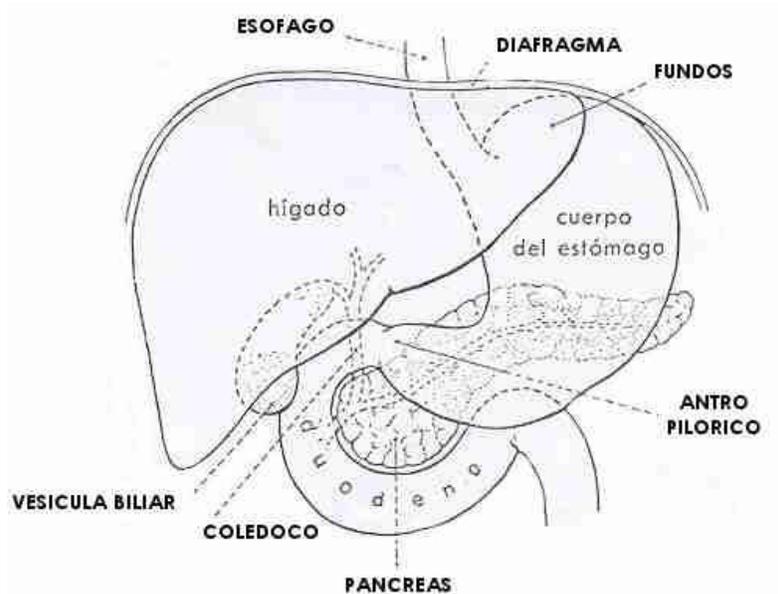


Figura 129. Esquema de las posiciones del estómago, hígado, páncreas y duodeno. (Según Ville, C. A.)

Según la cantidad y tipo de alimentos ingeridos el proceso de los alimentos en el estómago (vaciamiento de su contenido), varía entre una y cuatro horas, siendo los hidratos de carbono los más rápidos en ser procesados, luego las proteínas y por último las grasas.

Cuando el estómago está vacío, se contrae para dar una estimulación a los nervios de la pared estomacal causando la sensación de hambre.

Nota:

Cuando se ingiere algo que debe ser expulsado del estómago aparece el vómito, este puede aparecer también por irritación mecánica de la faringe (introduciendo un dedo en la garganta para producirlo cuando se traga un elemento tóxico)

El vómito es controlado por el *centro bulbar*, también llamado centro del vómito, el cual coordina las contracciones del estómago y la de los músculos de la pared abdominal, el cierre del esfínter pilórico, la apertura del esfínter de los cardias y el cierre de la glotis.

El intestino delgado, hacia el cual pasa el quimo, es un tubo largo y arrollado, de unos 7 metros de largo y de un diámetro de aproximadamente 2,5 cm., casi toda la absorción se realiza en este órgano, solo el alcohol y algunos tóxicos son absorbidos a través de la pared estomacal

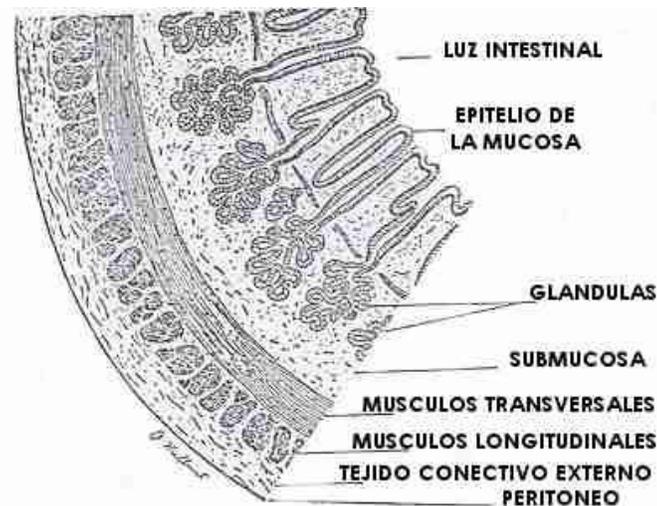


Figura 130. Sección transversal del intestino (Según Ville, C. A.)

La primera parte del intestino delgado Cerca de 30 cm. De longitud es llamado *duodeno*, tiene en la cavidad abdominal una posición fija, es mantenido en esta por medio de un ligamento que lo une al hígado, al estómago y a la pared dorsal del cuerpo, el resto del intestino delgado (y la mayor parte del grueso), está adherido a la parte dorsal del cuerpo por medio de una membrana transparente y delgada, denominada *mesenterio*, por eso es capaz de moverse con relativa libertad, el mesenterio contiene los nervios y los vasos sanguíneos que llegan de la pared del cuerpo al intestino.

En el duodeno llega el quimo y dos jugos, la *bilis* que llega desde el hígado y el *jugo pancreático*, proveniente del páncreas.

Como ya se mencionó y se observa en la **figura 130**. la pared intestinal contiene millones de pequeñas glándulas que segregan el jugo intestinal, el cual contiene enzimas, este junto con los dos anteriores se mezclan en el intestino delgado para completar el proceso digestivo.

Ante la presencia del quimo el intestino delgado se encuentra en un movimiento más o menos constante, siendo su movilidad independiente de cualquier estímulo exterior.

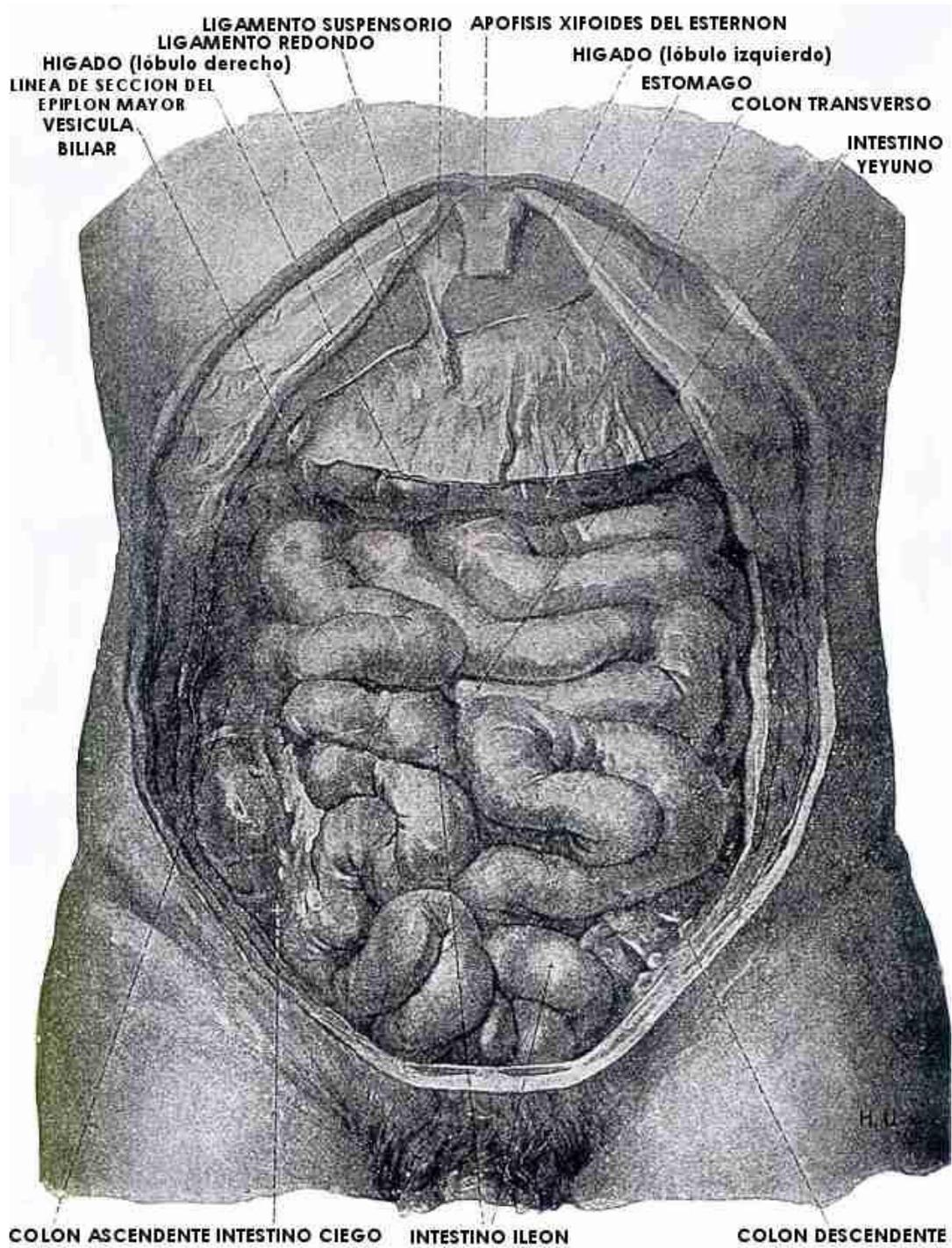
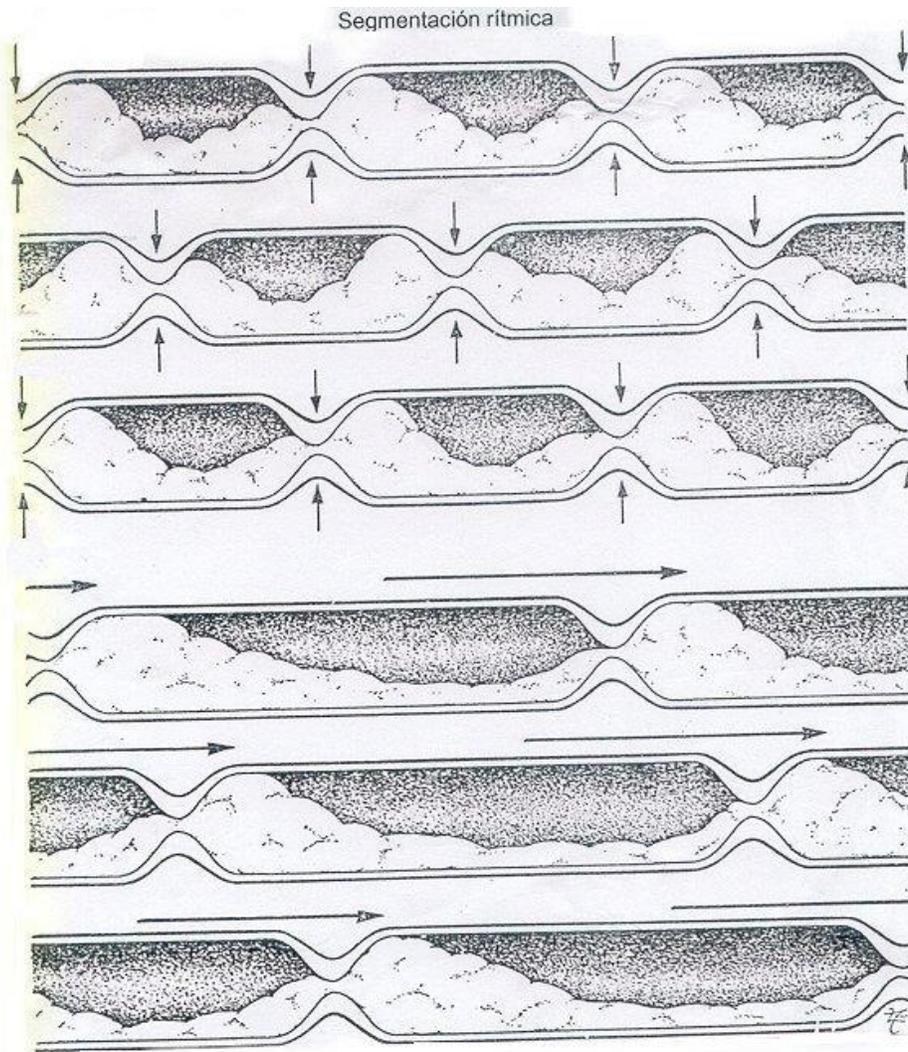


Figura 131. Ubicación del intestino delgado (Según Spalterholtz)



Peristaltismo

Figura 132. Esquema que muestra la mezcladora de las segmentaciones rítmicas del intestino y el desplazamiento del quimo, ocasionado por los movimientos peristálticos. (Según Ville, C.A.)

Existen dos tipos de movimientos intestinales, las *contracciones peristálticas*, las cuales tienen la función de trasladar el quimo a lo largo del intestino, y los *movimientos mezcladores*, que como su nombre lo indican se encargan de mezclar el quimo.

Cada onda peristáltica tiene un recorrido relativamente corto dentro del intestino, aproximadamente unos 10 a 12 cm. (ésta también es llamada movimiento de segmentación rítmica, (ver **figura 132.**), ocasionalmente, se realizan unos movimientos rápidos denominados *embestidas peristálticas*, que llevan el quimo a una distancia considerablemente grande, en cambio los movimientos mezcladores, que son provocados por contracción y relajación alterna de segmentos a una frecuencia de 10 ciclos por minuto, los cuales terminan con la

fragmentación mecánica del contenido del intestino con los distintos jugos digestivos, haciendo que la totalidad del quimo tome contacto con la pared intestinal, para que esta pueda efectuar la absorción de los alimentos digeridos y luego pasen al torrente sanguíneo.

El contenido del intestino delgado pasa al intestino grueso en aproximadamente 8 horas, en ese momento se completa la digestión y todos los alimentos fueron absorbidos, el resto que queda son elementos no digeribles y por el agua proveniente de los alimentos o de los jugos digestivos.

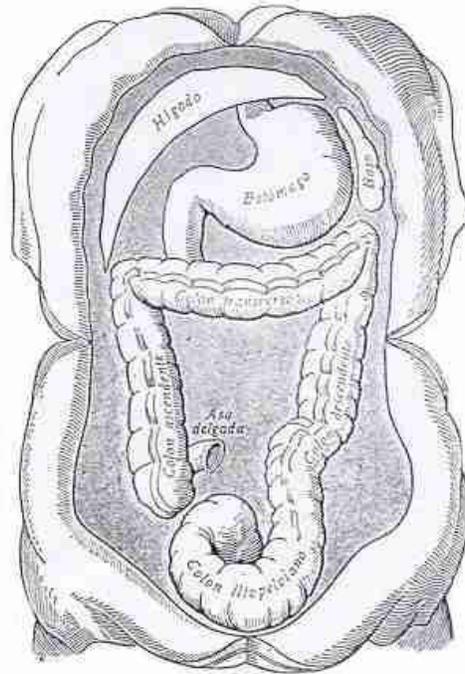


Figura 133. Situación del intestino grueso (Según Testut)

El intestino grueso o *colon*, es un tubo en forma de "U" cuyo diámetro es mayor que el del intestino delgado siendo sus paredes también más gruesas, este se divide en tres partes, el *colon ascendente*, el *traverso* y el *descendente*. (ver **figura 133.**)

El intestino delgado termina en el lateral del colon, y a corta distancia de su extremo, el cual forma un gran saco cerrado llamado *ciego*, (ver **figura 134.**), el cual posee en su extremo una pequeña prominencia del tamaño de un dedo meñique denominado *apéndice*.

El colon ascendente como su nombre lo indica sube por el lado derecho del cuerpo hasta la altura del hígado, donde dobla en ángulo recto y como colon transversal, va hasta el costado opuesto, atravesando la cavidad abdominal, al llegar al lado izquierdo, vuelve a doblar en ángulo recto hacia abajo, para bajar como colon descendente, hasta el recto.

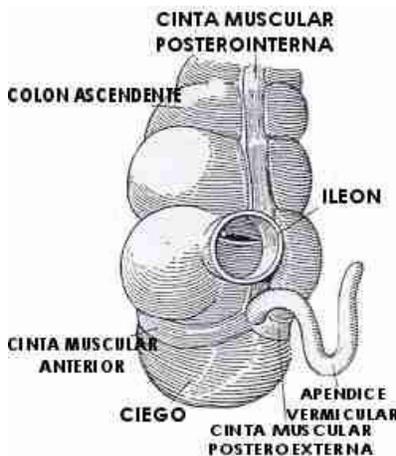


Figura 134. Ciego (Según Testut)

Pese a que el intestino delgado absorbe líquidos, también se agregan en él la bilis y el jugo pancreático, el cual suma un volumen prácticamente igual al del absorbido.

El colon tiene dos funciones específicas un es absorber el agua y la otra de transportar los restos al recto para que este los excrete al exterior.

El colon tiene los dos mismos tipos de movimientos que el intestino delgado, siendo estos mas pausados y lentos en el colon, los movimientos peristálticos más fuertes se efectúan por lo general después de comer, y se encargan de impulsar hacia delante el contenido para que este llegue al recto, esto es debido a un mecanismo reflejo del estómago denominado *reflejo gastrocólico*.

La defecación es generalmente voluntaria, dependiendo de la contracción de los músculos abdominales y del diafragma, acompañados del relajamiento del anillo muscular externo o *esfinter*, del ano, dependiendo también del relajamiento esfinter anal interno y la contracción conjunta del intestino grueso y del recto.

Los elementos desechados de la digestión se demoran entre 12 y 24 horas para pasar por el colon y el recto.

El desecho final o *heses*, están constituidos por residuos no digeribles de los alimentos, sustancias segregadas por el organismo, (pigmentos biliares, metales pesados, y gran cantidad de bacterias, las cuales constituyen cerca de la mitad del volumen de las heses

Nota:

Todo el aparato digestivo y fundamentalmente el colon tienen una gran cantidad de bacterias, las cuales no afectan al organismo, hasta siendo algunas beneficiosas, dado que poseen enzimas que permiten digerir la pared celulósica de las células vegetales, además sintetizan una variedad de vitaminas y suministran una gran cantidad de las que necesita el organismo.

Hay bacterias dentro del colon que producen elementos tóxicos, de los cuales se absorben pequeñas cantidades y la acción desintoxicante del organismo impiden que se acumule y/o concentre.

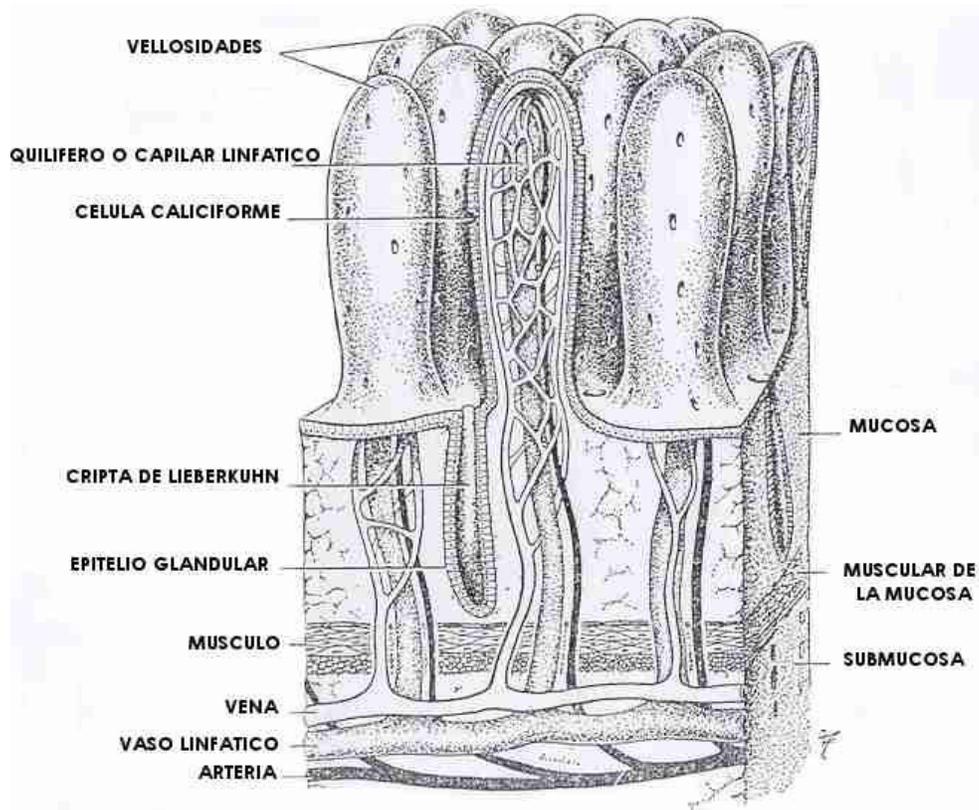


Figura 135. Esquema de una vellosidad intestinal, que muestra su estructura e irrigación linfática y sanguínea (Según Ville, C. A.)

La mucosa del intestino grueso es parecida a la del delgado, aunque no posee vellosidades.

El hígado es la víscera más grande del organismo y cumple con diversas funciones sumamente importantes, de ellas se destaca la producción de la bilis.

El hígado se localiza en la parte superior de la cavidad abdominal, exactamente debajo de la cúpula del diafragma, estando la mayor parte del lado derecho, tiene un color oscuro debido a la gran abundancia de sangre venosa

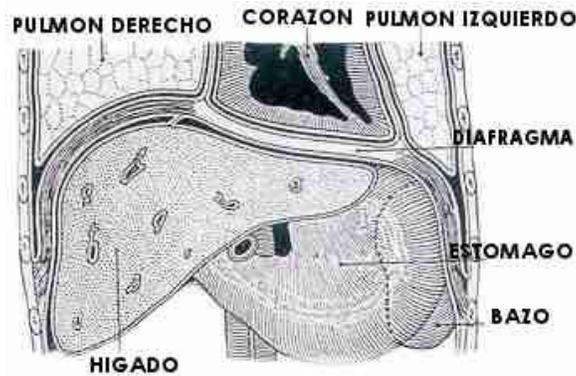


Figura 136. Posición del hígado (Según Testut)

Los numerosos y pequeños conductos interiores del hígado tienen la finalidad de recoger y conducir la bilis que se forma en todo el órgano, los conductos se van uniendo y aumentando su diámetro en la medida que se continúan uniendo, hasta llegar a formar uno único mucho más grueso que el resto el *hepático*, que sale del hígado por la cara inferior y luego de un corto recorrido, se ramifica lateralmente en el llamado *cístico*, que llega hasta la *vesícula biliar* o de la hiel, donde se almacena parte de la bilis que no se necesita, en ella la bilis pierde agua y sales, por lo que se concentra mucho, el otro conducto se denomina *colédoco* y va hasta el duodeno a llevar la bilis..

Las células hepáticas segregan constantemente, pero la bilis pasa al duodeno después de la ingestión de alimentos, cuando la contracción de la pared mucosa de la vesícula impulsa la bilis hacia el conducto.

La bilis al ser alcalina neutraliza en el duodeno el quimo ácido

El páncreas es una glándula mucho más pequeña que el hígado, y es la segunda en orden de importancia en el proceso digestivo, situada por debajo y a la izquierda de este, tiene su grueso extremo derecho rodeado por la "C" que forma el duodeno, desde donde se extiende adelgazándose, segrega el jugo pancreático, el cuál contiene varias enzimas y es conducido hasta el duodeno por el *conducto de wirsung*, la cual desemboca en la *ampolla de vater* en el duodeno.

Varias células del páncreas forman el *islote de Langerhans*, las que segregan una hormona denominada *insulina*. Las dos secreciones son independientes y no guardan relación.

El jugo pancreático es un líquido acuoso y claro, alcalino con pH de alrededor de 8,5. Cumple la función de neutralizar la acidez del quimo ácido, una persona normal media segrega entre 1 y 1,5 l de jugo pancreático por día

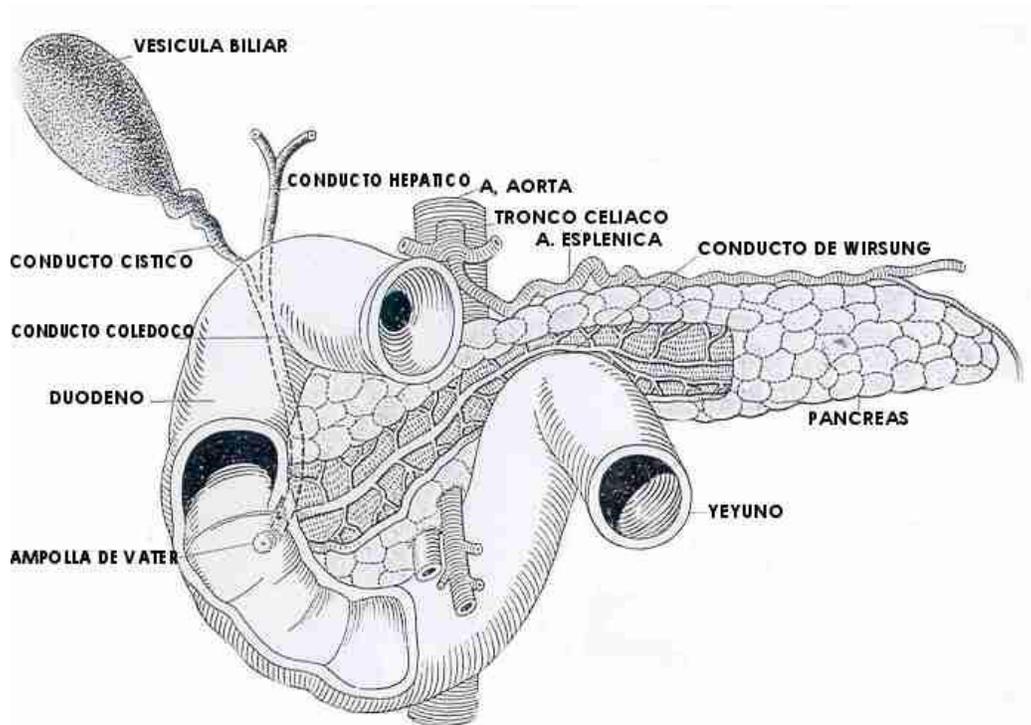


Figura 137. Ubicación del duodeno, vías biliares y páncreas (Según Testut)

12.2.1. DIGESTIÓN

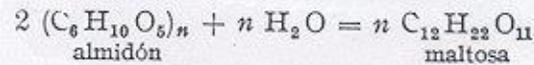
Hasta ahora se describió el sistema digestivo y se esquematizó el paso de los alimentos a través de él, lo que nos hace falta es conocer el proceso químico de la digestión si es que deseamos saber como recibe el organismo sus alimentos para luego deducir como se incorporan los tóxicos al cuerpo.

Para poder degradar las moléculas de los alimentos se producen en el cuerpo una serie de reacciones químicas, la finalidad es la formación de sustancias más simples, que puedan ser absorbidas a través de la pared intestinal. El proceso está regulado por enzimas que cumplen la función de catalizadores orgánicos, los que permiten las reacciones químicas.

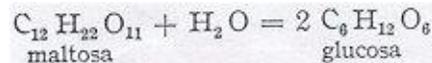
Cada enzima es específica y solamente puede catalizar una determinada reacción química.

La primera comienza a realizarse en la boca, en el acto de preparar los alimentos para la ingestión en lo que constituye el bolo alimenticio, el cual está aglutinado con la saliva, la cual a parte de las características antes mencionadas posee enzimas de manera que la digestión química comienza ya en la cavidad bucal, esta es la *ptialina*, la cual ataca al almidón cocido y a otros hidratos de carbono, desdoblándolos en disacáridos, principalmente en la maltosa, esta se realiza

rápidamente dentro del bolo alimenticio antes que este se deshaga en el estómago



La saliva tiene una segunda enzima la *maltasa* la cual es capaz de convertir en glucosa la maltosa de la reacción anterior



Una vez en el estómago los alimentos comienzan a actuar las segregaciones del estómago las cuales contienen una porción de ácido clorhídrico, por lo cual la reacción es opuesta a la de la saliva, las glándulas del estómago también segregan enzimas una de ellas, quizás la más importante es la llamada *pepsina*, proteasa o enzima proteolítica destinada a provocar la desintegración de los albuminoides o proteínas, se puede representar la reacción mediante la fórmula general siguiente:



Donde:

R = radical variable (grupos funcionales amina y ácido orgánico)

Las glándulas de la región pilórica segregan mucus y toda la mucosa del estómago posee otras células que también segregan mucus.

La pepsina provoca la desintegración completa de las proteínas convirtiéndolas en moléculas más pequeñas y solubles, denominadas *peptonas* y *proteosas* pero no puede completar la degradación de estas y transformarlas en aminoácidos

La pepsina solo actúa en un medio ácido, donde el clorhídrico es el más eficaz, en cambio las enzimas proteolíticas que se producen en el intestino producen la *tripsina* y las *peptidasas*, actúan solo en medios alcalinos. La pepsina es segregada por las glándulas gástricas en forma inactiva, denominada *pepsinógeno*, que se transforma en pepsina cuando se expone a un medio ácido

El jugo gástrico además tiene una enzima denominada *fermento del cuajo*, que actúa sobre la proteína específica soluble de la leche *caseína*, tornándola insoluble, esto permite mantener en el estómago el tiempo necesario para que la pepsina actúe con ella, dado que de lo contrario la leche pasaría tan rápido como el agua

Al pasar los alimentos del estómago al intestino en forma de quimo, recibe las enzimas del jugo pancreático, las cuales continúan con el proceso, la tarea comenzada por la saliva y el jugo gástrico en los hidratos de carbono y las

Además de los jugos pancreáticos intestinales hay una activa participación de la bilis en el proceso digestivo, sin la presencia de la bilis (la cual, si bien no contiene enzimas digestivas, posee *sales biliares* como el *taurocolato* y el *glococolato de sodio*, las cuales son emulsionantes de las grasas, haciendo que estas formen pequeñas gotas con lo que aumentan la superficie permitiendo el accionar de la lipasa. También posee la bilis la *colestonina* que en si es un producto de excreción

La vesícula no es solo un almacén de bilis, dado que su pared epitelial absorbe agua y sales, dando como se mencionó anteriormente genera una mayor concentración de la bilis, la cual llega al intestino más fluida que la que segrega el hígado.

La vesícula regula el paso de la bilis al duodeno.

Después de 4 a 5 horas de haber ingerido los alimentos el quimo llega al intestino grueso las nutrientes ya fueron absorbidas, su función no es digestiva y la segregación de mucosa por parte de su epitelio es para actuar como lubricante dado que el contenido se torna cada vez más denso, dado que el colon absorbe agua(no precisamente la ingerida por la boca ya que esta es absorbida por los tramos superiores del intestino delgado, sino la proveniente de los distintos jugos que intervienen en le proceso digestivo).

La *flora intestinal* actúa sobre el contenido del intestino grueso generando la fermentación y putrefacción de las heces.

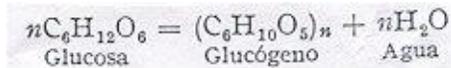
Los movimientos como consecuencia de la contracción de la musculatura de las paredes del colon, no disminuyen el peristismo en sentido distal, lo que forman son ondas antiperistálticas que hacen retroceder el contenido hasta la válvula íleocecal, la cual al estar cerrada impide que pase al intestino delgado,, cada 10 a 12 horas el colon descarga la materia fecal en el recto la cual permanece hasta ser excretado

12.2.2. ABSORCIÓN

La absorción y asimilación de los alimentos es una transformación que ocurre en el interior del tubo digestivo, la absorción propiamente de los alimentos es un proceso complejo el cual se efectúa en parte, por simple difusión de sustancias desde el interior del intestino, atraviesan el epitelio hacia los capilares sanguíneos y linfáticos, a través de las células endoteliales,

Hay sustancias que son absorbidas pese a que su concentración en la sangre es mayor que en el intestino, por lo cual las células de la pared (que tapizan) el intestino debe realizar la tarea e impulsar las sustancias a la corriente sanguínea en contra de la gradiente de difusión, siendo este un proceso análogo al de la secreción

El tapizado del intestino esta constituido por una membrana semipermeable que permite el pasaje de determinadas sustancias, como los aminoácidos y la glucosas, e impiden el pasaje de otras, la glucosa y los aminoácidos son absorbidos por los capilares sanguíneos y llevados por medio de la vena porta al hígado, donde son almacenados y posteriormente distribuidos a las demás partes del organismo



El glucógene es un plisacárido denominado almidón animal, Los glúcidos son absorbidos en forma de monosacáridos, que luego originan glúcógeno, en el epitelio intestinal, pero la mayor absorción se realiza en el hígado, el cuál es el depósito de reserva, el transporte de los intestinos al hígado se hace por medio de la vena porta

Los elementos productos de la digestión de las grasas entran al cuerpo por otra vía, la glicerina o glicerol y los ácidos grasos vuelven a sintetizar moléculas de grasa cuando atraviesan las células de la mucosa de las vellosidades, estas se agregan formando glóbulos pequeños que por su tamaño no pueden entrar en los capilares de la corriente sanguínea, por ello son llevados por los capilares de los vasos linfáticos del intestino, los cuales desembocan en un gran conducto torácico y deja su contenido que por medio de este desemboca en la vena del hombro izquierdo, y de esta manera las grasas pasan a la corriente sanguínea

12.2.3. VÍAS URINARIAS

Los productos finales del catabolismo son sustancias tóxicas que si llegaran a acumularse generarían trastornos, por ello el organismo las elimina mediante la excreción

Esto lo hace por medio de la transpiración donde las glándulas sudoríparas son permeables a ciertos cuerpos y sustancias químicas que se encuentran en el plasma sanguíneo el cuál llega a las glándulas por medio de capilares, eliminando de esta forma cantidades menores de amoníaco, ácidos grasos, ácido láctico, etc.

Otro sistema excretor es el urinario, el cual por medio de la orina se liberan del organismo sustancias perjudiciales además de mantener el equilibrio de agua Esto se efectúa por medio de los riñones, el cual trata de mantener el equilibrio de los electrolitos, los compuestos ácidos y básicos de la sangre y de los demás tejidos del cuerpo

El riñón trabaja como un filtro selectivo, deja pasar determinadas sustancias y retiene a otras

Los riñones están ubicados en la pared posterior de la cavidad del abdomen uno a cada lado de la columna vertebral, tienen una forma ovalada con una escotadura aproximadamente en la mitad, esta es el hilio por donde entra la *arteria renal* y sale la vena, en dicho lugar comienza el sistema excretor, que comienza en la *pelvis renal*, en forma de embudo y continúa por el *ureter* descendiendo hasta la *vejiga urinaria* de donde parte la *uretra*, conducto principal de la micción.

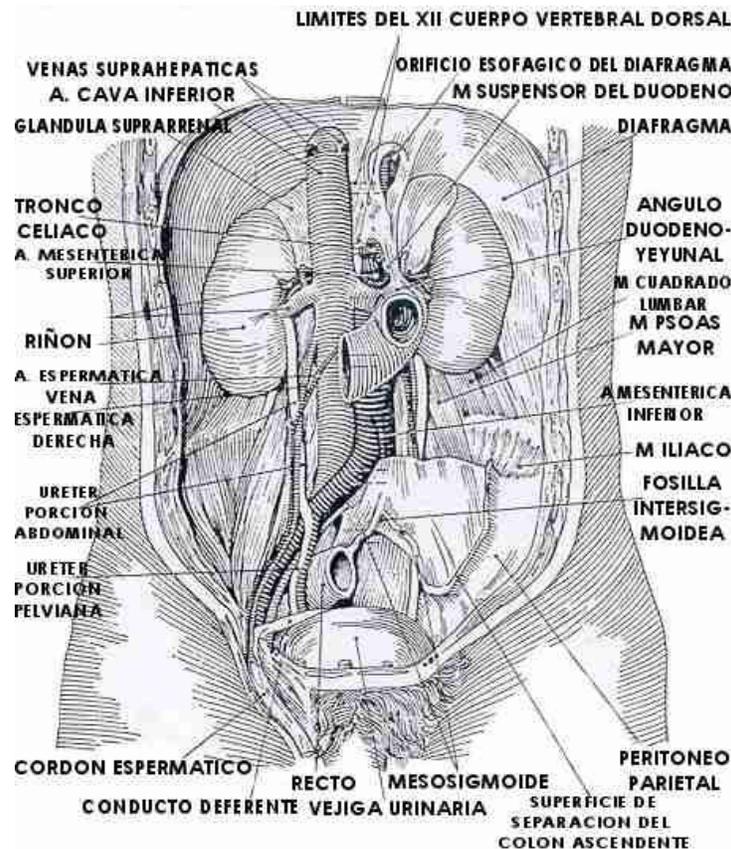


Figura 138. Aparato urinario, visto en posición después de haber extirpado la mayor parte del tubo digestivo (Según Spalterholz)

El riñón tiene en el hilio un ahuecamiento de la pared, de donde salen unos abultamientos o *papilas* que tienen una gran cantidad de orificios denominados *poros urinarios* por los que corre la orina la cual es tomada por prolongaciones de la pelvis renal llamadas *cálises*.

El riñón consta de varias partes al efectuar un corte se observa en el exterior que la parte es compacta esta es llamada *corteza* y está surcada hacia adentro por varios sistemas de estrías que convergen en una de las papilas el lo llamado *pirámide* que forma la *médula renal*, cada tanto se observa un amasijo el cual se denomina *glomérulos de Malpighi*, cada uno de ellos está constituido por capilares sanguíneos, muy apretados rodeados por una cápsula epitelial que los encierra (ver **figura 138.**)

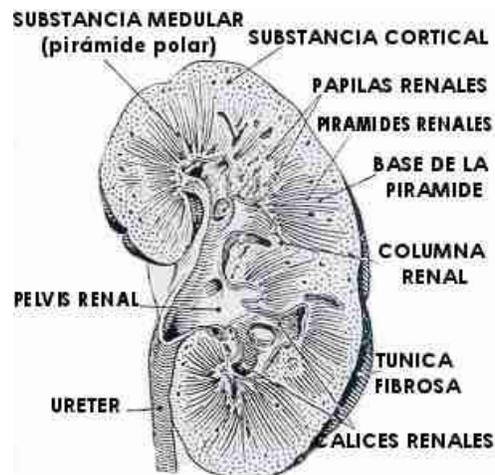


Figura 139. Corte longitudinal de un riñón (Según Spalterholz)

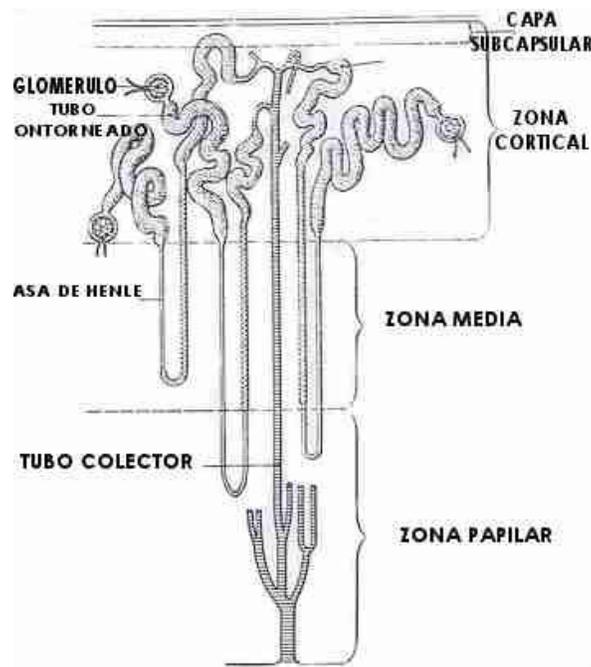


Figura 140. Esquema de los tubos urimíferos del riñón (Según Testut)

Los tubos uriníferos parten cada uno de un distinto glomérulo, describiendo numerosas asas cuyo diámetro varía en el largo, reuniéndose en colectores cada vez mayores, hasta al final entre todas dar lugar a la pirámide.

Cada glomérulo, con su tubo urinífero hasta el primer colector forma una unidad denominada *nefrona*, de tal forma que anatómicamente y funcionalmente el riñón es un conjunto de dichas unidades

La orina es un líquido que contiene la mayor parte de los productos del catabolismo expulsados por el cuerpo.

La función renal es compleja, y costó mucho a la ciencia poder entenderlo.

En el espacio que hay entre los capilares y la cápsula del glomérulo, la orina entra en el tubo urinífero, donde cambia su composición, las paredes epiteales de los tubos absorben las sustancias útiles para el organismo mientras que no lo efectúan para las perjudiciales por lo que una parte de lo que atravesó el glomérulo retorna a la sangre, esto pasa con la glucosa.

Las sustancias producto del filtrado, absorbidas por las paredes de los tubos se encuentran disueltas en agua trasudada por el plasma sanguíneo, que atraviesa también el epitelio

La vejiga es una bolsa que se dilata en la medida que recibe la orina conducida por los uréteres, cuando el volumen llega de 150 a 250 cm³, la presión genera el deseo de expulsarla

12.3. PIEL

Nota:

Con respecto a la piel que es la segunda vía de entrada de los tóxicos no se describirá su anatomía por ser tratada en el tomo siguiente (3)

12.3.1. CONJUNTIVAS

Nota:

Con respecto a las conjuntivas que también es una vía de entrada de los tóxicos no se describirá su anatomía por ser tratada en el tomo siguiente (3)

13. RELACIÓN DOSIS-RESPUESTA/DOSIS EFECTO

Toda persona expuesta al contacto de sustancias tóxicas corre el riesgo de dañar su organismo, este daño dependerá de dos factores bien diferenciados, la intensidad de la exposición y la duración de la misma, como se mencionó en 12.3.

La dosis está referida por lo general a la dosis de exposición o dosis externa, (cantidad total de sustancia a la cual el organismo está expuesto), para sólidos y líquidos esta normalmente se expresa en mg. o ml. por Kg. de peso corporal y para los gases y sustancias volátiles en mg l⁻¹ o ppm h⁻¹ (combinación dosis y duración de la exposición)

Hay dos tipos de relaciones entre dosis y respuesta:

- La respuesta individual a diferentes dosis de un elemento (denominada *relación dosis-efecto*)

- Y la distribución de respuestas a diferentes dosis en una población, (denominada *relación dosis-respuesta*)

En la primera ante un aumento de la dosis aumenta la gravedad del efecto, mientras que en la segunda un aumento de la dosis surge un aumento de individuos afectados. Ambas relaciones están basadas en ciertas aseveraciones:

- La respuesta es causa directa del elemento tóxico
- La respuesta es función directa de la concentración del compuesto
- La concentración del elemento en el lugar está directamente relacionada con la dosis

A continuación, presentamos una serie de gráficos (ver **figuras 141., 142., 143. y 144.**) en los que se dan las relaciones dosis –efecto y dosis respuesta, en todos ellos en las ordenadas está la magnitud del efecto o proporción de población afectada y en el eje de las abscisas la cantidad de dosis suministrada, en la figura A representa la distribución normal de frecuencias, en la **figura 142.** la distribución normal, de donde se obtiene que la mayoría de los individuos responden alrededor del punto medio (el punto 50 % de respuesta), el punto medio da la respuesta media y la dosis en este punto es la denominada dosis efectiva 50 (ED₅₀) para el efecto considerado. Si el efecto considerado es la mortalidad lo denominaremos dosis letal media (LD₅₀)

Cuando se trata de concentraciones de gases y sustancias volátiles se expresan como RC₅₀ y LC₅₀.

- En la **figura 142.** si observa una pequeña cantidad de personas que responden a pequeñas dosis, estos forman el grupo de individuos denominados hipersensibles.
- En forma simétrica en el lado opuesto (derecho de la curva), corresponde a las personas que son afectadas por dosis elevadas y son los que constituyen el grupo de personas resistentes o hiposensibles.
- La curva de la figura A tiene una parte casi lineal en el entorno del punto medio, su pendiente indica cuanto varía la respuesta con la dosis, si esta es más pronunciada señala que para pequeños incrementos de dosis se producirán grandes aumentos de afectados y por lo contrario para una pendiente menos pronunciada para aumentar el efecto habrá que incrementar mucho la dosis.

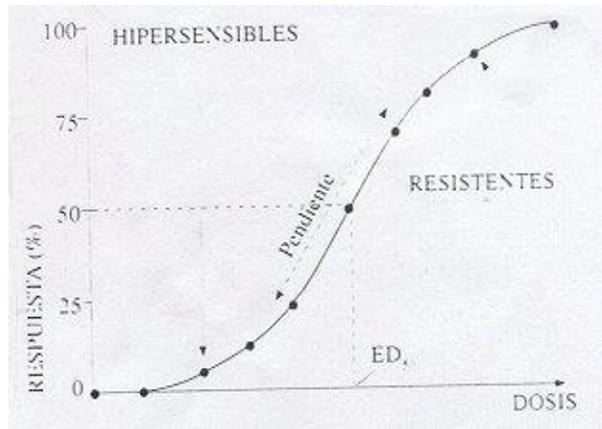


Figura 141. Representación de la relación dosis-respuesta, en una distribución de frecuencias acumuladas

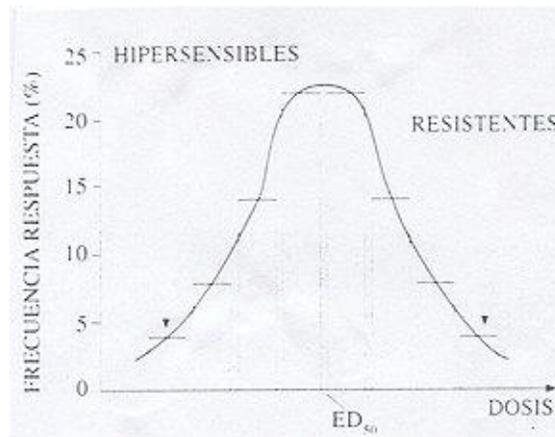


Figura 142. Dosis-respuesta, distribución normal de frecuencias

Si las curvas de las **figuras 141.** y **142.** respondieran a una distribución normal, estas se pueden transformar en rectas logarítmicas, como se observa en la **figura 143.** este tipo de representación son tienen una mejor facilidad en el manejo facilitando la determinación de la pendiente de la dosis efectiva o letal cara cualquier tipo porcentual de población, permite también determinar el punto debajo del cual no se producen efectos (NOEL, So Observed Effect Level), los que se utilizan para establecer los límites de exposición como ser los TLVs (Threshold Limit Values) para la industria, y también los ADC (Acettable Daily Inteke) para aditivos en los alimentos.

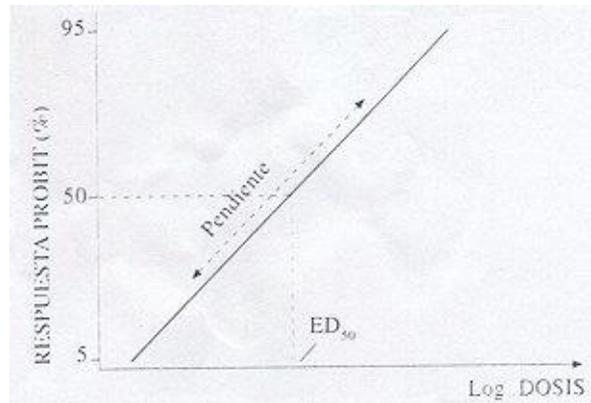


Figura 143. Dosis - respuesta representación tras la transformación

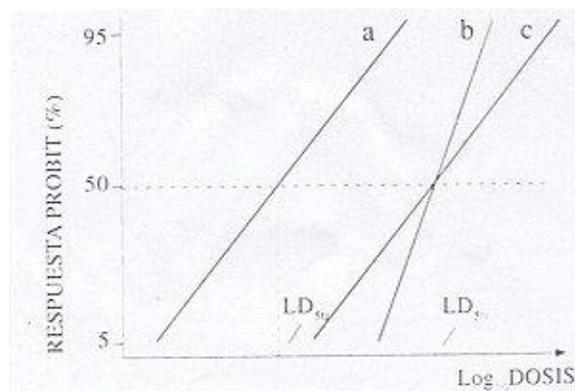


Figura 144. Dosis - respuesta, comparación de la toxicidad de compuestos (b y c) con la misma LD_{50} pero diferente pendiente y dos compuestos (a, c) con diferentes LD_{50} pero idéntica pendiente

Hay que tener en cuenta que:

- La LD_{50} no es una constante biológica, varía con muchos factores, tales como la edad de la persona, su raza, su peso, su dieta alimenticia, la aclimatación que posea, las vías de exposición, el medio o vehículo utilizado en su administración, etc. (Generalmente se caracteriza la LD_{50} en un rango entre 1-10 mg/Kg. y 10 -100 mg/Kg.
- La determinación de riesgo depende de la relación dosis-respuesta, ya que brinda mayor información sobre la toxicidad del compuesto, por ejemplo, en la **figura 144**. las rectas b y c tiene el mismo LD_{50} pero la recta b posee una mayor pendiente por lo que indica una mayor peligrosidad (absorción más rápida)
- También en la **figura 144**. se observan dos rectas a y c la que poseen la misma pendiente pero distintos LD_{50} lo que indica que la sustancias afectará con dosis menor que la c

Nota:

El valor LD₅₀ no es equivalente a toxicidad, sino de afección, los tóxicos pueden llegar a producir lesiones reversibles o no sin llevar a la muerte a la persona.

14. MECANISMOS DE TOXICIDAD

Los mecanismos por los cuales la exposición del hombre a elementos xenobióticos pueden producir acciones tóxicas son varios y complejos, siendo muy difícil clasificar esta acción por los diferentes niveles de acción de los mismos (molar, celular, etc.).

Una aproximación de clasificación puede ser.

- Mecanismos de tipo citotóxico.
- Mecanismos de tipo farmacológico, fisiológico o bioquímico
- Mecanismos de tipo inmunológico.

Mecanismos de tipo citotóxico:

Se da cuando el xenobiotico su metabolito es capaz de generar un daño celular

Mecanismos de tipo farmacológico, fisiológico o bioquímico:

La toxicidad se da como consecuencia de su efecto bioquímico, farmacológico o fisiológico, provocado por el xenobiotico o de uno de sus metabolitos

Mecanismo de tipo inmunológico:

Está dado por la acción tóxica de la sustancia
Ver **figura 145.**)

También se pueden clasificar de acuerdo a su acción en:

- Toxicidad directa
- Toxicidad metabólicamente mediada
- Toxicidad mediada por radiación

Toxicidad directa:

Hay xenobióticos que reaccionan en forma química elevada (elevada actividad) y pueden interaccionar directamente con algunas moléculas vitales

Toxicidad metabólicamente mediada:

Muchos compuestos necesitan una conversión metabólica para ejercer su acción tóxica, lo que se denomina bioactivación

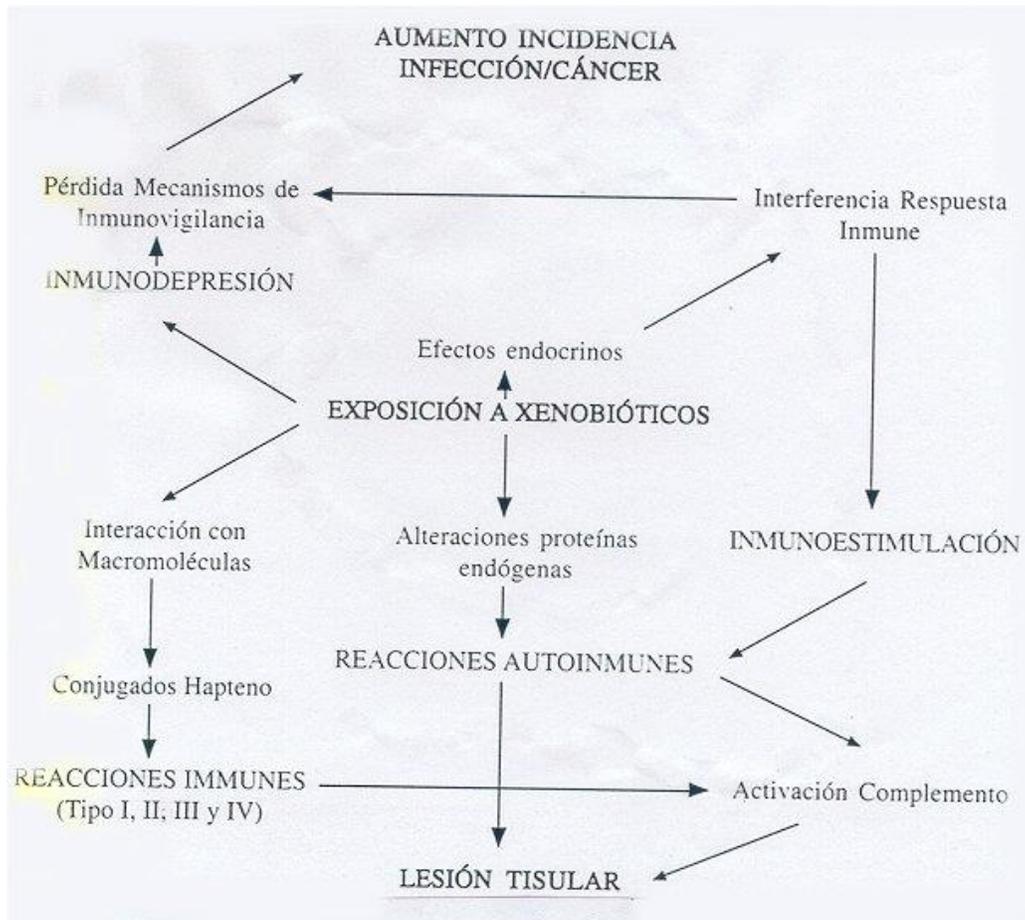


Figura 145. Posibles efectos de la exposición a xenobióticos sobre el sistema inmunitario (según norbury)

Toxicidad medida por radiación.

Hay compuestos de baja toxicidad o directamente no tóxicos que se transforman en compuestos tóxicos como acción de radiación (solares isotópicos)

15. ABSORCIÓN EN GENERAL

El tema ya lo analizamos en particular con los alimentos en el sistema digestivo, pero en general podemos decir que la absorción es el proceso por el cual se transfiere una sustancia química del exterior al interior del organismo humano, esta al igual que la excreción es un proceso de transferencia moléculas a través de las membranas celulares, las cuales pueden realizarse por:

- Filtración
- Difusión pasiva
- Difusión facilitada
- Transporte activo

- Endocitos

15.1. ABSORCIÓN POR FILTRACIÓN

Este es un proceso de transferencia de una sustancia química del exterior al interior del organismo donde las moléculas pasan a través de los poros celulares bajo un gradiente de concentración, teniendo relevancia en pequeñas moléculas (PM 100), hidrófilas como la urea y el metanol, las moléculas de tamaño más grande son excluidos salvo en tejidos con poros de gran tamaño como el hígado y los riñones.

152. ABSORCIÓN PASIVA

En este caso las sustancias pasan de un lugar a otro difundiéndose a través de las capas lípidas (bicapa) de la membrana celular bajo la acción de un gradiente de concentración, es el mecanismo más importante de transporte para la mayoría de los xenobióticos y la velocidad de difusión responde a la ley de Fick:

$$\text{Velocidad de difusión} = \frac{DA(C_2 - C_1)}{d}$$

En donde:

- D = Es el coeficiente de difusión (incluye las características fisicoquímicas del compuesto)
- A = Es la superficie de la membrana
- C₂ = Concentración interior
- C₁ = Concentración exterior
- d = Espesor de la membrana

La diferencia de concentraciones entre ambos lados es la que rige la velocidad de difusión, disminuyendo esta con el espesor de la membrana, por esta razón los pulmones con una gran superficie (140 m²), un gran caudal sanguíneo (5,8 l/min.) y tiene una barrera de absorción 80.2-0,4 UM).

Las moléculas liposolubles no ionizadas atraviesan fácilmente las membranas celulares los xenobióticos y sus metabolitos difunden pues sobre la base de dos variables:

- Liposolubilidad
- Grado de ionización

15.3. ABSORCIÓN POR DIFUSIÓN FACILITADA

Es un proceso pasivo, funciona bajo un gradiente de concentración, en él están implicadas proteínas transportadoras específicas para cada tipo de molécula, este proceso es fácilmente anulado por saturación o competición

15.4 ABSORCIÓN POR TRANSPORTE ACTIVO

Este es un proceso específico para un grupo de sustancias, necesita energía (es inhibido por inhibidores metabólicos) y permite el pasaje contra un gradiente de concentración, este proceso puede ser saturado por exceso de sustrato y varios sustratos pueden competir por la absorción.

Este tipo de transporte es importante en aquellos casos en los cuales el xenobiótico tenga similitudes a compuestos endógenos para los que fisiológicamente existe un transporte de esas características.

15.5. ABSORCIÓN POR ENDOCITOSIS

Conocida como fagocitos cuando se trata de sólidos y pinocitos cuando se trata de líquidos, consiste en una invaginación de la membrana alrededor del xenobiótico con la consecuente formación de una vesícula que se introduce en la célula, es un proceso que para realizarse requiere energía, es importante en los pulmones donde partículas de elementos insolubles tales como asbestos son absorbidos por los macrófagos alveolares mediante fagocitosis.

La absorción xenobiótica tiene varias rutas, las cuales dependen del tipo de exposición ocupacional y del medio ambiente siendo estas:

- Oral (por ingestión)
- Pulmonar (por inhalación)
- Cutánea (por contacto directo)

Absorción oral:

Esta vía es sumamente importante para xenobióticos ingeridos en forma voluntaria o involuntaria (o accidental), salvo escasas excepciones los compuestos que son ingeridos entran al organismo por medio del estómago o el intestino, fundamentalmente por difusión pasiva.

El tracto gastrointestinal se comporta como un tubo de paredes lipídicas con apreciables diferencias de pH en su interior, razón por la cual los compuestos liposolubles no ionizables pueden ser absorbidos en cualquier zona del tracto gastrointestinal, pero los compuestos liposolubles ionizables son absorbidos por difusión pasiva únicamente si el pH particular del lugar de absorción está en forma no ionizada, así por ejemplo en el estómago puede haber una gran absorción de ácidos débiles.

El intestino tiene un pH de aproximadamente 6 por ello los ácidos débiles casi seguro estarán ionizados, a causa de su gran superficie, su poca barrera de difusión la cual es menor que la del estómago, además el intestino tiene un gran flujo sanguíneo que asegura una rápida eliminación y a la ionización de la sangre, los ácidos débiles también son absorbidos por el intestino.

Las bases débiles son absorbidas por el intestino y las sustancias liposolubles no ionizables serán generalmente absorbidas en el intestino por sus características que lo favorecen.

A causa de que el tracto gastrointestinal absorbe los electrolitos y nutrientes, los tóxicos con similitud estructural son normalmente absorbidos por medio del mismo mecanismo a través de esta vía, algunas macromoléculas son absorbidas por endocitosis.

La solubilidad de los compuestos tiene gran importancia en la absorción intestinal, así también el tamaño de la partícula, la existencia de emulcionantes. La velocidad de disolución tendrá una relación directa con la absorción, siendo otros elementos importantes en ello la movilidad intestinal, la velocidad de evacuación, la presencia de enzimas en el tracto, el tipo de alimento que se consume, el nivel de nutrición, el estado de salud (físico y psicológico), la edad y el sexo.

En el estómago y en el intestino delgado hay "portadores" especializados para la absorción de iones metálicos

Todo lo absorbido por el estómago y el intestino es transportado por vía sanguínea, al hígado donde puede llegar a ser metabolizado antes de ser liberado a la circulación sistémica, (la flora intestinal, las paredes gastrointestinales también tiene capacidad de metabolizar).

Absorción pulmonar:

Al respirar uno inhala el aire existente en el entorno y con él a xenobióticos de origen laboral o directamente del medio ambiente, a causa de su gran área (140 m^2), la gran circulación sanguínea (100 % del caudal) y la baja barrera de difusión (0.2-0.4 μm), la absorción xenobiótica a la circulación sistémica vía pulmonar puede ser rápida e importante, de hecho la inhalación es la vía con más facilidad de penetración, los tóxicos que pueden ser absorbidos son gases, vapores de elementos volátiles y aerosoles.

El sistema respiratorio que se inicia en las vías respiratorias superiores y constituido como se estudió en el punto de anatomía por la nariz, faringe y laringe, zona donde el aire se calienta, humidifica y filtra inicialmente por medio de los pelos de la nariz y la secreción mucosa, constituyendo una primera defensa contra los elementos nocivos.

Nota:

Al respirar por la boca no entra en funcionamiento esta zona de defensas

Como se menciona anteriormente, también en la parte de anatomía las células ciliadas de la tráquea (su epitelio vibrátil), son el segundo punto de defensas que elimina sustancias nocivas.

Cuando el tóxico llega ya al interior de los pulmones el estado de agregación y comportamiento influenciará en los mecanismos de protección.

Los contaminantes sólidos, polvos y fibras, llegan a ser eliminados por medio de mecanismos de limpieza que dispone el sistema respiratorio, por fenómenos físicos como, la inercia, la sedimentación, la difusión browniana y las fuerzas electroestáticas.

Nota:

En algunos casos estos sistemas hacen que el elemento tóxico entre al sistema digestivo.

El tamaño y densidad de la partícula influirá en la capacidad de penetración dentro del sistema pulmonar (ver **figura 103.**).

Se tiene que el 95 % del polvo encontrado en los pulmones es < 2 u.

El 99,8 % del polvo encontrado en los pulmones es < 5 u.

Y el 99.99 % del polvo encontrado en los pulmones de < 10 u

Las partículas de mayor tamaño, por acción de la gravedad se depositan por choque, en la faringe y laringe se depositan en los momentos de inspiración y expiración cuando por la velocidad de circulación dan lugar a choques con las paredes.

En cambio en los alveolos las partículas < 2 u se acercan a las paredes por difusión molecular, las células macrófagos o coniofagos envuelven las partículas, anulando el efecto tóxico.

Gases y vapores:

La absorción de gasea y vapores depende de:

- La concentración en el aire
- La duración de la exposición
- La solubilidad del gas en la sangre y en tejidos
- El gradiente de presión parcial del gas entre los alveolos y la sangre venosa
- El caudal sanguíneo
- La ventilación pulmonar

La ventilación pulmonar y la perfusión de la sangre son factores de suma importancia, dado que un aumento de la ventilación favorece la absorción

de gases con una elevada solubilidad en la sangre, esto no tiene efecto sobre gases no solubles o de escasa solubilidad en la sangre, por lo contrario un aumento de la perfusión sanguínea facilitará la absorción de gases de escasa solubilidad sanguínea, la actividad física, cuya consecuencia es un aumento en la frecuencia cardíaca y profundidad en la respiración, tiene un importante efecto sobre la absorción de xenobióticos por esta vía.

Aerosoles:

La deposición en le epitelio pulmonar de aerosoles viene determinada por:

- Las características físicas del aerosol (tamaño y forma de la partícula)
- Anatomía del árbol respiratorio
- Los parámetros respiratorios.

La deposición de partículas en los pulmones se realiza principalmente por impacto, sedimentación y difusión, la velocidad del aire, las ramificaciones del árbol respiratorio, diámetro de las vías y el tamaño de las partículas condicionan los efectos y la profundidad de penetración (ver **figura 146.**)

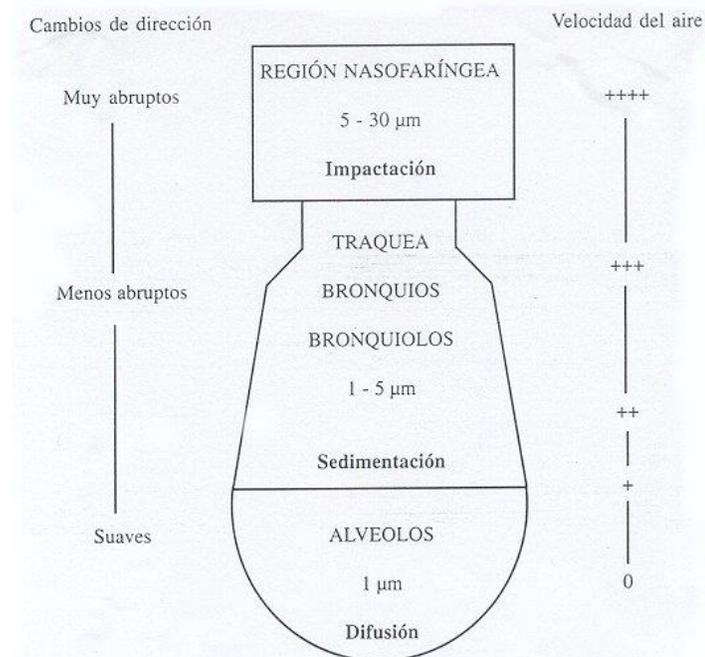


Figura 146. Parámetros que influyen en la deposición de partículas en los pulmones (Según Casarett, L. The vital sacs: alveolar clearance mechanisms in inhalation toxicology. In: Blood F.R. (Ed) "Essays in Toxicology" Academic Press, New York, 1972)

En las vías aéreas superiores donde los cambios de velocidad y dirección del aire inspirado son mayores el mecanismo predominante es el de impactar y las partículas involucradas suelen tener un tamaño de 5 a-30

μm , en cambio en las vías aéreas inferiores donde la velocidad del aire es menos y el diámetro más estrecho, las partículas de un tamaño generalmente de 12-5 μm , se deposita por sedimentación

Por último, en los alveolos donde la velocidad es prácticamente nula, la deposición de las partículas de 1 μm o menos, realizan un movimiento browniano (de difusión) que aumenta en función inversa al tamaño de la partícula

Una vez depositadas las partículas en los pulmones pueden que dan retenidas en este o ser expulsadas, las partículas insolubles sobre la tráquea y bronquios son transportadas en forma progresiva por los cilios epiteliales, hacia la faringe donde son expectorados o deglutados (lo que facilita la absorción del tóxico en el extracto gastrointestinal).

En la zona no ciliada (bronquiolos, alveolos) la eliminación de las sustancias depositadas puede efectuarse generalmente por:

- Transporte hacia la zona ciliada y de allí a la faringe
- Por medio de fagocitosis por macrófagos y posteriormente hidrólisis o transporte a los vasos linfáticos
- Mediante disolución y difusión (absorción a la vía sistémica)

Absorción cutánea:

La piel está en contacto permanente y directo con el exterior por tal motivo constantemente expuesta a todo tipo de contaminante como son las sustancias en disolución, soluciones, gases, disolvente, etc., la piel se comporta como un órgano que anula la acción agresiva química y microbiana. (en las aberturas del cuerpo la piel cambia de aspecto recibiendo el nombre de mucosa).

La estructura anatómica de la piel ya fue descripta, podemos agregar que es esta hay tres clases de órganos, los pelos, las glándulas y los corcúspulos sensitivos, las glándulas pueden ser sebáceas, sudoríparas u mamarias, las primeras impregnan la piel de grasa formando una capa lipídica, que da protección y flexibilidad, las segundas segregan la transpiración, como función escretora y refrigerante.

Un tóxico puede actuar frente a la piel de distintas formas:

- Reacción directa
- Penetración

Reacción directa:

Si se toma en cuenta la composición de la piel esta está compuesta por un 70 % de agua y es muy hidrófila de los productos cáusticos (ácidos y bases), estos forma lesiones en forma de quemaduras facilitando la acción de otros elementos tóxicos

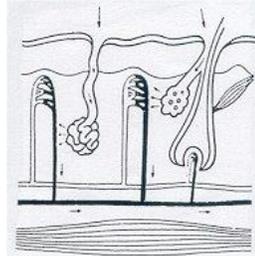


Figura 147. Formas de entrada de los tóxicos a través de la piel

Penetración:

Esta se produce por una lesión mecánica, disolución en algunos medios líquidos, por filtración en los poros, canales etc.

Nota:

Cuando la lesión presenta una ulceración, proporciona una vía de entrada que pone en contacto del tóxico a la corriente sanguínea, (vía parenteral)

Por lo tanto, la piel constituye no solo una diana privilegiada de las exposiciones laborales, sino que constituye también una puerta de entrada para muchos xenobióticos

La piel es impermeable a la mayoría de los iones y a soluciones acuosas, pero sin embargo otros elementos de carácter lipofílico pueden ser absorbidas con facilidad, siendo las dos vías de absorción:

- La cutánea la transepidermica (cuya barrera principal la constituye el extracto córneo)
- La pilosebática (folículos pilosos y conductos sudoríparos).

XENOBIOTICO	CAPA ÁCIDA	EPIDERMIS GLÁNDULAS	DERMIS	SISTEMA CIR- CULATORIO
--------------------	-------------------	--------------------------------	---------------	-----------------------------------

La primera de las dos realiza la absorción por difusión pasiva y es considerada la más importante para la mayoría de los tóxicos liposolubles.

Los factores que influyen en la absorción cutánea son:

- Las propiedades físicoquímicas de la sustancia (su lipofilia, su peso molecular, el grados de ionización)
- La concentración de la sustancia y la superficie de piel afectada

- La frecuencia y tiempo de exposición
- El vehículo utilizado
- El área afectada, como ser la cabeza, el cuello, las axilas, lugares donde las exposiciones habitualmente son mayores y son áreas de gran absorción.
- El grado de hidratación de la piel, cuando más hidratada mayor permeabilidad
- La integridad de la piel. Una piel irritada o lesionada es menos resistente a la absorción
- La temperatura ambiente y de los elementos periféricos del cuerpo aumentan la capacidad de absorción
- Tipo de contaminante.

16. DISTRIBUCIÓN, LOCALIZACIÓN Y ACUMULACIÓN

Una vez que los elementos han sido absorbidos (xenobióticos) entran en la corriente sanguínea a un nivel que depende de la zona o sitio de absorción (la piel-circulación periférica, pulmones-circulación pulmonar, tracto gastrointestinal-vena porta).

La sangre en su recorrido por todo el cuerpo (aproximadamente una vez por minuto), distribuye los xenobióticos a los diferentes tejidos, mediante dos fases, una rápida que viene gobernada por la perfusión y otra lenta que lo hace por afinidad.

Nota:

Recordemos que la sangre esta compuesta por células (globulos sanguíneos) y líquido intercelular (plasma sanguíneo)

La *linfa* es sangre sin hematíes ni *plaquetas* sumamente rica en glóbulos blancos, tiene una circulación en el interior de los *vasos linfáticos*, que terminan en el aparato circulatorio donde la linfa se mezcla con la sangre.

La cantidad de tóxico que contiene la sangre depende de:

- Facilidad de absorción de la vía de entrada
- Circulación de la sangre (esta dependerá del tipo de actividad que realice la persona)
- Coeficiente de solubilidad del tóxico en la sangre, o la existencia de algún otro vehículo de transporte
- Estado de equilibrio entre los depósitos de acumulación y de fijación

En la sangre los xenobióticos circulan en forma libre o unidos a proteínas, en forma libre son capaces de difundir a través de, los capilares y ser absorbidos por las células tisulares por eso la forma libre es la normalmente relacionada con la concentración del xenobiótico en el sitio activo

El hecho que se realicen uniones con proteínas plasmáticas es un fenómeno que reviste importancia en la distribución de xenobióticos, también hay casos en que compuestos de baja solubilidad en agua están relacionados en el transporte de compuestos en la sangre pudiendo facilitar el transporte a los tejidos.

Metabolismo de xenobióticos

Los xenobióticos mejor absorbidos son los de naturaleza lipídica lo que les permite atravesar fácilmente las membranas celulares, pero las propiedades químicas de un compuesto que favorecen su absorción y dificulta su excreción

El metabolismo de xenobióticos consiste en transformar los compuestos en derivados más polares con el fin de facilitar su excreción, en otras palabras, su eliminación del organismo, al aumentar la velocidad de excreción de un xenobiótico implica que el tiempo de vida media disminuye y con ello el riesgo de generar efectos tóxicos.

Modificación del metabolismo

La capacidad de metabolismo de un tejido está en función de las propiedades fisicoquímicas del xenobiótico, de la concentración y de la actividad de las enzimas de biotransformación que contiene. Esta variedad depende de distintos factores que pueden clasificarse en:

- Factores genéticos, (raza, polimorfismo genético, etc.)
- Factores fisiopatológicos, (edad sexo, nivel hormonal, etc.)
- Factores externos, (estrés, inducción por exposición a xenobióticos, etc.)

Los mencionados factores afectan al metabolismo pudiendo modificar la toxicidad de un xenobiótico, variando la velocidad de eliminación del compuesto bien alterando el tipo y la cantidad de metabolitos formados.

Factores genéticos:

Se da el caso que un mismo elemento xenobiótico es metabolizado de forma distinta por diferentes compuestos, presentando diferentes respuestas a un mismo agente tóxico

Nota:

Esta diferencia en la sensibilidad es la que se utiliza para el desarrollo de insecticidas

Factores fisiopatológicos:

La capacidad de metabolismo varía con la edad del individuo, (en general esta capacidad las edades extremas como son los neonatos con un desarrollo incompleto del sistema enzimático y los ancianos con la degeneración de estos), es menor que en la edad adulta, las reacciones de biotransformación también dependen del sexo debido a diferencias metabólicas y hormonales, (hay influencias durante el embarazo y el ritmo circadiano).

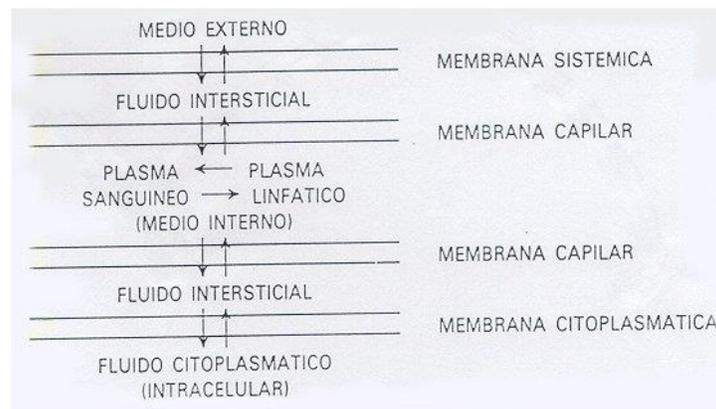


Figura 148. Equilibrio entre los espacios limitados por membranas biológicas

Factores externos:

La exposición a otros xenobióticos, ya sea en la dieta o en el medio ambiente, o en medicamentos, puede llegar a ser importante en la influencia sobre los metabolitos, estas sustancias se denominan inductores.

Los tóxicos se almacenan en los tejidos de los distintos órganos, mediante un proceso denominado **fijación**, si se da el caso que el elemento tóxico actúa en alguno, de no ser así se denomina **acumulación**, por lo general los tóxicos no se almacenan en el tejido donde producen el efecto.

Los liposolubles como son los disolventes se suele depositar en el cerebro y capas grasas, los metales pesados en los huesos, los riñones y el hígado son órganos que acumulan con facilidad tóxicos, como consecuencia directa de sus funciones de metabolizar el hígado y eliminar los riñones. La absorción depende de la participación lípido agua, de los vehículos de transporte, del tamaño del elemento y de la capacidad de ionización.

Los tóxicos que contiene la sangre son provenientes de las distintas vías de entrada, de los depósitos internos que se forman en el organismo, manteniendo un equilibrio dinámico entre el contenido de la sangre y el contenido de los distintos tejidos. (ver **figuras 149. Y 150.** en el primer caso se presenta un modelo sencillo basado en la distribución entre el plasma y los tejidos, el segundo considera que el tóxico esta en más de una parte, siendo un compartimiento central, con mucha irrigación sanguínea como ser pulmones, riñones, hígado, estómago, etc. Y otro compartimiento periférico, con tejidos poco irrigados como ser huesos piel, tejidos grasos, etc.)

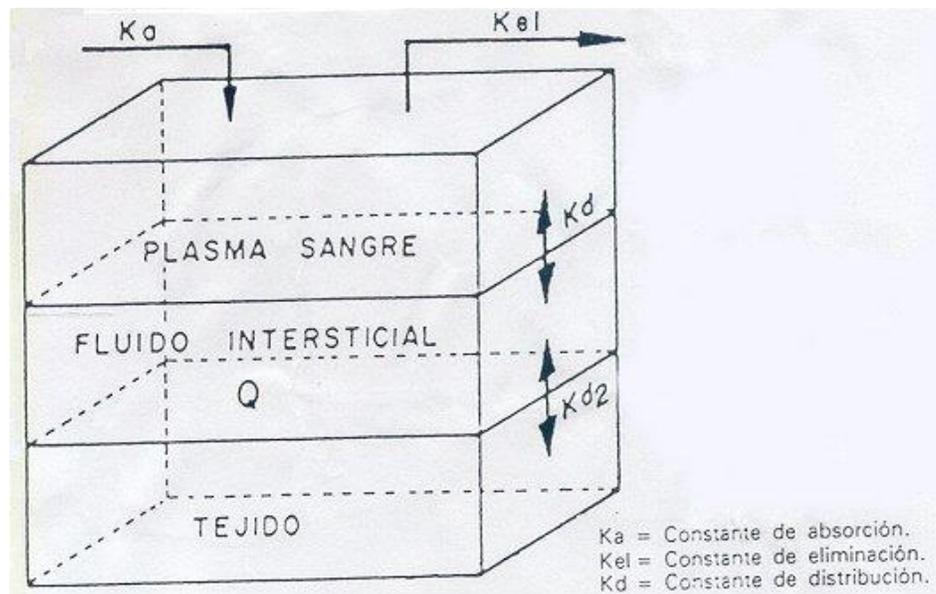


Figura 149. Modelo monocompartimental



Figura 150. Modelo bicompartimental

17. ELIMINACIÓN DE LOS XENOBIÓTICOS

Cuando un elemento tóxico es absorbido por el organismo, este origina una serie de reacciones que procuran atenuar sus efectos y facilitar su eliminación, dichas reacciones cambian con la composición química del elemento nocivo, o por el proceso de conjugación, modifican sus propiedades, el tóxico modificado recibe la denominación de metabolito. Puede ocurrir que un tóxico sea eliminado sin haber sufrido ninguna transformación.

Pero, como ya se mencionó la mayoría de los xenobióticos no puede ser eliminado en forma directa por el organismo, sino que deben ser en principio metabolizados por una o más reacciones a productos progresivamente más polares para posibilitar su excreción.

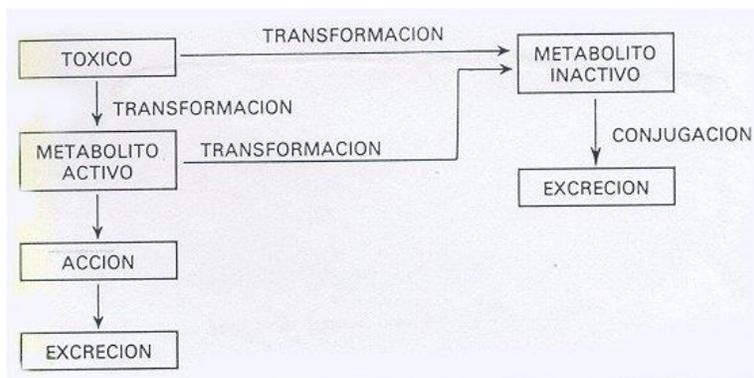


Figura 151. Esquema de transformación y eliminación

El mecanismo de eliminación renal con los tóxicos pasa a invertir su función de absorción y distribución, como los compuestos liposolubles no poseen facilidad de eliminación se deben unir a otros compuestos que toman la función de transportadores, en cambio los compuestos iónicos son muy fáciles de eliminar

Se tiene que la orina y luego la bilis son las vías más importantes para la eliminación de los compuestos no volátiles, los compuestos volátiles son eliminados mediante la expiración, otras vías de eliminación son la transpiración, las uñas, la saliva, la secreción gastrointestinal, la leche materna, las lágrimas y el semen.

Excreción renal:

Los riñones reciben aproximadamente el 25 % del caudal sanguíneo son órganos que participan en la excreción de xenobióticos polares y de los metabolitos hidrófilos de los xenobióticos lipófilos, esta excreción está gobernada por tres procesos:

- Filtración glomerular
- Reabsorción tubular
- Secreción tubular

Filtración glomerular:

La función del filtrado glomerular es la primera etapa del filtrado (de tamaño molecular limitado e hidrosolubilidad), de la orina a través del plasma precisamente por los poros glomerulares (de 70 a 100 Å de diámetro), toda molécula que pueda pasar libremente por los poros aparecerá en el filtrado en la misma concentración que antes del proceso. (Esto se efectúa porque la presión hidrostática de la sangre en los capilares es 75 m.m. de Hg. Es mayor a la suma de las presiones osmótica (unos 30 m.m. de Hg.) y la capsular (unos 20 m.m. de Hg.)

Los xenobióticos/metabolitos-proteínas dada su dimensión no serán filtrados, pero como causa de la menor fracción libre, la fracción ligada a proteínas podrá

disociarse y tornarse accesible al filtrado, (mecanismo de transporte activo de eliminación de los metales)

Reabsorción tubular:

Esta reabsorción es pasiva los compuestos lipófilos que pasan con menor facilidad las paredes celulares que los compuestos polares serán reabsorbidos con mayor facilidad, debido a la existencia de un gradiente de concentración (tubulo > plasma) por la reabsorción de agua, la cual retorna a la sangre y concentra los elementos a eliminar



Figura 152. Esquema de eliminación renal/biliar

Secreción tubular:

Esta consiste en el transporte de sustancias del fluido peritubular a la luz tubular, la cual puede ser activa o pasiva, la primera puede ser el transporte de la secreción de ácidos orgánicos o de bases orgánicas fuertes, y la segunda se da en las sustancias cuya forma ionizada existe en mayor concentración en la orina que en la sangre

Excreción hepática:

La excreción biliar es después de la orina la vía más importante de la eliminación de xenobióticos, dada la posición entre la vena porta y la circulación general, los tóxicos absorbidos en el tracto gastro intestinal pasan al hígado antes de ser liberados como se mencionó antes, en el hígado los xenobióticos procedentes de la absorción oral como los que vienen de la circulación sistémica, todos son generalmente metabolizados y los metabolitos resultantes llegan a ser liberados en la circulación sistémica o excretados en la bilis, estos son generalmente compuestos de gran peso molecular de carácter polar.

Un aspecto digno de mencionar de la secreción biliar es la circulación enteri hepática, después de la absorción y llevado al hígado un xenobiótico a polar es por lo general conjugado y dependiendo de su peso molecular es eliminado en la orina o secretado en la bilis el cual terminará yendo al intestino donde puede ser reducido por la flora intestinal o por otras condiciones y en consecuencia será reabsorbido y retransportado al hígado.

Excreción pulmonar:

Los pulmones son una vía de excreción importante para gases y compuestos volátiles, así como para los metabolitos volátiles de xenobióticos no volátiles, los compuestos en los pulmones pasan de la sangre como se mencionó al aire alveolar, en forma predominante por difusión pasiva, donde son excretados en el aire expirado, la velocidad de excreción es menor con la solubilidad del gas en la sangre y es mayor con el aumento del flujo sanguíneo y el ritmo respiratorio.

18. EXPOSICIÓN A MEZCLAS DE SUSTANCIAS

Toda persona está expuesta no solo a un compuesto sino por lo general a varios en forma simultánea, este tipo de exposición puede llegar a alterar la velocidad de absorción, el grado de unión a proteínas o variar los grados de biotransformación o excreción de uno o varios de los compuestos interaccionantes, por esto es necesario evaluar el riesgo de la exposición de las mezclas considerando lo siguiente:

- Probables interacciones fisicoquímicas de todas las sustancias
- Evaluación de las condiciones del medio ambiente (humedad, temperatura, concentraciones, etc.)
- Duración de la exposición y momento (considerar la interacción con el momento de digestión).
- Carga laboral (esta incide en el ritmo respiratorio y cardíaco)
- Efecto entre los distintos xenobióticos entre sí y con el hombre, debido a que pueden producir:
 - Adición
 - Sinergismo
 - Potenciación
 - Antagonismo

Adición:

Es el efecto combinado de dos o más compuestos, es igual a la suma de los efectos individuales de cada uno de ellos.

Sinergismo:

Esto se da cuando el efecto combinado de los compuestos es superior a la suma de los efectos individuales.

Potenciación:

Se denomina así cuando un elemento no tóxico aumenta el efecto de un agente tóxico.

Antagonismo:

Es la interferencia entre compuestos tóxicos donde la combinación de ellos produce un efecto menor al que causarían cada uno por separado.

La interacción ente los compuestos puede ser química cuando reaccionan entre sí para dar otro compuesto, toxicocinéticas cuando un compuesto altera la disposición de absorción, distribución, biotransformación o excreción y con esto la cantidad de xenobióticos y metabolitos reactivos y por último toxicodinámico cuando la presencia de un compuesto influye sobre la respuesta celular.

19. EVALUACIÓN DE LAS SUSTANCIAS NOCIVAS

Las primeras estimaciones de peligrosidad de una sustancia en un lugar de trabajo están dadas por:

- Anexo II correspondiente al artículo 61 de la Reglamentación aprobada por el Decreto N° 351/79
- Listados y estudios publicados por autoridades competentes y/o fabricantes
- Prescripciones para evitar accidentes
- Instrucciones de la empresa productora
- Inspecciones de las ART´s
- Asociaciones profesionales
- Centros de toxicología
- Etc.

Al hacer una incorporación de una sustancia al proceso productivo, de limpieza de mantenimiento, etc. de la planta, se debe controlar todos los sentidos humanos y los efectos sobre ellos, y la evolución del proceso (según lo expresado por Lentge y Acwanzbach, en 1976)

- ¿Produce niebla, humo, vapor u otra forma de difusión difícil de controlar hacia el medio ambiente?
- ¿Hay olores, produce lagrimeo de los ojos?
- ¿Dificulta la respiración?
- ¿Aparece irritación en la piel?

Una medición inmediata debe efectuarse y continuar con mediciones discontinuas de control y además se puede efectuar análisis (muestras promedio), o con equipos personales

Los análisis de polvos necesitan un laboratorio bien equipado, (en lo posible calificado), los valores de las mediciones efectuadas por medio de los valores MCT, (máxima concentración en el puesto de trabajo)

El valor MCT corresponde a la concentración de una sustancia de trabajo, (ya sea gas, vapor, o suspensión en el aire), que según el estado de conocimientos, no afecta la salud del hombre, La lista de los valores MCT se debe actualizar por lo menos anualmente, teniendo en cuenta el estado actual del avance de las

investigaciones en el ámbito de la toxicología, la medicina laboral, y las experiencias dadas en las distintas plantas a nivel mundial por medio de la higiene y seguridad en el trabajo.

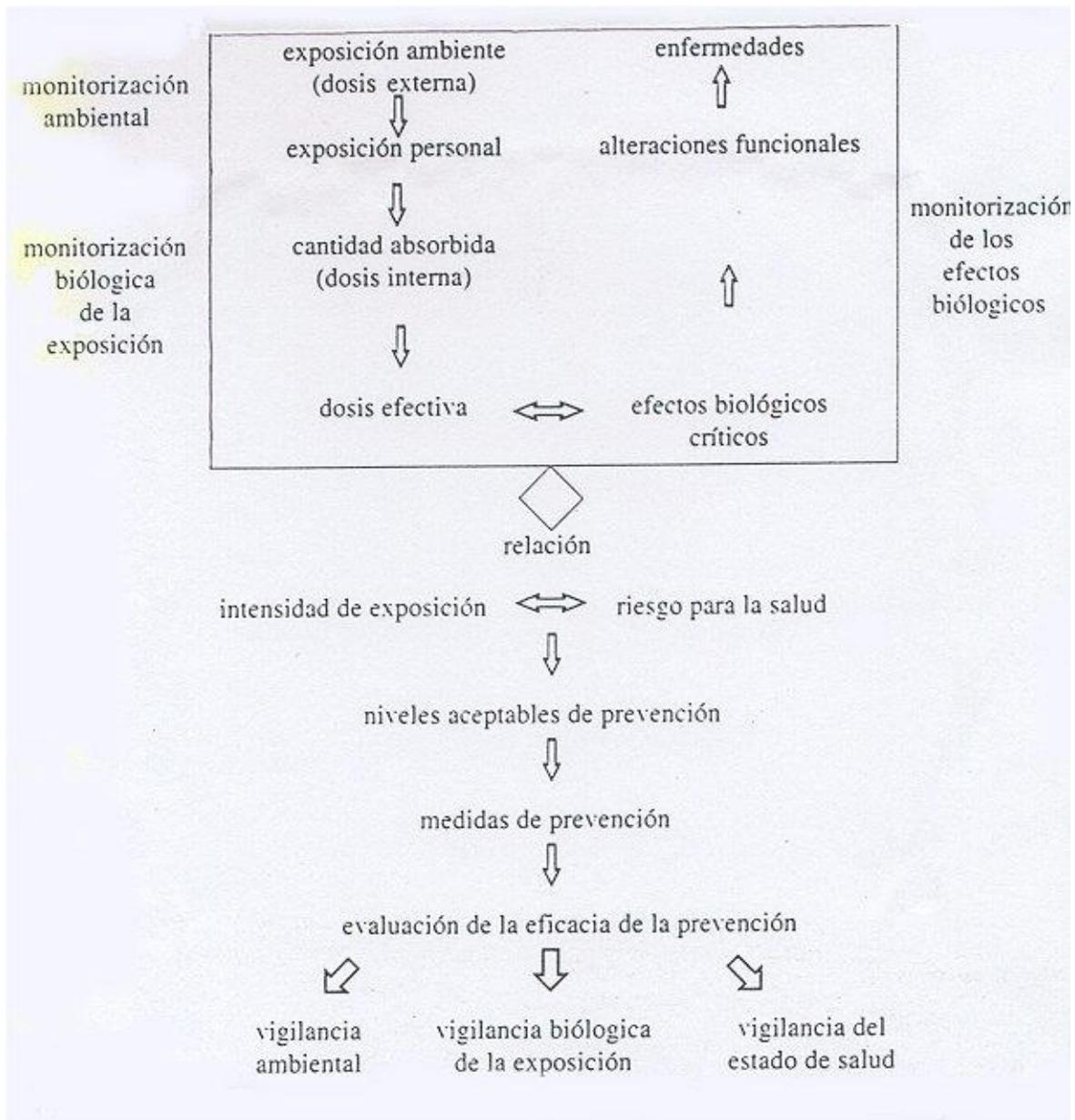


Figura 153. Evaluación de la relación exposición riesgo y sus aplicaciones (Según Lauwerys, 1990)

20. LISTADO DE CHEQUEO PARA LA CONFORMACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

Como en todos los casos estudiados se deben efectuar chequeos de las medidas adoptadas para esta problemática:

- Medidas técnicas/tecnológicas del origen de la fuente de sustancias nocivas
- Medidas contra la dispersión de sustancia nocivas

Por ejemplo:

- Cambio de las sustancias por otras de menor peligro o sin él
- Modificación de la tecnología de trabajo

Medidas contra la dispersión como ser:

- Usar un sistema estanco (cerrado)
- Usar aspiración forzada para eliminar del medio la sustancia
- Tomar medidas de ventilación

Medidas contra el efecto de sustancias nocivas como ser:

- Equipos de protección respiratoria
- Elementos de protección personal (guantes, gafas, delantales, ropa especial, etc.)

Estas medidas de protección deberán limitarse a los casos de trastornos dado que se aplicación en muchos casos es una nueva carga laboral a las ya existentes. Además, se debe efectuar tareas de instrucción sobre los riesgos que se corre al trabajar con esas sustancias peligrosas para la salud

21. ENFERMEDADES PROVOCADAS POR SUSTANCIAS NOCIVAS

Las enfermedades provocadas por sustancias nocivas son muy diversas como son también muy distintas las vías de entrada al organismo y la parte del mismo afectada.

Estas pueden ser desde **intoxicaciones** producidas por agentes tóxicos, que entran el organismo produciendo alteraciones en él, por lo general se presentan como afecciones agudas, (cuando el efecto del tóxico es de suma importancia), esta puede ser el resultado de un accidente de trabajo, o ceónica, la cual es la más frecuente, (se presenta con el tiempo es el producto de la absorción del organismo de pequeñas cantidades acumulativas, incapaces en forma individual de afectar a la persona pero en la suma de todas las dosis generan un problema)

También se pueden presentar en forma de **infecciones**, por lo general como consecuencia de un agente vivo

Las **alergias** es el cuadro clínico provocado por sustancias a las cuales el individuo es sensible, estas salvo raras excepciones no son graves, estas se curan cuando se aleja la sustancia causante del problema.

En cambio, el **cáncer** es una enfermedad que, si bien no se conoce las causas del mismo el poder desencadenante de algunas sustancias, (que por tal motivo se denominan cancerígenas), es totalmente irreversible

La **dermatosis profesional (dermatitis, o eccema)**, tiene dos orígenes de causa una exógena, (el desencadenante proviene del exterior, el cual cuando actúa en forma local se presenta como **irritación** o en forma generalizada en las ya mencionadas alergias), y la otra causa es la endógena (cuando la causa es proveniente de alguna sustancia asimilada por el cuerpo es decir del interior)

Las enfermedades producidas por el depósito de polvo en los pulmones se denominan **neumocomosis**, estas pueden ser benignas o malignas, y los productores pueden ser de tipo orgánico o mineral, (por ejemplo, begazosis, cannabosis, etc., en el primer caso y antracosis, asbestosis, silicosis, talcosis, etc. en el segundo)

21.1. ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR SUSTANCIAS QUÍMICAS

La acción de distintos contaminantes químicos da a lugar a una variedad de enfermedades que las podemos clasificar en enfermedades producidas por:

- polvos
- compuestos orgánicos
- compuestos inorgánicos

21.2. ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR EL POLVO

Las enfermedades producidas por contaminantes en forma de polvo llevan la denominación de **nosoconiosis** y según el órgano del cuerpo que afecte lleva su nombre, específico:

- Neumoconiosis, la cual afecta los pulmones
- Derma coniosis, cuando afecta la piel
- Rinoconiosis, cuando afecta la zona nasal
- Osteoconiosis, cuando afecta los huesos
- Oftaconiosis, cuando afecta a los ojos
- Etc.

1. NEUMOCONIOSIS

Esta enfermedad se presenta por la inhalación de polvos y el posterior depósito de estos en los pulmones, según la naturaleza de estos pueden ser orgánicos o inorgánicos y entre los factores que intervienen en la formación de esta enfermedad podemos citar:

- Composición química del polvo
- Tamaño de las partículas (las comprendidas entre 0,5 y 5 μm son las que quedan retenidas en los alveólos pulmonares)
- Concentración del contaminante
- Tiempo de exposición
- Sensibilidad individual

1.2. TIPOS DE NEUMOCOSIS

Según la naturaleza del polvo la neumocosis se clasifica en:

- Inorgánica
- Orgánica

Las neumocosis inorgánicas a su vez pueden también clasificarse en:

- Malignas (silicosis, silicosis, berilosis, neumoniosis metálica, etc.)
- Benigna (antracosis, siderosis, grafitosis, etc.)

Como ejemplo de neumocosis orgánicas se pueden mencionar la bagazosis (derivada del bagazo de la caña de azúcar), la cannabis (derivada del cáñamo) la bisinosis (derivada del lino o algodón), etc.

Silicosis:

Esta es una neumoconiosis inorgánica maligna, producto de la inhalación y depósito en los pulmones de polvo de sílice (SiO_2), es una afección irreversible, progresiva y fatal, es la más importante de todas las neumoconiosis y afecta al hombre en forma natural en medios ambiente agresivos, tales como desiertos (se encontró esta enfermedad en momias de faraones egipcios).

Es común en las minas y canteras (industria de la extracción), en las actividades laborales que utilicen áridos (la construcción), también en el tallado de piedra, las industrias de abrasivos, cemento, refractarios, vidrios, etc.

Cuando el polvo de sílice llega a los pulmones se produce una reacción que determina un proceso progresivo de fibrosis y endurecimiento que engorrese la actividad pulmonar, (el proceso se inicia cuando las partículas libres de sílice rompen el coniófago y salen del vaso alveolar, la partícula y los restos de la célula, esto puede ser absorbido por los vasos linfáticos, si esto no ocurre, se crea

un tejido más rígido), este proceso continua aun después de haberse alejado la persona de la actividad (ambiente pulvígeno agresivo)

La forma de eliminación de las partículas es por medio del sistema linfático, generando una acumulación en nódulos, habiendo partículas que pasan estos nódulos y se acumulan en otros tejidos.

Silicosis:

Esta es producida por la inhalación de polvo que contenga sales de ácido silícico, tales como asbestos, talco, mica, caolín, etc., de todas la más importante es la producida por el amianto (asbestosis), en forma de crisotilo, u otra, o del asbesto comercial en cualquiera de sus mezclas

En el caso del asbestosis tiene que este además se puede acumular en la pleura, pudiendo llegar a originar el *mesotelioma*, (cancer de pleura)

Antracosis:

Esta es benigna, la produce el depósito de carbón en los pulmones es común en las minas de carbón, en las ciudades ampliamente contaminadas, en la industria del caucho, etc.

Siderosis:

Esta enfermedad al igual que la anterior es benigna y se produce por la inhalación de óxido de hierro, tiende a desaparecer al eliminarse la exposición, se presenta en pulidores de metal, soldadores por arco y personal dedicado a la extracción de hematita.

Neumoconiosis orgánica:

Se produce por la inhalación de polvo orgánico, animal o vegetal y se deben a la hipersensibilidad a nivel traqueobronquial o alveolar

21.3. ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR COMPUESTOS ORGÁNICOS

Podemos mencionar que los hidrocarburos son junto con los derivados halogenados, alcoholes, éteres. Cetonas, poliuretanos, aminas, naftaleno, xileno, tolueno, benceno, ácidos orgánicos, aldehídos, etc. Los responsables de este tipo de afecciones, siendo las más importantes las producidas por el benceno (benzolismo), tolueno y tricloroetileno, destacándose sobre todas las primeras, por la gran utilización del benceno en la fabricación de pinturas, como disolvente, etc.

La benzenosis se genera en la manipulación del producto en estado puro y en el que se encuentra mezclado como componente o disolvente, o en productos de destilación que lo posean en un porcentaje considerable, el convenio de la OIT N° 136 (Convenio sobre el Benceno del año 1971), establece la obligación de sustituir el benceno y sus derivados por otros menos agresivos a la salud.

El benzenolismo se produce por la inhalación de los vapores los cuales penetran en las vías respiratorias, pasando a la sangre para terminar fijándose en la médula

ósea, en el cerebro, en el hígado, etc., produce intoxicación, anemia, hemorragias, pudiendo en casos extremos a causar la muerte

22. CALIDAD DEL AIRE EN ESPACIOS CERRADOS (Síndrome del edificio enfermo S.E.E.)

En la medida que pasa el tiempo cada vez las personas pasan más tiempo en espacios confinados, llegando en la actualidad en los países más desarrollados del globo a superar con creces el 90 %, lo que hace una preocupación muy grande dar confort en esos lugares durante el tiempo laboral, lo mismo ocurre en el hogar, contrastando de esta manera en ambos casos con el medio ambiente exterior.

Hace aproximadamente uno 30 años comenzaron a aparecer informaciones con respecto a problemas que surgían en personas que se encontraban trabajando en espacios confinados fundamentalmente en instalaciones de tipo estratégico militar.

Los mencionados problemas consistían en quejas por cefaleas, irritación de las mucosas, sensación de cansancio y asociada a ello problemas de claustrofobia, posteriormente en la década del setenta esto se repitió sin el efecto de la claustrofobia en personas que trabajaban en grandes edificios.

Durante los años ochenta se comenzó a estudiar el problema con seriedad, llegando a observar mediante el uso de estadística en los lugares con problemas que estos se encontraban muy asociados a las dificultades de la ventilación (renovación del aire viciado), (edificios herméticos y con sistema de ventilación centralizados de control de ventilación)

Este tipo de problema recibe varias denominaciones "Síndrome de la oficina enferma", "Síndrome del ojo del oficinista", "Síndrome del edificio enfermo", (S.E.E.), término con el que se reconoce el problema en la OMS.

En 1982 la OMS estableció una división a clasificación del problema.

- S.E.E. temporal (el síntoma disminuye o desaparece con el transcurso del tiempo)
- S.E.E. permanente cuando los síntomas continúan pese a las medidas adoptadas y el transcurso del tiempo.

Nota:

En la **figura 154.** da una idea concreta de la importancia y responsabilidad de la contaminación los hogares en el total de los sistemas creados por el hombre

También es de considerar que muchos de los efectos de los ausentismos en las empresas está constituido por enfermedades simples y vulgares tales como el catarro o el resfrío, hay estadísticas de todo tipo al respecto y en todos los países los porcentajes por lo general varía en dos aspectos, la ubicación geográfica que denota el clima y el grado de desarrollo, pero lo que se presenta en

común es que los contagios se efectúan en los lugares cerrados, mayormente en los mismos lugares de desarrollo de las tareas siendo los más virulentos en las epidemias las oficinas

22.1. EPIDEMIOLOGIA DEL S.E.E.

Síntomas prevalentes

En los casos de S.E.E. publicados, los síntomas que se presentan como más frecuencia son los recogidos en la **figura 155**.

Irritación de ojos, nariz y garganta Sequedad de la piel y mucosas, eritema cutáneo Fatiga mental, somnolencia Dificultad de concentración Cefaleas, sensación vertiginosa Mayor incidencia de infecciones en vías respiratorias altas Dificultad respiratoria, jadeo, roncros, sibilancias, cuadros asma-like Disfonías, tos Trastornos del sentido del olfato y del gusto Náuseas
--

Figura 155. Signos y síntomas relacionados con el S.E.E. (Según F. Marqués, 1991)

Estudios sobre las condiciones ambientales

En Inglaterra se llevó a cabo un estudio que demostró que los casos de S.E.E. Presentan características comunes, tales como:

- Los principales síntomas partían de los aires acondicionado, pero había casos en los que existía ventilación natural
- Los administrativos se afectaban con más facilidad que los técnicos y las quejas se dan más en el sector público que, en el privado, siendo las quejas más frecuentes en edificios grandes con oficinas.
- Las personas con mayor número de síntomas tenían menor posibilidad de control de microclima
- Los problemas se acrecientan a la tarde

Independientemente de la relación causa efecto, muchos estudios han determinado características comunes entre edificios responsables de los síntomas:

- los edificios en su general disponen de ventilación forzada (pese a que la OMS no hace mención de ninguna clase de los sistemas de acondicionamiento del aire, lo que presuponen que entran dentro de una categoría más general)

- Los edificios son de construcciones sencillas y baratas propias de los destinados a servicios públicos
- Las paredes exteriormente están cubiertas por materiales textiles (moquetería, cortinas, etc.)
- Los sistemas de energía son deficientes, que tratan de mantener la temperatura confortable y el ambiente homogéneo.
- Se trata de edificios herméticos (en los que por lo general las ventanas no se pueden abrir)

Un estudio hecho en Inglaterra dio como resultado que el 8 % de los trabajadores tenían al menos un síntoma relacionado con el trabajo, y más del 40 % tenían molestias nasales, cefaleas o irritación de garganta, aumentando los problemas en los edificios con sistema de aire acondicionado humidificado y frío, también en los edificios más sanos permitían abrir ventanas y un cierto control sobre la temperatura, la ventilación y la iluminación.

22.2. CAUSAS RESPONSABLES DEL S.E.E.

Las causas que surgen con el S.E.E. son muchas y es posible agruparlas en los elementos de la **figura 156**.

Contaminación ambiental
Olores
Pérdida de iones negativos en el aire
Sistema de ventilación /renovación de aire inadecuado
Baja humedad relativa
Ambiente de trabajo poco confortable
- temperatura elevada
- mala ventilación
- Ventilación no homogénea
- Iluminación deficiente
- Hacinamiento
- Falta de desinfección periódica
- No respetar las "cuarentenas", como el caso de enfermedades gripales, donde el hombre es un foco portador y la ventilación un excelente difusor
Causas psicosomáticas/insatisfacción

Figura 156. Causas relacionadas con el S.E.E.

Contaminantes ambientales:

El espectro de los contaminantes existentes en el medio ambiente de las oficinas es muy grande, a parte con las técnicas que hay en la práctica habitual de la Medicina Laboral y de la Higiene en el Trabajo solo se pueden identificar muy pocas de las más de 800 sustancias detectadas de las cuales se señalan solo unas en la **figura 157**.

SUSTANCIA	CONCENTRACIÓN	
Polvo total	20-40	mg/m ³
Polvo respirable	15-25	mg/m ³
Compuestos orgánicos volátiles	0,05-0,02	mg/m ³
Formaldehídos	5-40	ppb
Tulueno	10-30	ppb
O,m.p-xileno	10-20	ppb
Etileno	5-15	ppb
Hexano	10-25	ppb
1,1,1-tricloroetano	50-150	ppb
1,1,2,2-percloroetileno	40-80	ppb
ozono	5-10	ppb
óxidos de nitrógeno (No _x)	200	ppb
monóxido de carbono (CO)	2-1	ppm
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,05-0,09	%

Figura 157. Contaminantes habituales detectados en el microclima de edificios herméticos (Según Hicks, J. B. Tight Building Syndrome: When Work makes you sick. Occup Health Safety)

Contaminantes relacionados con los ocupantes del edificio

Los mismos ocupante de los edificios producen elementos contaminantes como ser el dióxido de carbono CO₂ el que procede principalmente de la respiración de sus habitantes y del humo de los cigarrillos, en ambientes limpios no polucionados, la concentración normal de CO₂ es de 325 ppm (0,03 %), hay instalaciones de ventilación que poseen monitores de CO₂ para controlar la cuota de oxígeno, regulando la entrada de aire fresco, no dejándolo entrar hasta cuando la cantidad del CO₂ llegue a un valor de concentración predeterminados (generalmente de 2.500 ppm (0,23 %9).

Una concentración de CO₂ alta lleva consigo el acompañamiento de otros contaminantes, desde 1981 la American Society of Heatin, Refrigeration an Air Conditioning Engineers (ASHRAE Standard 62-1981) recomienda que no se supere los 1.000 ppm de CO₂ y por esto propone aumentar la tasa de ventilación de 2,5 l/s/persona a 7,5 l/s/persona en los lugares donde está permitido fumar.

La contaminación con el CO₂ suele darse en lugares con poca ventilación (baja reposición/circulación del aire) o con acinamento de personas, en los lugares acinados el problema es serio pero fácilmente detectable el problema se agrava en los lugares poco transitados dado que se si el porcentaje de CO₂ es alto y el de oxigeno no llega a un 18 % se torna peligroso para la persona y de llegar a un 16% lo más probable es que esta pierda el sentido y de no ser socorrida sobrevenga la muerte. Este problema es propio de sótanos y bodegas

Contaminantes relacionados con los muebles y el material de construcción y decoración.

Los nuevos materiales con que se fabrican los muebles de las oficinas (fibras sintéticas, melaminas, etc.), como los productos usados en su aseo y decoración constituyen un grupo relacionado con el S.E.E.

Folmaldehído:

Es una sustancia sumamente irritante y sensibilizante, capaz de producir irritación en los ojos y de las vías respiratorias superiores, se liberan por lo general cuando los muebles son nuevos, procediendo de las resinas de urea-formaldehído presentes en determinados revestimientos, muy de moda en la actualidad y sumamente usado por los arquitectos en sus decoraciones en las que prima más lo estético que lo funcional, lo seguro o lo ergonómico.

Compuestos orgánicos volátiles:

Estos compuestos provienen de sustancias adhesivas o de productos de decoración, Sterling en 1983 dijo que bajo la acción de la luz ultravioleta podría formarse un verdadero smog fotoquímico responsable de síntomas del S.E.E,

Polvos y fibras:

Estos pueden provenir de diversos lugares tales como, el suelo, la moqueta, los muebles, los materiales de aislamiento de todo tipo (asbestos, fibra de vidrio, etc.), muy usados en los sistemas de ventilación y o calefacción, son en si un reservorio de endotoxinas, nicotinas y otros microorganismos, materiales orgánicos y ácaros domésticos que pueden llegar a provocar asma

Contaminantes biológicos:

Como se mencionó anteriormente los materiales de decoración y aislación de los sistemas de ventilación son un reservorio de microorganismos, (la enfermedad asociada al edificio no se acostumbra a considerarla dentro del S.E.E., dado que en la mayoría de los casos es factible identificar e agente causante)

ENFERMEDADES POR HIPERSENSIBILIDAD
<ul style="list-style-type: none">- Neumonitis por hipersensibilidad - alveolitis alérgica extrínseca- Fiebre de los humidificadores- Asma- Rinitis alérgica
ENFERMEDADES INFECCIOSAS
<ul style="list-style-type: none">- Legionelosis- Tuberculosis- Gripe- Resfrío común

Figura 158. Etiología de las enfermedades relacionadas con el edificio (Según F. Marqués, 1991)

Máquinas de oficina

En los últimos años se fueron incorporando una gran cantidad de maquinarias en las oficinas de las cuales hay muchas personas que piensan que son un riesgo para la salud del hombre, estas máquinas son diversas y tales como fotocopiadoras, impresoras de tipo Laser o chorro de tinta, etc. De los estudios hechos hasta el presente las cantidades de ozono detectadas son tan bajas que no revisten preocupación alguna.

No obstante, surgen siempre las dudas si en espacios confinados, faltos de ventilación, falta de un correcto mantenimiento, un ritmo desmedido en el trabajo etc. Las máquinas son responsables de un S.E.E., y si en presencia de otros compuestos químicos con los que pueda reaccionar el ozono.

Sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado

Todos los ductos de transporte de aire son capaces de acarrear microorganismos y liberar gases tóxicos, tales como el monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (Nox).

Olores

Son escasos los trabajos que relacionan los malos olores con el S.E.E., y en es muy poco probable que esto juegue un papel relevante, pese a ello hay quienes relacionan los malos olores con enfermedades del tipo psicósomáticas

Carencia de iones negativos

Pese a lo realizado sobre los efectos sobre la salud de los iones negativos lo único comprobado es la relación con las condiciones climáticas, mediante la comprobación que el incremento de iones positivos se relaciona con ciertos neuroticismo y una mayor capacidad ventilatoria en los asmáticos (el viento norte en la Ciudad de Buenos Aires)

Ventilación deficiente/ inadecuada

Esto es un problema común a la mayoría de los edificios donde se pone de manifiesto las quejas relacionadas con la calidad del microclima interno, por lo que se piensa que el aire fresco es una causa de S.E.E.

La ASHRAE en la norma ya mencionada 62-1981 estableció una tasa de renovación del aire de 2,5 l/s/persona, basada en estándares de CO₂, en el interior de los edificios de 2500 ppm,

Humedad relativa

El tema de la humedad relativa será estudiado en el tomo siguiente, la participación de ella en la S.E.E. es muy discutida.

Se sabe a ciencia cierta que para humedades relativas bajas (hablamos del orden del 20 a 30 %), se producen irritaciones oculares, eritemas cutáneos, etc., favorece las infecciones de las vías respiratorias al favorecer las infecciones respiratorias al afectar la supervivencia de virus y de bacterias, se da lo mismo para humedades relativas elevadas (del orden del 70 % o más), pues favorecen la proliferación de microorganismos,

Polvos y Fibras:

Estos pueden provenir de diversos lugares tales como, el suelo, la moqueta, los muebles, los materiales de aislamiento de todo tipo (asbestos, fibra de vidrio, ect), muy usados en los sistemas de ventilación y o calefacción, son en si un reservorio de endotoxinas, nicotinas y otros microorganismos, materiales orgánicos y ácaros domésticos que pueden llegar a provocar asma.

Contaminantes biológicos:

Como se mencionó anteriormente los materiales de decoración y aislamiento de los sistemas de ventilación son un reservorio de microorganismos, (La enfermedad asociada al edificio no se acostumbra a considerarla dentro del S.E.E., dado que en la mayoría de los casos es factible identificar de agente causante)

<i>ENFERMEDADES POR HIPERSENSIBILIDAD</i>
Neumonitis por hipersensibilidad – alveolitis alérgica extrínseca Fiebre de los humidificadores Asma Rinitis alérgica
<i>ENFERMEDADES INFECCIOSAS</i>
Legionelosis Tuberculosis Gripe Resfrio común

Figura 159. Etiología de las enfermedades relacionadas con el edificio (Según F. Maequés, 1991)

Máquinas de oficina:

En los últimos años se fueron incorporando una gran cantidad de maquinarias en las oficinas de las cuales hay muchas personas que piensan que son un riesgo para la salud de hombre, estas máquinas son diversas y tales como fotocopiadoras, impresoras de tipo laser o chorro de tinta, etc. De los estudios

hechos hasta el presente las cantidades de ozono detectadas son tan bajas que no revisten preocupación alguna

No obstante, surgen siempre las dudas si en espacios confinados, faltos de ventilación, falta de un correcto mantenimiento, un ritmo desmedido en el trabajo etc. Las máquinas son responsables de un S.E.E., y si presencia de otros compuestos químicos con los que pueda reaccionar el ozono.

23. MEDICIONES DE LAS SUSTANCIAS TÓXICAS

De hecho las mediciones para determinar la presencia de sustancias tóxicas no solo se efectúan al aire, sino también a mezclas de líquidos y/o sólidos.

Por razones de riesgo potencial mayor siempre se presiona en la determinación de las concentraciones de sustancias nocivas en el aire.

Las mediciones se efectúan generalmente para conocer la concentración media durante un período dado, que varia según el método de medición empleado, siendo por lo general lecturas directas, o tomas de muestras para efectuarles un análisis.

Los sistemas de medición directa consisten en una aspiración que puede ser mecánica o manual de los gases del medio ambiente el cual por medio de un sistema sensor, efectúa la lectura de la concentración en el mismo equipo, en cambio en las mediciones por muestreo el cual también por aspiración mecánica o manual se obtiene un porción de los gases circundantes los cuales son retenidos en un dispositivo, luego la muestra es remitida, a un laboratorio donde se le efectúan los análisis correspondientes, determinando el contaminante específico y la concentración del mismo en el medio ambiente.

23.1. TOMA DE MUESTRA

La finalidad de un muestreo del aire del medio ambiente es poder medir en un volumen predeterminado, las características específicas o inespecíficas de los elementos extraños que contiene, como se mencionó esta se puede realizar en forma directa o en un laboratorio.

Un muestreo biológico busca determinar el resultado de la exposición a productos químicos en un lugar determinado. Analizando los elementos del producto, o sus metabolitos en distintos especímenes biológicos extraídos de la persona en estudio.

Las muestras pueden tomarse de:

- Medio ambiente:
 - ° Muestreo activo:
 - Medición directa de los elementos,
 - toma directa de una muestra de aire

° Muestreo pasivo

- Biológico:
 - ° Muestra de aire exhalado
 - ° Muestra de orina
 - ° Muestra de saliva
 - ° Muestra de sangre

Podemos decir que en la toma de muestras en el medio ambiente es necesario tomar en cuenta que la relación existente entre:

- El tiempo límite de exposición o el valor de referencia (TLV, TWA, TLV-C, etc.)
- Las propiedades de los contaminantes tanto físicas como químicas
- La técnica de muestreo y análisis

De lo expuesto y de la cantidad de muestras extraídas durante la jornada y la duración de la misma, el objetivo que persigue el estudio y si las mediciones se efectúan al medio ambiente o al individuo, se podrá determinar el tipo de instrumento a utilizar en el trabajo.

El muestreo activo consiste en forzar el paso del aire del medio ambiente a través de un dispositivo que cumple con lo menos algo de lo siguiente:

- Detección directa, específica o inespecífica de los elementos contaminantes
- Toma de muestra de recolectada en un recipiente para el posterior traslado al laboratorio
- Fijación y concentración de los contaminantes sobre un soporte.

23.2. INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DIRECTA DE CONTAMINANTES

Los equipos o instrumentos de medición están constituidos por una bomba de aspiración, un regulador y/o medidor del caudal del aire aspirado, un sistema de retención del elemento aspirado (para el análisis) o un sensor (para la lectura directa)

Los equipos de toma de muestra deben poseer la característica de retener el total del elemento contaminante (el 100 %) o mantener un caudal de aspiración constante durante todo el período de muestreo.

En el caso de instrumentos para la medición directa de los contaminantes en los cuales el muestreo y el análisis se efectúa en el mismo, se obtiene por lo general, la concentración de un contaminante específico, este procedimiento de cuantificación de la concentración en el medio ambiente de un elemento, respecto de los sistemas de toma de muestra y análisis.

Las ventajas que poseen son las siguientes:

- Son de determinación rápida
- Se pueden obtener muestras puntuales
- Es barato
- El manejo es sencillo

Pero cuentan con los siguientes inconvenientes:

- Son de escasa exactitud
- Son fáciles de interferir

De acorde a la forma con que se presentan los contaminantes en el medio ambiente, los instrumentos de lectura directa específicos, utilizados se clasifican según el principio físico-químico en el cual se basa su funcionamiento en:

Para Gases y vapores

- Calorímetros
 - ° Papeles reactivos
 - ° Líquidos reactivos
 - ° Tubos con indicadores reactivos sólidos.
 - ° Mixto (mezcla de los anteriores)
- Eléctricos
- Térmicos
- Electromagnéticos
- Magnéticos
- Etc.

Para Aerosoles

- Ópticos
- Eléctricos
- Piezoeléctricos

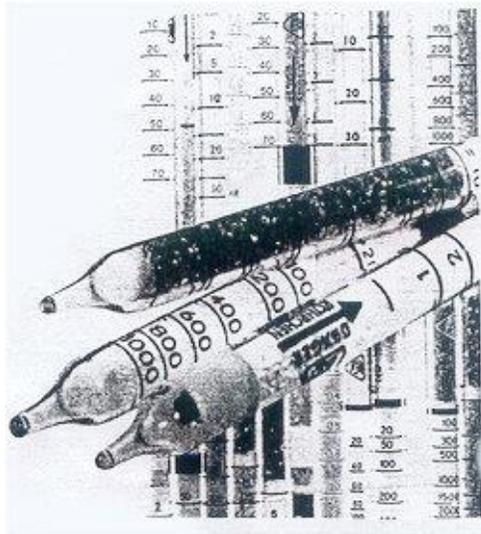


Figura 160. Tubos colorimétricos

Los tubos indicadores con reactivos sólidos son los instrumentos de uso más generalizado, para la detección de gases y/o vapores contaminantes, pese a los errores sistemáticos que con ellos se cometen, como ser:

- Errores de calibración propios de la fabricación
- Vencimiento de su vida útil
- Mal almacenado (expuesto a condiciones que degradan al reactivo)
- Mala aspiración por pérdida de hermeticidad en la bomba



Figura 161. Bomba de muestreo personal

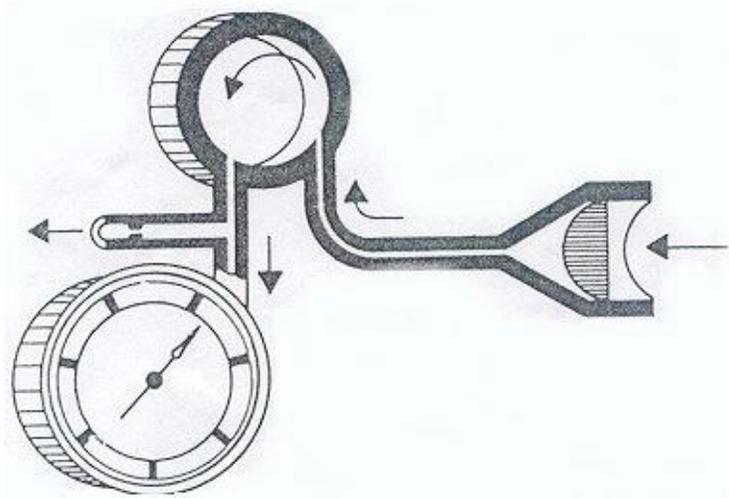


Figura 162. Esquema de un equipo de aspiración de un volumen controlado de aire a través de una membrana filtrante, recuento microscópico del número de partículas menores a 5 micras y estableciendo el número de partículas por cm^3 . Para poder obtener una muestra representativa que permita determinar el riesgo existente en el transcurso de una jornada de trabajo es menester tomar un número aleatorio de muestras (Según First & Drinker "Concentrations of Particles Found in Air", "Archives of Industrial Hygiene and Occupational Medicine", A. M.A. en 1982)

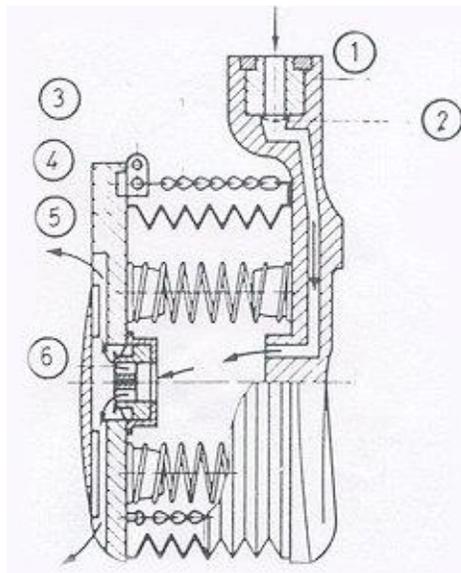


Figura 163. Equipo de lectura directa Dräger, para determinar la concentración de gases y vapores, 1) cabeza de la bomba, 2) tamiz, 3) cadena de regulación de apertura del fuelle, 4) pasador, 5) salida del aire, válvula de seguridad. El equipo se utiliza colocando el tubo de reactivo (vapor o gas) que se trate de detectar y aspirando a través el aire ambiente, apretando y soltando el fuelle del cuerpo, la escala del tubo señala directamente en partes por millón (ppm) que posee la concentración sobre la base de la longitud del tubo y el reactivo formado.

Además, existe la poca especificidad de la reacción química, la cual es alterada por la existencia de otros contaminantes en el medio ambiente, por lo cual las

lecturas poseen una oscilación que va de 5 a 40 %, denotando así su escasa precisión.

Se fabrican actualmente tubos colorimétricos de gran tamaño, conectados a bombas manuales o automáticas de aspiración, con los que se pueden realizar muestreos prolongado y personales (ver **figura 165.**)

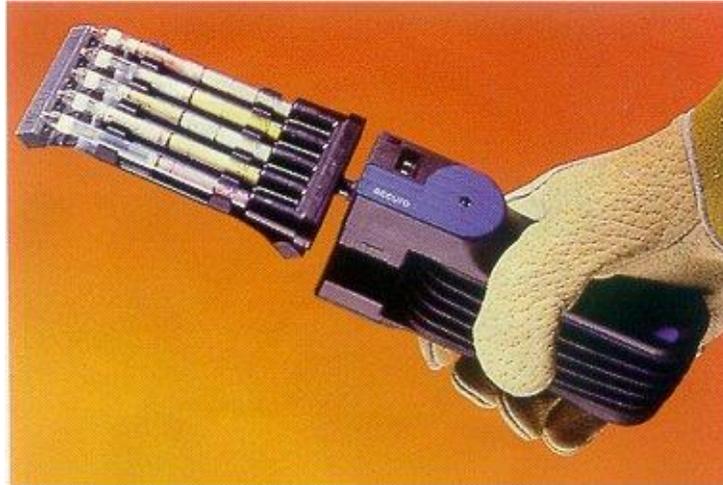


Figura164. Bomba portátil con múltiples tubos



Figura 165. Bomba portátil manual y bomba automática

Los instrumentos denominados monitores están constituidos por un sensor el cual genera una señal eléctrica, constante o a intervalos regulares, proporcionales a la concentración del contaminante existente en el medio ambiente

Los mismos responden a distintos principios de detección uno de ellos es del tipo eléctrico, los cuales funcionan por el cambio que se genera por inducción por propiedades físicas o químicas de un determinado contaminante.

Los métodos más utilizados en general son los potenciométricos, coulombiométricos y alteraciones en la conductividad debidas a fenómenos electrolíticos o de ionización



Figura 166. Analizador de gases

Otros utilizan el calor específico de conductancia y el calor de combustión, los cuales son específicos para cada gas, por lo tanto, susceptibles de ser usados para la detección y valoración cuantitativa.

Los instrumentos que utilizan la energía de la radiación electromagnética ultravioleta, visible e infrarroja para poder efectuar el análisis de los elementos presentes en el aire.

También hay técnicas quimielectromagnéticas de análisis de gases las que se basan en la medición de la radiación electromagnética emitida o absorbida por los elementos formados después de someter los gases a una reacción química. Cuando se trabaja con técnica fotométricas se puede cuantificar la radiación

emitida, en cambio en la técnica es calorimétrica se determina la radiación absorbida



Figura 167. Detectores portátiles de gases tóxicos

También se puede mencionar que existen instrumentos para detección mediante procedimientos magnéticos, los cuales consisten en la deflexión de moléculas ionizadas a través de un campo magnético y la posterior clasificación de los mismos de acuerdo a la relación carga-masa.

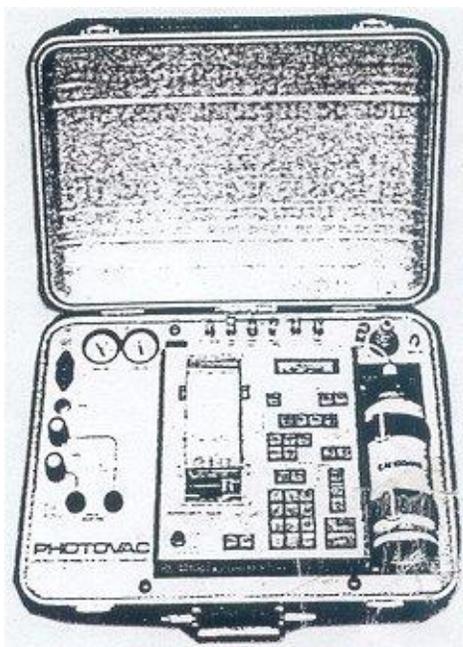


Figura 168. Cromatógrafo portátil de gases

Para la medición directa de aerosoles hay instrumentos ópticos para realizar la evaluación, siendo los principios de funcionamiento más generalizados:

- La disminución de la luz al pasar a través de un aerosol, (esto se aplica cuando hay grandes concentraciones en el medio ambiente)
- Dispersión de la luz, en el caso de baja concentración

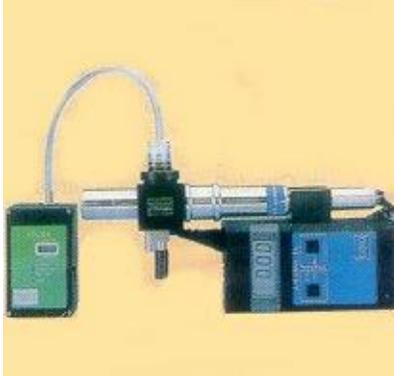


Figura 169. Monitor de polvos y aerosoles

Los monitores de este tipo tienen un funcionamiento basado en fotometría, técnicas de refractancia, emisión espectral u holográficas, en cambio los instrumentos eléctricos de lectura rápida la base de su funcionamiento está en la interacción entre partículas en suspensión y las cargas de las mismas, siendo la interacción de dos tipos:

- La capacidad de adquirir cargas electrostáticas superiores a las de la gravedad, permite evaluar el campo que generan
- La ionización proveniente de una fuente de emisión radiactiva permite la concentración de las partículas de aerosoles

Las mediciones se efectúan por monitores piezoeléctricos que determinan la masa del aerosol por los cambios de la frecuencia de resonancia, esta alteración es consecuencia de la precipitación de las partículas sobre la superficie del cristal (de cuarzo)

23.3. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DIRECTA DE LA MUESTRA DE AIRE

Estos instrumentos toman directamente la muestra del medio ambiente, en si son dispositivos que permiten almacenar y conservar un determinado volumen del aire a estudiar, para su posterior análisis en un laboratorio como ya se mencionó, siendo los más utilizados las bolsas inertes las jeringas, las cuales permiten un fácil monitoreo y su uso es sencillo.

Tienen la ventaja de la facilidad de uso y la posibilidad de tomar cualquier muestra gaseosa, son de fácil manipulación, evitando los procesos de absorción y expulsión, evitan la reacción entre distintos contaminantes al no variar las concentraciones.

Como desventajas podemos mencionar, presenta problemas en los límites menores de detección por no aumentar la concentración, el costo relativo es alto, os muestreos personales poseen el problema del transporte de la bolsa por parte de la persona que se estudia.

23.4. OTROS DETECTORES DE CONTAMINACIÓN

Hay equipos para efectuar la evaluación de contaminantes en el agua, los cuales permiten una medición rápida (in situ), de contaminantes en medios líquidos, el principio consiste en la extracción de la sustancia contaminante a ser estudiada del agua por medio del aire y hacer simultáneamente el análisis del gas obtenido

El equipo consiste en un recipiente, un tubo y una bomba, (ver **figura 170.**)



Figura 170. Equipo de evaluación de contaminantes en el agua

Para medir la contaminación del suelo fundamentalmente de hidrocarburos los cuales por vaporización luego contaminan el aire hay sondas de metal metálicas que permiten determinar la existencia de contaminantes en el suelo, mediante el uso de tubos colorimétricos, la medición se efectúa in situ efectuando la evaluación del contaminante volátil que hay en el (ver **figura 171.**)

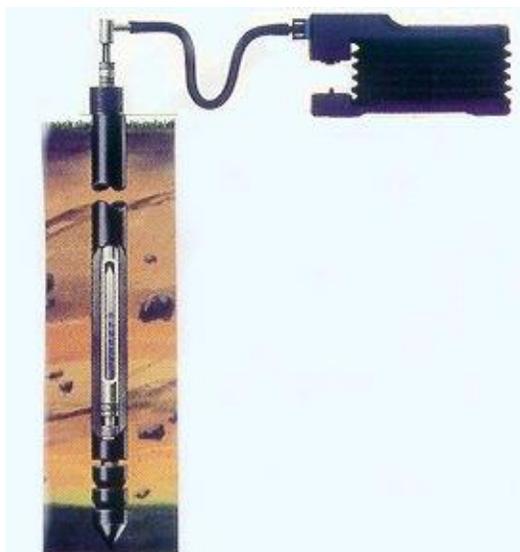


Figura 171. Sonda de detección de contaminantes en el suelo

23.5. CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMITIDAS

Las concentraciones tanto gaseosas, como de vapores, o de humos, tienen limitaciones las que dependen de los componentes tóxicos de cada caso en particular, y del efecto que tienen en el hombre

Cada país tiene su propia reglamentación la cual establece los límites máximos permitidos en el medio ambiente, estos límites tienen ligeras variaciones de una nación a otra, pero en general responden a una tabla base, en Argentina esta tabla está dada en el Decreto 351/79, más precisamente en el Capítulo 9 (contaminación ambiental), el cual ya reproducimos.

Con el fin de establecer una comparación, se presentan dos tablas más una correspondiente a la legislación de España (legislación española B.O.E. 7 de marzo de 1962), representada en las **figuras 172, 173 y 174**. La segunda tabla corresponde a la dada por la firma alemana Dräger, especialista en la fabricación de instrumentos varios de los cuales están representados en las fotografías de este anexo.

Sustancias	Partes por millón	Miligramos por metro cúbico	Sustancias	Partes por millón	Miligramos por metro cúbico
Acetaldehído (aldehído acético) ..	200	360	Carbono, tetracloruro	25	160
Amilo, acetato (acetato de amilo) .	200	1.050	Cellosolve (éter etílico del glicol etilénico)	200	740
Acético, ácido	10	25	Cellosolve, acetato	100	540
Acético, anhídrico	5	20	Cianhídrido, ácido	10	11
Acetona	1.000	2.400	Ciclohexano	400	1.400
Acroleína	0,5	1,2	Ciclohexanol	50	200
Alílico, alcohol	2	5	Ciclohexanona	50	200
Alilo, cloruro (cloruro de alilo) ...	5	15	Ciclohexeno	400	1.350
Iso-Amil, alcohol	100	360	Ciclopropano	400	690
Amoniaco	100	70	Clorhídrico, ácido	5	7
Anilina	5	19	Clorhidrina etilénica	5	16
Arsina	0,05	0,2	Cloro	1	3
Azufre, bióxido (anhídrido sulfuroso)	5	13	2-Clorobutadieno	25	90
Azufre, monocloruro	1	6	Cloroformo	50	240
Benceno (benzol)	35	110	1-Cloro-1-Nitropropano	20	100
Bromo	0,1	0,7	Cresol	5	22
1,3-Butadieno	1.000	2.200	o-Diclorobenceno	50	300
n-Butanol	100	300	p-Diclorobenceno	75	450
Butanol terciario	100	300	Diclorodifluorometano (freón 12) ..	1.000	4.950
Butanona (etil-metilcetona)	200	590	1,1-Dicloroetano	100	400
Butil-cellosolve (éter butílico del glicol etilénico)	50	240	1,2-Dicloroetano	100	400
Butil-metil-cetona (hexanona) ...	100	410	1,2-Dicloroetileno	200	790
n-Butilo, acetato	200	950	Dicloroetílico, éter	15	90
Carbitol (éter etílico del glicol dietilénico)	50	270	Diclorometano	500	1.750
Carbono, bisulfuro (sulfuro de carbono)	20	60	Dicloromonofluorometano (freón 21)	1.000	4.200
Carbono, dióxido (anhídrido carbónico)	5.000	9.000	1,1-Dicloro-1-nitroetano	10	60
Carbono, monóxido (óxido de carbono)	100	110	1,2-Dicloropropano	75	350
			Diclorotetrafluorometano (freón 114).	1.000	7.000
			Dimetil, sulfato (sulfato de dimetilo)	1	5
			Dimetilaminilina	5	25
			Dioxano	100	360

Figura 172. Concentraciones de gases, vapores y polvos, máximas permitidas en el ambiente interior de las explotaciones industriales, según la legislación de España

Sustancias	Partes por millón	Miligramos por metro cúbico	Sustancias	Partes por millón	Miligramos por metro cúbico
Estibamina	0,1	0,5	Metilo, formiato (formiato de metilo)	100	250
Estireno, monómetro de	100	425	Monoclorobenceno	75	350
Etanol (alcohol etílico)	1.000	1.900	Mononitrotolueno	5	30
Etil, éter (éter etílico)	400	1.200	Nafta de alquitrán	200	800
Etil-benceno	200	870	Nafta de petróleo	500	2.000
Etileno, óxido	50	90	Níquel carbonilo	0,001	0,007
Etilo, acetato (acetato de etilo)	400	1.400	Nitrilo acrílico	20	45
Etilo, bromuro (bromuro de etilo)	200	890	Nitrobenceno	1	5
Etilo, cloruro (cloruro de etilo)	1.000	2.600	Nitroetano	100	310
Etilo, formiato (formiato de etilo)	100	300	Nitrógeno, óxidos (expresados en NO ₂)	5	9
Etilo, silicato (orto silicato de etilo)	100	850	Nitroglicerina	0,5	5
Fenol (ácido fénico)	5	19	Nitrometano	100	250
Fluor hídrico, ácido	3	2	2-Nitropropano	50	180
Formol	5	6	Octano	500	2.350
Fosfamina	0,05	0,07	Ozono	0,1	0,2
Fósforo, tricloruro	0,5	3	Pentano	1.000	2.950
Fosgeno	1	4	2-Pentanona (metil-propilcetona)	200	700
Gasolina	500	2.000	Iso-Propanol	400	980
Heptano	500	2.000	Iso-Propil, éter	500	2.100
Hexano	500	1.800	Propilo, acetato (acetato de propilo)	200	840
Isoforona	25	140	Selenhídrico, ácido	0,05	0,2
Mesitilo, óxido (óxido de mesitilo)	25	100	Sulfhídrico, ácido	20	30
Metanol (alcohol metílico)	200	260	1,1,2,2-Tetracloroetano	5	35
Metil cellosolve	25	80	Tetracloroetileno	100	670
Metil cellosolve, acetato	25	120	Tolueno (toluol)	200	750
Metil-ciclohexano	500	2.000	Toluidina	5	22
Metil-ciclohexanol	100	470	Trementina, esencia (aguarrás)	100	560
Metil-ciclohexanona	100	460	Tricloroetileno	100	520
Metil-isobutil-cetona (hexona)	100	410	Triclorofluorometano (freón 11)	1.000	5.600
Metilo, acetato (acetato de metilo)	200	610	Vinilo, cloruro (cloruro de vinilo)	500	1.300
Metilo, bromuro (bromuro de metilo)	20	80	Xileno (xilol)	200	870
Metilo, cloruro (cloruro de metilo)	100	210			

Figura Ane 173. Concentraciones de gases, vapores y polvos, máximas permitidas en el ambiente interior de las explotaciones industriales, según la legislación de España

HUMOS, POLVOS Y NEBLINAS		POLVO INDUSTRIAL EN SUSPENSION	
Sustancias	Miligramos por metro cúbico	Sustancias	Millones de partículas por metro cúbico de aire
Antimonio	0,5	Amianto (asbesto)	175
Arsénico	0,5	Antracita	350
Bario (compuestos solubles)	0,5	Antracita (acarreo en la mina)	530
Cadmio, óxido (humos)	0,1	Carborundo	1.765
Cianuros (Cn)	5	Cemento portland	1.765
Clorodifenilo (42% de cloro)	1	Corindón	1.765
Clorodifenilo (54% de cloro)	0,5	Mica (menos del 5% de sílice libre)	1.765
Crómico, ácido y cromatos (Cr O3)	0,1	Pizarras (menos del 5% «SiO ₂ » libre)	1.765
Dinitrotolueno	1,5	Polvos inertes no fibrógenos	1.765
Fluoruros	2,5	Silicatos, en «SiO ₂ »:	
Fósforo (amarillo)	0,1	Con más de 50% de «SiO ₂ » libre	175
Fósforo, pentacloruro	1	Con 5 a 50% de «SiO ₂ » libre	700
Fósforo, pentasulfuro	1	Con menos de 5% de «SiO ₂ » libre	1.765
Hierro, óxido (humos)	15	Esteatita (menos 5% «SiO ₂ » libre)	700
Iodo	1	Polvo silíceo (menos 5% «SiO ₂ » libre)	1.765
Magnesio, óxido (humos)	15	Talco	700
Manganeso	6		
Mercurio	0,1		
Mercurio (compuestos orgánicos)	0,01		
Pentaclorofenol	0,5		
Pentaclorofonaftaleno	0,5		
Plomo	0,15		
Selenio, compuestos de	0,1		
Sulfúrico, ácido	1		
Teluro	0,1		
Tetrilo	1,5		
Tricloronaftaleno	5		
Trinitrotolueno	1,5		
Zinc, óxido (humos)	15		

OBSERVACIONES

Primera.—Los datos comprendidos en este cuadro constituyen cifras límite máximas, las que pueden ser reducidas por legislaciones especiales vigentes o que se dicten en lo sucesivo.

Segunda.—La publicación de este cuadro no excluye la necesaria vigilancia y las medidas consiguientes en la exposición de tóxicos que no figuren en el mismo.

Tercera.—Sobre radiaciones ionizantes se tendrán en cuenta las disposiciones especiales que regulan esta materia.

Figura Ane 174. Concentraciones de gases, vapores y polvos, máximas permitidas en el ambiente interior de las explotaciones industriales, según la legislación de España

Gas o vapor	Fórmula	Densidad relativa del gas (aire 1)	Umbral del olor ppm	Máxima concentración admisible		Inmediatamente peligroso para la vida	Peligroso al cabo de 1/2 a 1 hora
				ppm	mg/m ₃		
Acido clorhídrico	HCl	1,27	5	5	7	1000 ppm	—
Acido cianhídrico	HCN	0,90	1	10	11	3000 ppm	100 ppm
Acido sulfídrico	H ₂ S	1,19	0,1	20	30	700 ppm	350 ppm
Alcohol metílico (metanol)	CH ₃ OH	1,11	2000	200	260	—	4 vol. %
Aldehído fórmico	HCHO	1,04	1	5	6	650 ppm	—
Amoniaco	NH ₃	0,528	20	50	35	5000 ppm	500 ppm
Anhidrido carbónico	CO ₂	1,52	inodoro	5000	9000	20 vol. %	3,5 vol. %
Anhidrido sulfuroso	SO ₂	2,22	0,3 - 1	5	13	400 ppm	150 ppm
Arsenamina	AsH ₃	2,70	1	0,05	0,2	100 ppm	1 - 10 ppm
Benceno	C ₆ H ₆	2,77	100	25	80	2 vol. %	0,75 vol. %
Bióxido de nitrógeno	NO ₂	1,59	1 - 3	5	9	200 ppm	25 ppm
Bromo	Br ₂	5,54	1	0,1	0,7	—	10 ppm
Cloro	Cl ₂	2,45	—	0,5	2	900 ppm	14 ppm
Cloroformo	CHCl ₃	4,09	200	50	240	2,5 vol. %	1,5 vol. %
Dibromuro de etileno (1,2 dibrometano)	CH ₂ Br . CH ₂ Br	6,50	< 25	25	190	5000 ppm	—
1,2 dicloretano	CH ₂ Cl . CH ₂ Cl	3,42	6	100	400	10 vol. %	—
Dimetil-hidrazina 1,1	(CH ₃) ₂ N . NH ₂	2,07	6 - 14	0,5	1	2400 ppm	200 ppm
Fosgeno	COCl ₂	3,42	0,5	0,1	0,4	50 ppm	5 ppm
Hidrocarburos bencénicos (ebullición entre 50 y 200 °C)	C _i	—	300	500	2000	—	25 mg/l
Fosfuro de hidrógeno (fosfamina)	PH ₃	1,18	2,7	0,1	0,15	400 ppm	—
Oxido de carbono	CO	0,97	inodoro	100	110	0,3 vol. %	0,1 vol. %
	O						
Oxido de etileno	H ₂ C — CH ₂	1,52	700	50	90	—	500 ppm
Ozono	O ₃	1,65	0,015	0,1	0,2	—	50 ppm
Sulfuro de carbono	CS ₂	2,64	1 - 2	20	60	—	1100 ppm
Tetracloruro de carbono	CCl ₄	5,32	70	10	65	2 vol. %	0,1 vol. %
Tricloroetano 1.1.1.	CH ₃ . CCl ₃	4,62	< 100	200	1080	3 vol. %	0,2 vol. %

Figura 175. Concentraciones peligrosas de gases, o vapores de los productos industriales tóxicos más utilizados, (Según Dräeger)

24. PROTECCIÓN PERSONAL

Como se mencionó anteriormente, cuando todos los esfuerzos en pro de la seguridad es la modificación de las condiciones de trabajo y el medio ambiente, para lograr evitar los problemas en el hombre no alcancen se procede a suministrarles elementos de protección personal (e.p.p.), con el fin de evitar accidentes, (la contaminación o intoxicación del hombre). (equipa al hombre en forma individual con equipos de protección especializado).

Por ejemplo, en una plata química, sería de sumo agrado eliminar todos los productos contaminantes existente, pero esto como en el caso de cargas térmicas es prácticamente imposible, generalmente por razones de orden técnico, pues esto resulta sumamente costoso, cambiar el proceso, o rediseñar el producto; por lo tanto, se hace necesario suministrar al personal equipo de protección adecuado, para protegerlo de los elementos nocivos. Esto hace que el uso de equipo de protección tenga gran importancia y que se haga necesario el desarrollo de un programa de seguridad en el trabajo, donde se tome en cuenta no solo el suministro del equipamiento sino también la capacitación para el uso adecuado de los elementos para hacerlos realmente efectivos y de su mantenimiento y conservación.

Los elementos de protección contra los elementos nocivos para el organismo deben ser considerando sobre la base de las partes expuestas del cuerpo, y las vías de entrada.

Los elementos de protección deben reunir ciertas características de las que podemos citar:

- La propiedad de no alterarse por efecto del altas temperaturas o radiación térmica
- Permitir el libre movimiento del usuario
- No entorpecer la comunicación acústica
- Asegurar la protección contra la agresión de contaminantes químicos y/o biológicos según corresponda para el caso en el cual es o llegue a ser necesario su uso.
- Deben ser cómodos y confortables, (tanto mayor cuanto más grande llegue a ser la duración del tiempo de uso)
- Deben ser fáciles de cuidar y mantener.

En este caso es distinto al de la carga térmica donde la ropa que usa uno, es por si misma una protección, (crea una barrera entre el medio ambiente y la superficie cubierta del cuerpo), la copa común tiene los inconvenientes de ser absorbente y permeable por lo tanto dista mucho de brindar protección más en realidad agrava el problema, porque después de haber estado expuesto uno lleva consigo el contaminante en la roma continuando con la exposición (aumenta la dosis),

además se moja o humedece con la transpiración facilitando así aun más la fijación del tóxico.

En los casos en que falta el confort térmico durante el desarrollo de la labor, el hombre tiende a sacarse ropa, de modo tal que la contaminación de este se ve favorecida por el efecto del contacto directo sobre la piel, (la persona como es razonable se aligera de ropas, aumentando la posibilidad de evaporación, salvando los efectos de los coeficientes de aislación de la tela para esas condiciones existes).

Los elementos de protección hechos de exprofeso para protección de las distintas vías de entrada, pueden ser pensados para un uso de cada uno en particular, o en forma combinada.

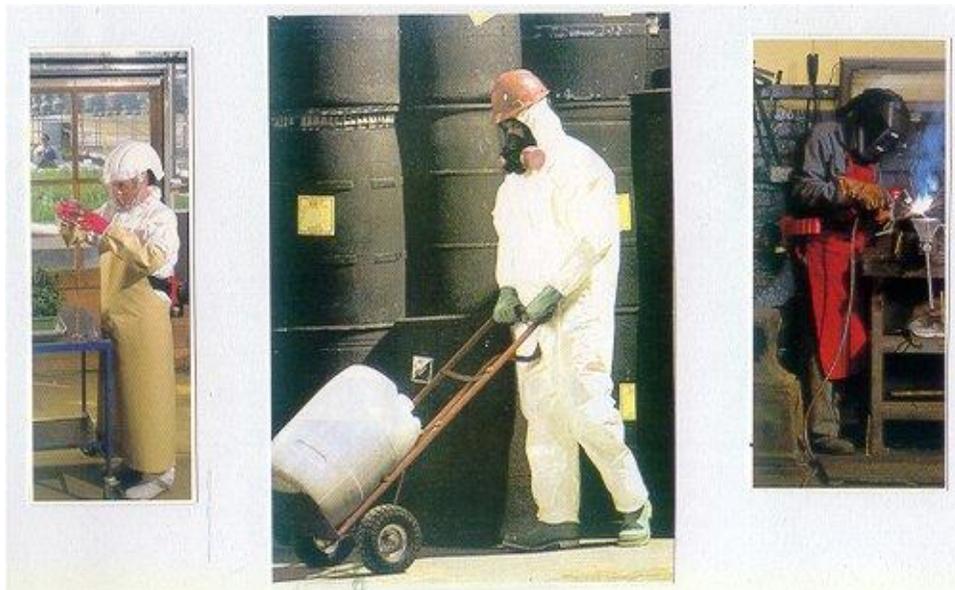


Figura 176. Uso combinado de elementos de protección

Podemos dar una clasificación de los elementos de protección del hombre de los tóxicos, citando los elementos sobre la base de la zona corporal a la cual tiene que proteger, tendremos en consecuencia:

- Protección de los ojos y cara
- Protección de los dedos, las manos y los brazos
- Protección de los pies y piernas
- Protección del tórax y el abdomen
- Vías respiratorias

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Exsisten una cantidad muy grande de elementos de protección persona cada una es especifico en si por tal manera los analizaremos por la parte del cuerpo protegida

PROTECCIÓN DE LOS OJOS Y CARA

Se debe contar con equipos que no solo protejan los ojos de los golpes de esquirlas u otro tipo de objetos, se tiene que tener en cuenta la posibilidad simultánea de protección contra vapores irritantes, contaminantes pulvulentos, gases, nieblas, energía radiante tal como rayos ultravioletas, producidos por arco eléctrico, radiación térmica producidas por fuentes calientes. en algunos casos las gafas de protección lo tienen que hacer contra el frío, en ambientes húmedos, o de extrema sequedad

Para la protección contra el empañamiento a los lentes se les coloca del lado interno un compuesto desempañante.

No hay que olvidar que algunas personas usan el elemento de protección de los ojos simultáneamente con el uso de gafas de corrección visual.

Al llevar equipo de protección respiratoria, del tipo semimáscara, las gafas pueden llegar a interferir con el ajuste en la zona del tabique nasal, y en el caso de usar máscara completa las patillas de las gafas pueden interferir con el cierre creando fugas.

Para evitar lo anterior, en el caso de usar semimáscara, lo primero a realizar es una prueba de ajuste con las gafas puestas, o todo aquel elemento que pueda quedar dentro del equipo de protección respiratoria, confirmado que este quede bien.

Cuando se trata de equipos de protección respiratoria de máscara completa, una solución es el uso de lentes de contacto o gafas adecuadas a la mascarilla (monturas especiales preparadas para tal fin).

En el caso de usar lentes de contacto verificar que la persona no este recibiendo alguna radiación que puede provocar el resecaimiento de las conjuntivas



Figura 177. Ejemplos de uso de elementos de protección respiratoria y anteojos simultáneamente

En algunas tareas es necesario usar una protección que cubra la totalidad de la cara y en otros casos esta protección tiene que ser lo suficientemente fuerte como para proteger también los ojos con empleo en condiciones ordinarias.



Figura 178. Respirador de cara completa

24.1..2. PROTECCIÓN DE LOS DEDOS, LAS MANOS Y LOS BRAZOS

Se mencionó que la mayoría de las lesiones de los trabajadores en nuestro país se producen en los dedos las manos y los brazos, lo que demuestra su vulnerabilidad, que obliga a usar elementos de protección personal, tales como guantes, mitones o alguna adaptación de los mismos

Nota:

Los guantes no son aconsejables en los puestos de trabajo con máquinas rotativas, por la gran probabilidad de que los elementos móviles atrapen a los guantes, arrastrando a las manos al interior del equipo.

En el caso que además de alguna protección de las ya mencionadas las personas en un determinado puesto de trabajo necesiten protección en las manos los **dediles**, (son protectores individuales de dedos, o pulgares, para dos o más dedos), no se utilizan por su escasa protección y falta de garantías en las mismas en este caso.



Guantes cortos

Guantes largos

Mitones

Figura 179. Guantes para protección química, fabricados con elastómeros caucho natural, Butilo, nitrilo, látex, etc.

Los **guantes** y **bandas** de las muñecas ofrecen una protección total de la mano, suelen tener una banda a la altura de la muñeca, para evitar que haya material que se introduzca dentro del guante afectando la mano, están hecho de distintos materiales, en base a polímeros, pero también los hay de materiales combinados tales como de algodón, recubierto de un polímero, (por inmersión en el).

En el mercado se presentan guantes de polímeros de distintos espesores, tales como los quirúrgicos hasta de varios m.m. de espesor en función del esfuerzo y riesgos adicionales (cortes temperaturas, etc.)



Figura 180. Guantes para el frío bañados en PVC para hacerlos impermeables y con una aislación para mantenerlos calientes, pueden ser utilizados para manejar determinados contaminantes



Figura 181. Los guantes de material sintético (nitrilo u otro) de doble capa, tienen la finalidad de brindar mayor protección a los eventuales cortes y pinchazos, también a la abrasión y probables enganches, muy aptos para grasas solventes y aceites, para el manejo de sustancias químicas, petróleo, etc. Llevan un forro de algodón con la finalidad de absorber la humedad propia de las manos (transpiración), suelen tener un tratamiento fungicida y desodorizante



Figura 182. Guantes de material sintético (Nitrilo u otro) liviano posee menor resistencia que los anteriores, pero mayor sensibilidad, se utiliza en tareas más livianas, pero para la mismo productos



Figura 183. Guantes de Acrilo Nitrilo posee resistencia a solventes ácidos, tintas gráficas etc.

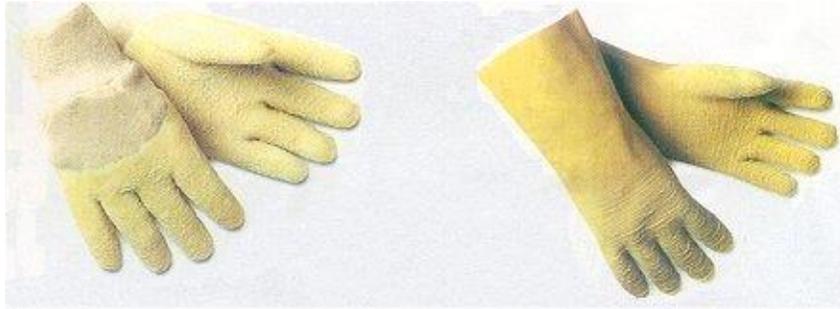


Figura 184. Guantes de caucho, se suelen fabricar con un recubrimiento rugoso para mejorar el agarre y hacerlos más resistentes



Figura 185. Guantes de material sintético (Nitrilo combinado con goma se usan para pinturas, los de Neoprene, se utilizan en el manejo de productos químicos, los de PVC, se usan en el manipuleo de aceites, solventes, productos petroquímicos, petróleo, etc.)

Los mitones se usan en lugar de los guantes en aquellas tareas que no necesiten destreza en los dedos, los mitones se fabrican de los mismos materiales que los guantes, utilizándolos en los mismos tipos de operaciones, Hay algunas variantes de los mitones normales como por ejemplo con los dedos libres, los que permiten el uso del pulgar o índice, donde el resto de los dedos están cubiertos

Hay guantes de polímeros de distintos espesores , desde muy delgados (menos de 2 m.m.) hasta muy gruesos (más de 5 m.m.), con o sin forros, según se fue comentando en las figuras, como también de distintos largos variando este de 300 m.m. a 800 m.m.(que cubren desde los dedos hasta el hombro), , esta longitud se da en función de la prestación (necesidad de protección), pero por lo general se utilizan con un largo hasta las muñecas.



Figura 186. Guantes descartables de alta sensibilidad poco espesor de material sintético (vinilo, látex, nitrilo), tienen baja resistencia, se utiliza en tareas muy livianas.

23.1.3. PROTECCIÓN DE LOS PIES Y LAS PIERNAS

En los pies la protección normal son los zapatos, en la industria se utiliza el **calzado de seguridad**, pero con los productos peligrosos por lo general estos no brindan la protección adecuada recurriendo por ello al uso de botas reforzadas, o no dependiendo esto de la prestación de protección buscada, lo general se procura que este calzado llegue a ser lo más cómodo posible. Tienen características tales como la de poseer un cierre ajustado por encima para que no penetre ningún cuerpo o sustancia extraña y tome contacto directo con la piel

Hay muchos tipos de **botas**, las cuales brindan protección hasta las rodillas salvo algunas muy especiales como las tres cuartos o las que llegan hasta las caderas,, son utilizadas para proteger los miembros inferiores de productos químicos, en los casos que haya riesgo de la caída de objetos pesados se las puede solicitar con puntera de seguridad. Solo se comercializan en una serie limitada de polímeros, dado que es necesario que tengan una buena resistencia a la abrasión, los más utilizados son el PVC, los cauchos de butilo y neopene



23.1.4. PROTECCIÓN DEL TORAX Y EL ABDOMEN (Ropa de trabajo)

Protección contra salpicaduras

La ropa normal de trabajo no asegura un buen aislamiento contra elementos contaminantes, tóxicos, o corrosivos, debido a que los materiales naturales (algodón, lana, lino, etc.), y los sintéticos (nylon), tejidos y cosidos tienen poros, por tal motivo no resisten la penetración ni la impregnación por parte de polvos, y líquidos, para poder brindar protección se debe colocar sobre esta otros elementos que cumplan bien con la protección específica según el elemento agresivo, del cual se quiere evitar contacto con la piel.

De acuerdo a las necesidades se presenta la posibilidad de usar varias prendas o el uso de una única pieza o de varias piezas. Las de varias piezas se componen de pantalones, chaquetas, capuchas, etc. Fabricados con numerosos materiales protectores, (como ser PVC, cauchos de butilo, neoprene, etc.), de acuerdo a la capacidad de aislamiento de la indumentaria esta se puede hacer formando varias capas o láminas.

Los materiales multicapa se emplean generalmente cuando se utilizan polímeros con propiedades que dan integridad física y la resistencia a la abrasión de la prenda.

En los últimos años se fabrican prendas de polietileno y materiales microporosos, no tejidos para usar y descartar, estos elementos son normalmente llamados de papel, (la fabricación se realiza con una tecnología que en lugar de tejer la prenda une las fibras. Estas prendas son sumamente baratas y ligeras

Los materiales microporosos no recubiertos son en la generalidad denominados transpirables, dado que permiten la transmisión del vapor, llegando a ser por esta causa menos estresantes, aquellos que están unidos por hilado son útiles para la protección de partículas en suspensión, pero no son resistentes a los elementos químicos y a los líquidos en general

La ropa de este tipo siempre tiene que ser fabricadas bajo normas que garanticen la salud del usuario, como ser las ASTM, las CEN, las IRAM

La ropa de trabajo debe poseer las siguientes condiciones:

- Aislar correctamente lo necesario sin excederse
- Proteger, además si se va a utilizar en el exterior, contra el viento y la lluvia
- Eliminar parcialmente la transpiración

La ropa de trabajo para protección personal, perfectamente encuadrada en las normas, de riesgo mínimo rara vez representa una carga, que disminuya la productividad, pero para requerimientos más elevados aumenta la incomodidad de trabajo y obliga a disminuir el rendimiento del hombre, (también afecta a la calidad del producto porque la incomodidad hace aumentar los errores humanos, dado que, cuanto mayor es el espesor de protección (mayor es la barrera), también es mayor la posibilidad de generar estrés, por calor, incrementa la transpiración y su efectividad disminuye cuando se encuentra mojada.

La ropa confeccionada con telas de nylon o base plástica, de trama apretada, protegen bien de elementos químicos, pero tienden a incrementar la incomodidad laboral y del estrés, dado que no permiten el paso de la humedad (transpiración).

Por otro lado, cuanto mayor es la protección general tanto mayor será el tiempo necesario para efectuar el trabajo, y la probabilidad de cometer errores. Otra cosa que se incrementa es la probabilidad de enganches, arrastres, por parte de elementos móviles.

Esto también ocurre con los elementos de protección de las manos, los cuales con su uso no pueden efectuar tareas que requieren mucha habilidad, o movimientos repetitivos.

Reiteramos la necesidad de una correcta elección es en la ropa de protección dado que el exceso de ella conlleva a una mayor carga y como se mencionó esta lleva a un menor rendimiento, por ejemplo, un pintor que realice sus labores protegido totalmente, no podrá ver a los costados, ni hacia arriba ni para abajo, dado que el equipo respiratorio y el visor limitarán su visión.

Para profundizar si consideramos los tipos de vestimenta como compuesta por varias piezas o por una prenda única. En las primeras podemos citar prendas individuales tales como pantalones, capas, capotas, delantales, etc.

Dado el caso de la necesidad de tener que usar esta ropa encima de prendas de uso común, es importante utilizar varias capas de ropa ligero y no una sola de ropa, ya que cuanto mayor sea la cantidad de celdas de aire en estas capas de ropa, también será mayor la eficacia aislante, y la facilidad de movimiento por mayor elasticidad.

El uso de una prenda única tiene la ventaja que da facilidad de retirarla cuando sea necesario (caso típico de accidente, como ser salpicaduras).

Para el caso de protección contra tóxicos y el calor la ropa debe reunir las condiciones mencionadas en la ropa de protección contra el calor:

- No alterarse con la temperatura ni radiación
- No perturbar los libres movimientos del usuario
- Permitir la comunicación
- Ser fácil de mantener



Figura 188. Persona trabajando con protección compuesta con varias piezas.

La protección compuesta por varias piezas se utiliza para protección de elementos tóxicos de bajo riesgo cuando este aumenta para impedir las filtraciones a través de varias prendas se utilizan de una sola pieza las cuales generalmente van acompañadas de un equipo de respiración.



Figura 189. Ropa de protección de una sola pieza

24.2. CAPACITACIÓN

La capacitación adecuada es fundamental para que la utilización de la ropa de protección brinde el servicio esperado, para ello se debe considerar:

- Magnitud y naturaleza del riesgo.
- Condiciones en las que se debe utilizar la ropa de protección
- Uso solo de la ropa necesaria
- Limitaciones de protección de la ropa disponible
- Manera de revisión la ropa
- Método de descontaminación antes de quitarse la ropa y descontaminación preventiva de la ropa.
- Sobre exposición
- Falla de la ropa de protección
- Primeros auxilios y emergencia
- Medidas para conservar la ropa en buen estado

24.3. MANTENIMIENTO

La conservación de la ropa de protección es de fundamental importancia para garantizar la seguridad individual de los usuarios, para ello cobra vital importancia las inspecciones, la correcta limpieza y la buena reparación.

Existe ropa de protección que posee limitaciones tales como nivel de vida, protección de la radiación UV (luz solar, radiaciones provenientes de soldadoras eléctricas, etc.), pudiendo ser afectadas por la presencia de ozono, humedad, o necesiten que les brinden una reducida cantidad de calor, que atraviesa la tela de la prenda, puede ser que no se deba pegar la ropa.

La ropa de caucho natural necesita por lo general todas las precauciones mencionadas, otra ropa no pueden ser dobladas como ser algunos polímeros, razón por lo cual se debe pedir a los fabricantes las recomendaciones al respecto (forma de almacenamiento)

Los criterios a emplear para las inspecciones, así como los métodos y la frecuencia, deben ser establecidos por escrito.

24.4. EQUIPOS DE PROTECCIÓN DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS

Dada la importancia de este tipo de equipos de protección individual se procedió a tratarlos en forma independiente

Las vías respiratorias son la entrada más rápida y directa de los contaminantes, debido a la gran relación con el sistema circulatorio y a la constante necesidad de oxígeno por parte del organismo.

Por tal motivo los equipos de protección respiratoria poseen la misión de facilitar al hombre la cantidad de aire en forma y condiciones para su supervivencia en medios contaminados (con tóxicos en él o con deficiencias de oxígeno)

Nota:

El uso de los equipos se recomienda cuando:

- Deficiencias de oxígeno en el aire (es decir que posea un 17 % o menos de su volumen en O₂)
- Aire contaminado (partículas, gases, vapores, o combinación de ellos)

Los equipos de protección respiratoria son clasificados sobre la base de la cobertura que proporciona (cobertura de entrada) y el procedimiento mediante el cual protege al usuario, la entrada al aparato respiratorio se hace por la boca o la nariz, o por ambos, para que un equipo funcione debe tener un perfecto cierre de aislamiento

Los equipos de protección respiratoria están constituidos por el adaptador facial y un sistema encargado de acercar los aires acondicionados (respirable) al mencionado adaptador.

Los equipos de protección respiratoria se pueden clasificar en:

- Dependientes de la atmósfera (equipos filtrantes)

- Independientes de la atmósfera (equipos respiratorios)

Equipos filtrantes:

Equipos filtrantes son aquellos en que el aire pasa a través de un filtro que retiene las impurezas antes de ser inhalado.

Estos a su vez se dividen en:

- Equipos filtrantes contra partículas:
 - Filtro de partículas y su adaptador facial
 - Mascarilla auto filtrante contra partículas
- Equipos filtrantes contra gases y vapores:
 - Filtro antigas con su adaptador facial
 - Mascarilla autofiltrante de gases y vapores
- Equipos filtrantes de gases, vapores y partículas:
 - Filtro mixto con su adaptador facial
 - Mascarilla autofiltrante mixta.

Los adaptadores faciales también se dividen en:

- Mascara:
Es un adaptador facial que cubre la boca, la nariz, los ojos y el mentón.



Figura 290. Ejemplo de línea de filtros, en este caso 3M



Figura 291. Máscara, o máscara completa

- Mascarilla o semimáscara:
Es un adaptador facial que cubre solo la boca y la nariz



Figura 292. Mascarilla o semimáscara

- Boquilla:
La boquilla es un adaptador facial sostenido por los dientes, manteniendo la estanqueidad con los labios y a través del cual se inhala y exhala el aire mientras la nariz está obturada por una pinza.

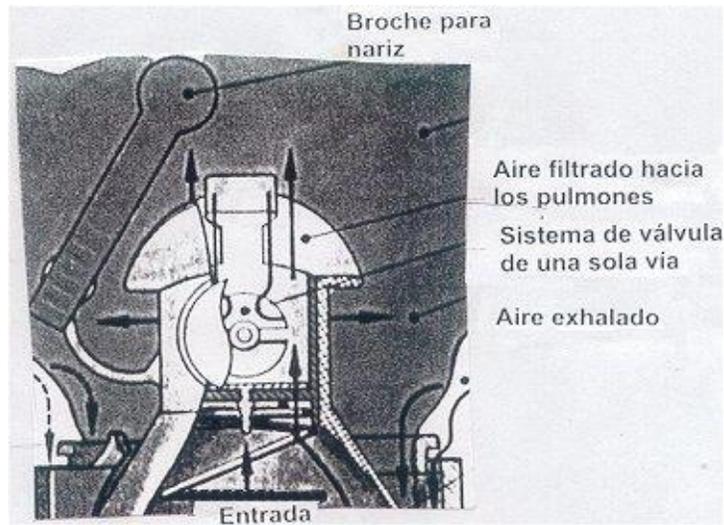


Figura 293. Ejemplo de boquilla con su broche de nariz

- Mascarilla auto filtrante:
Es un adaptador facial construido totalmente o en forma parcial con material filtrante.

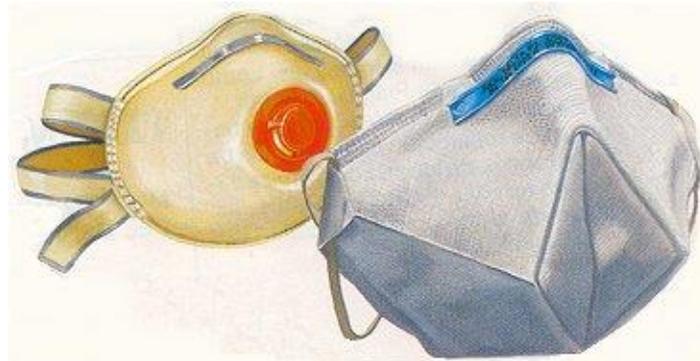


Figura 294. Mascarillas autofiltrantes

- Capuz:
Este adaptador facial cubre totalmente la cabeza, el cuello pudiendo llegar hasta los hombros



Figura 295. Equipo respirador descartable Evac 8 de capucha

Casco de Protección Integral



Respiradores contra gases y vapores tóxicos motorizados

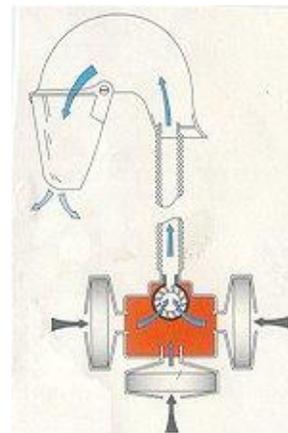


Figura 296. Equipo respirador descartable Evac 8 de capucha

- Casco:
La finalidad de este tipo de adaptador facial protege la parte superior de la cabeza de golpes

Equipo respiratorio:

Se denominan así a los equipos de protección respiratoria que permiten respirar independientemente de la atmósfera circundante, clasificándose en:

- Equipos no autónomos
- Equipos autónomos



Figura 298. Circulación del aire en equipos de protección química, (trajes), de la firma Trelleborg

Equipos respiratorios no autónomos:

Estos pueden ser de aire fresco o de línea de aire comprimido.

- De aire fresco, los cuales a su vez pueden ser:

- No asistidos
 - De asistencia manual
 - De asistencia a motor
- De línea de aire comprimido. Los cuales pueden a su vez ser:
- De flujo continuo
 - De demanda de vacío
 - De demanda de presión positiva

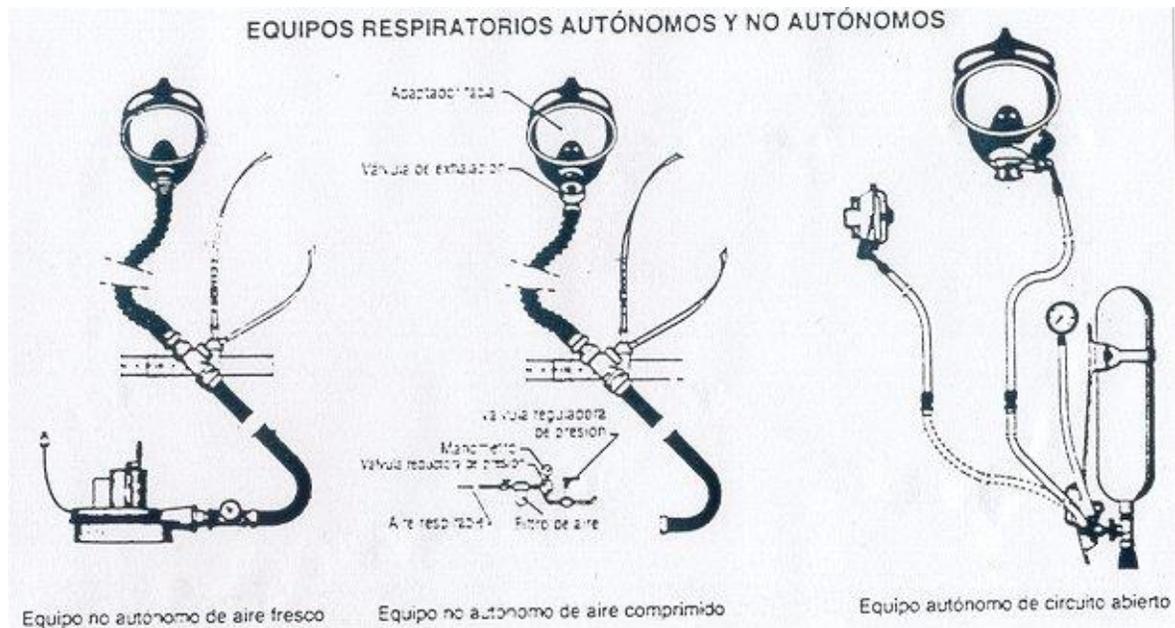


Figura 299.

Todos estos equipos brindan aire independiente del medio ambiente que reine en el lugar (por lo tanto, el aire no debe pasar a través de un elemento purificador, que retiene el elemento contaminante (tóxico), como en los anteriores).

Cuando el aire pasa a través del elemento purificador impulsado por la propia respiración del usuario diremos que el equipo es de protección respiratoria de presión negativa, en algunos casos se agregan los equipos con ventilador (equipos de protección respiratoria de purificadores mecánicos),

Nota:

En el caso de necesidad de retener aerosoles se suele utilizar filtros de diversos tipos, la elección es dependiente de las características del aerosol y el tamaño de la partícula, estos pueden ser cartuchos químicos que poseen un material específico para absorber el tóxico o reaccionar con el para neutralizarlo



Figura 300. Equipo no autónomo

Equipos respiratorios autónomos:

Estos pueden ser de circuito abierto o cerrado

- De circuito cerrado, se dividen a su vez en:
 - De oxígeno comprimido
 - De oxígeno líquido
 - De generación de oxígeno, (mediante una reacción química)

Para poder seleccionar un equipo, se debe tener en cuenta el tipo de elemento contaminante y como se encuentra en el lugar de exposición (puesto de trabajo), y los sistemas de protección de las vías respiratorias.



Figura 301. Equipo autónomo de aire comprimido



Figura 302. Equipo autónomo de aire comprimido liviano

Para comenzar el análisis se debe:

- Concentración de oxígeno (porcentaje que integra el aire del medio ambiente)
- Sustancia contaminante y su estado de presentación (físico químico)
- Riesgo sobre las conjuntivas (irritación de los ojos)
- Concentración del/los contaminantes/s.
- Tiempo de exposición
- Medio ambiente (temperatura, humedad, velocidad del aire, etc.), y características del lugar (lay out, movimiento de máquinas y/o equipos, tipo de circulación, salidas, ventanas, etc.)
- Existencia de riesgos simultáneos (térmicos, mecánicos, radiaciones, etc.)

Una vez obtenidos los valores correspondientes a las concentraciones medias, se los compara con los valores límites permitidos de exposición (TLVs) y procediendo luego a estudiar las características de los equipos existentes en el mercado, para poder determinar cual es el más adecuado para el caso

Los valores TLVs a usar son:

- TLV-TWA para tareas de más de 15 minutos de duración
- TLV-STEL en el caso que las tareas sean de una duración inferior a 15 min
- IPVS, se busca en el caso que corresponda para el contaminante en particular, de la forma que sigue:
 - En el caso de la existencia de deficiencias de oxígeno es necesario que se utilicen equipos de respiración (autonomos o no).
 - De existir elementos contaminantes que presentan cierta toxicidad se recurre a equipos de respiración independientemente de la existencia de deficiencias de oxígeno.
 - De haber suficiente oxígeno y el contaminante no revestir peligro de intoxicación inmediata, si es superada la concentración de TLVs, se podrá utilizar equipos filtrantes.
 - Se recomienda recurrir al uso del farcto de protección nominal (FPN), el cual es determinado por la relación entre la concentración exterior o ambiental (CE) y la concentración en el interior del equipo, o concentración que respira el usuario (CI), (valor que debe suministrar el fabricante del equipo.

$$FPN = \frac{CE}{CI}$$

24.4.1 MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

Los equipos de protección respiratoria deben tener una correcta y regular limpieza, de la cual el fabricante es el mejor consejero, dando la pauta de mantenimiento, limpieza, inspección de las partes para determinar la existencia de piezas desgastadas o dañadas, para efectuar el oportuno reemplazo evitando lamentables accidentes.

En los casos de ser equipos de uso común de muchas personas se debe efectuar una higienización, después del uso de cada persona, al igual el equipo de uso en emergencias deben ser higienizados después de cada uso. Estos equipos al ser poco utilizados se deben hacer inspecciones periódicas perfectamente establecidas. Las mismas deben consistir en por lo menos una comprobación de estanqueidad, en las conexiones, coberturas de las entradas a las vías respiratorias, estados de los arneses, válvulas, tubos de conexión, mangueras, filtros, cartuchos y comprobación de la caducidad de la vida útil.

En toda inspección se debe tener en cuenta las piezas plásticas y las hechas con elastómeros (de fácil y frecuente falla, por estar expuestas a la radiación calórica y U.V.) (agrietamiento, dobleces).

Las válvulas son frágiles y suelen dañarse, las botellas de oxígeno deben ser inspeccionadas como todo recipiente sometido a presión, en forma periódica y comprobar su correcto llenado.

24.5. EXÁMENES MÉDICOS

Debido a la carga que representa el uso de estos equipos, pueden alterar el estado de salud de los usuarios, por lo cual se recomienda efectuarle evaluaciones periódicas, para determinar si pueden continuar efectuando la tarea, (para ello el médico debe contar con la información de las características del equipo frecuencia de uso, tiempo de empleo y medio en el cuál actúa. (esto se debe hacer hasta para al más ligero equipo de protección).

En el caso de personal que use equipos de respiración autónomos en emergencia se deben considerar lo expuesto anteriormente.

24.6. PRECAUCIONES

Para obtener una buena eficacia de los equipos se debe considerar todas las alternativas posibles tanto positivas como negativas, el pelo puede llegar a ser un elemento perjudicial para el correcto cierre de los elementos de protección en especial la barba para lo cual se sugiere ver la posibilidad que todo usuario de los equipos este afeitado si la barba impide la hermeticidad del sistema.

Otro problema lo genera el uso de gafas, para lo cual debe prever que se utilicen solo cuando sean recetados y además que posean un armazón que no provoque interferencias que afecten el cierre del protector contra la cara, otro elemento de protección personal que puede afectar son los protectores auditivos para lo cual se debe actuar suministrando protectores compatibles entre si.

Para la elección del equipo de protección respiratorias según el, tipo de riesgo la American Industrial Hygiene Association efectúa las recomendaciones de la *figura 303*.

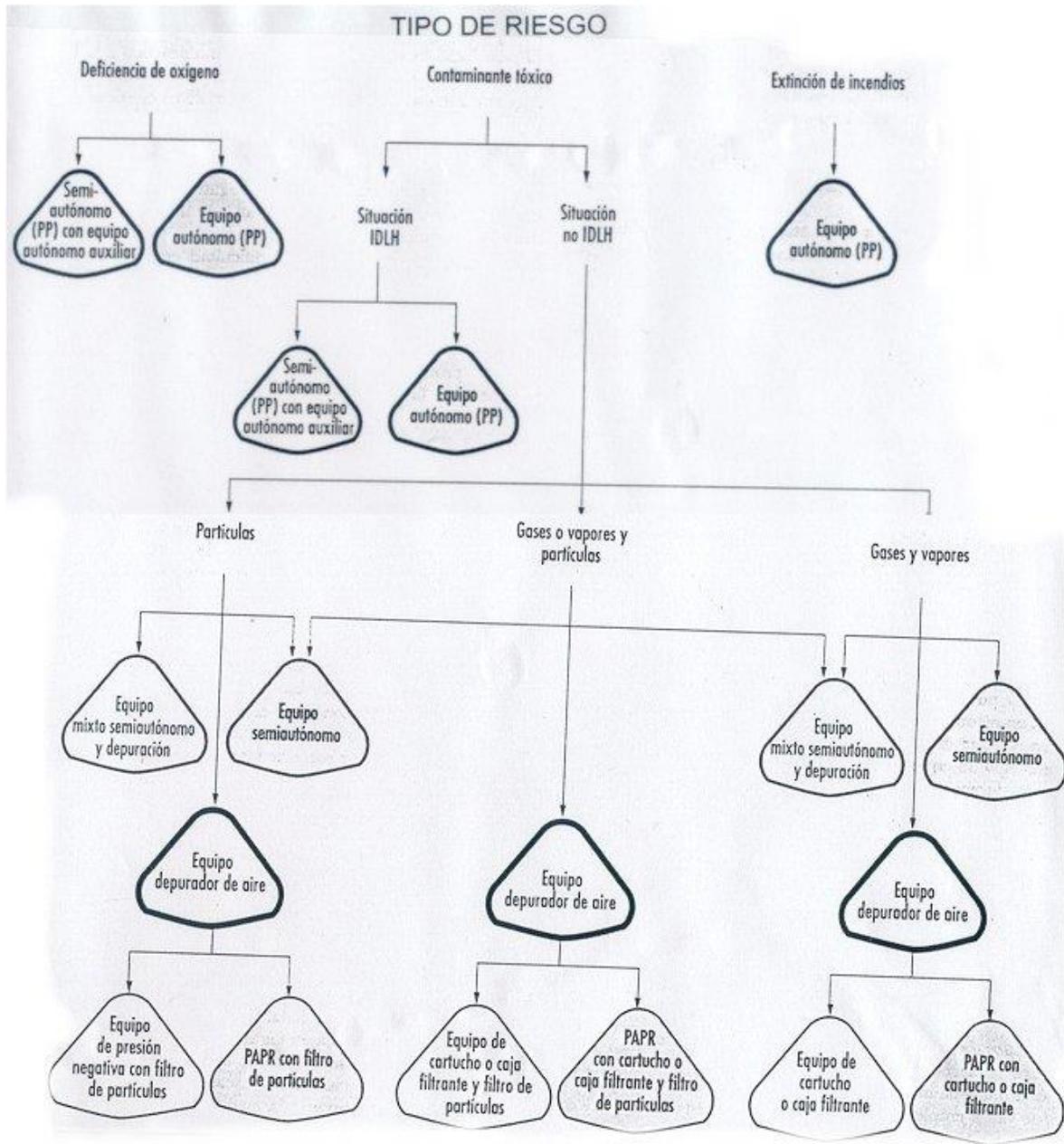


Figura 303. Guía de elección de los equipos de protección respiratoria de la American Industrial Hygiene Association

Además, ANSI asigna factores de protección según su norma ANSI Z88.2 de 1992, la cual se aprecia en la **figura 304**.

Tipo de equipo	Cobertura de la entrada a las vías respiratorias			
	Semimáscara ¹	Máscara completa	Casco/capuz	Careta suelta
Purificador del aire	10	100		
Suministro de aire				
ARA (demanda) ²	10	100		
Semiautónomo (demanda)	10	100		
Purificación asistida	50	1.000 ³	1.000 ³	25
Respiradores de línea de aire (semiautónomo)				
Semiautónomo con aire comprimido				
Demanda de presión	50	1.000	—	—
Caudal continuo	50	1.000	1.000	25
Aparato respirador autónomo (ARA)				
Presión positiva (demanda circuito abierto/cerrado)	—	4	—	—

¹ Incluye la mascarilla, la semimáscara de usar y tirar y la semimáscara con careta de elastómero.
² Los equipos autónomos de demanda no deben utilizarse en situaciones de emergencia, como la extinción de incendios. ³ Los factores de protección indicados corresponden a filtros y absorbentes de eficacia elevada (cartuchos y cajas). En el caso de filtros de polvo debe utilizarse un factor de protección asignado de 100 debido a sus limitaciones. ⁴ Aunque actualmente se considera que los de presión positiva proporcionan el máximo grado de protección de las vías respiratorias, de un número limitado de estudios recientes de simulación del lugar de trabajo se concluye que no todos los usuarios logran factores de protección de 10.000. Teniendo en cuenta estos datos limitados, no es posible atribuir un factor de protección asignado definitivo para equipos autónomos de presión positiva. A efectos de planificación de emergencias en las que puedan estimarse las concentraciones de sustancias peligrosas, debe utilizarse un factor de protección no superior a 10.000.
 Nota: Los factores de protección asignados no son aplicables a los respiradores de huida. En el caso de los equipos de protección respiratoria combinados (equipos semiautónomos con filtro depurador del aire), el factor de protección depende del modo de funcionamiento.

Figura 304. Factores de protección según ANSIZ 88.2

A continuación, en las **figuras 305. a 307.** se presentan listados de los riesgos que deben afrontarse como consecuencia de la presencia de un tóxico, en el uso de un equipo y por el mismo equipo.

Riesgos	Origen y forma de los riesgos	Factores que se deben tener en cuenta desde el punto de vista de la seguridad para la elección y utilización del equipo
RIESGOS QUE DEBEN CUBRIRSE		
Acciones de sustancias peligrosas en el aire respirable	- Contaminantes atmosféricos en forma de partículas (polvos, humos, aerosoles)	- Filtros de partículas de eficacia apropiada (clase de filtración) a la concentración, a la toxicidad/nocividad para la salud y al espectro granulométrico de las partículas - Merecen especial atención las partículas líquidas (gotitas)
	- Contaminantes en forma de gases y vapores	- Elección de los tipos de filtro antigás apropiados y de las clases en función de las concentraciones, la toxicidad/nocividad para la salud, la duración de utilización prevista y las dificultades del trabajo.
	- Contaminantes en forma de aerosoles de partículas y de gases	- Elección de las combinaciones apropiadas de filtros análoga a la de los filtros particulares y los filtros antigás
Falta de oxígeno en el aire respirable	- Retención de oxígeno - Descenso del oxígeno	- Garantía de alimentación de oxígeno del equipo - Respeto de la capacidad de oxígeno del equipo en relación con el tiempo de intervención

Figura 305. Riesgos que deben cubrirse

Riesgos	Origen y forma de los riesgos	Factores que se deben tener en cuenta desde el punto de vista de la seguridad para la elección y utilización del equipo
RIESGOS DEBIDOS AL EQUIPO		
Incomodidad y molestia al trabajar	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente confort de uso: <ul style="list-style-type: none"> • tamaño • volumen • alimentaciones • resistencia respiratoria • microclima bajo la máscara • utilización 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño ergonómico: <ul style="list-style-type: none"> • adaptabilidad • volumen escaso, buen reparto de los volúmenes • libertad de movimiento para la cabeza • resistencia respiratoria y sobrepresión en la zona respiratoria • aparato con válvulas, ventilación asistida • manipulación/utilización sencillas
Accidentes y peligros para la salud	<ul style="list-style-type: none"> - Mala compatibilidad - Falta de higiene - No estanquidad (fuga) - Enriquecimiento en CO₂ del aire inspirado - Contacto con las llamas, chispas o proyecciones de metales en fusión - Reducción del campo visual - Contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> - Calidades de los materiales - Facilidad de mantenimiento y desinfección - Apoyo estanco de la pieza facial sobre la cara del portador, estanquidad del equipo - Equipo provisto de válvulas respiratorias, según el caso, con ventilación asistida o absorbedores de CO₂ - Utilización de materiales ininflamables - Amplitud suficiente del campo visual - Resistencia, aptitud para la descontaminación
Alteración de la función protectora debido al envejecimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Intemperie, condiciones ambientales, limpieza, utilización 	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia del equipo a las agresiones industriales - Mantenimiento de la función protectora durante toda la duración de vida del equipo

Figura 306. Riesgos debidos al equipo

Riesgos	Origen y forma de los riesgos	Factores que se deben tener en cuenta desde el punto de vista de la seguridad para la elección y utilización del equipo
RIESGOS DEBIDOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO		
Eficacia protectora insuficiente	- Mala elección del equipo <i>(función, tamaño, ajuste, etc.)</i> <i>Contaminación en forma de gases y vapores</i>	- Elección del equipo en función de la naturaleza y la importancia de los riesgos e imposiciones industriales <ul style="list-style-type: none"> • respeto de las indicaciones del fabricante (instrucciones de uso) • respeto del marcado del equipo (ej.: clases de protección, marca correspondiente a una utilización específica) • respeto de los límites de uso y de los plazos de utilización; en caso de concentraciones demasiado fuertes o falta de oxígeno se utilizarán aparatos aislantes en vez de aparatos filtrantes.
	- Mala utilización del equipo	- Elección del equipo en función de los factores individuales del usuario y de la posibilidad de adaptación - Utilización apropiada del equipo y con conocimiento del riesgo - Respeto de las normas de uso, de las informaciones y de las instrucciones del fabricante, de los organismos de seguridad y de los laboratorios de ensayo

Figura_307. Riesgos debidos a la utilización del equipo

24. 7. CONTROL Y PREVENCIÓN DE CONTAMINANTES EN LAS HERRAMIENTAS

El polvo como muchos otros materiales son despedidos en el uso de las herramientas y en el caso de las herramientas manuales se torna muy serio ya que el hombre está a centímetros de la fuente emisora

24. 7.1. CONTROL DE POLVO

Existen una gran cantidad de métodos para establecer que el operario no esta expuesto al polvo producido cuando se utiliza herramientas manuales.

Como por ejemplo en el banco de trabajo puede tener bocas de extracción conectadas a un equipo de aspiración; se puede usar una caperuza de extracción móvil, y la herramienta misma puede equiparse con un sistema de extracción.

LO último a hacer y como caso final (extremo), hacer que el operario lleve una mascarilla de respiración como protección adicional. De todas formas, los métodos de captación de polvo, la extracción de polvo en la herramienta es el más eficaz ya que la captación se hace en el punto donde el polvo se origina. Esto asegura una extracción muy eficaz y permite usar una fuente de aspiración de una potencia relativamente baja.

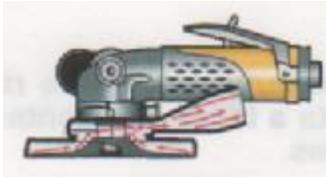


Figura 308. Lijadora angular con extracción de polvo.

24. 7.2. SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE POLVO EN HERRAMIENTAS

Cada tipo de herramienta tiene soluciones distintas por ello presentaremos algunas alternativas

24. 7.2. 1. LIJADORAS DE DISCO

Se tiene que, en todas herramientas rotativas de corte, las partículas más pesadas se expulsan a una tangente del disco por energía cinética; a medida que es menor el tamaño de las partículas, el polvo tiende a seguir la rotación del disco. Se sabe por lo expuesto anteriormente que las más pequeñas son las más nocivas, para eliminar estas partículas, la extracción tiene que efectuarse lo más próximo de la periferia del disco.

Por lo general las caperuzas tiene un filo de plástico o de cepillo para atrapar las partículas pesadas, en la parte frontal la caperuza tiene un recorte que permite lijar en rincones y proporciona también buena visibilidad, por lo que este diseño tiene una succión mejorada en el área donde se forma el polvo.

24. 7.2. 2. LIJADORAS ORBITALES Y ROTO ORBITALES

En lijadoras orbitales y roto-orbitales la extracción de polvo se hace a través de orificios en la placa de lijado. Como estas herramientas se suelen usar en superficies planas, el polvo se queda bajo la placa de lijado.

24. 7.2. 3. AMOLADORA DE CENTRO HUIDIDO

En amolado se usa el mismo principio de caperuza fija que en las lijadoras.

24. 7.2. 4. AMOLADORA RECTAS

Las amoladoras rectas están equipadas con un protector colocado delante de la muela que atrapa el polvo y después se aspira.

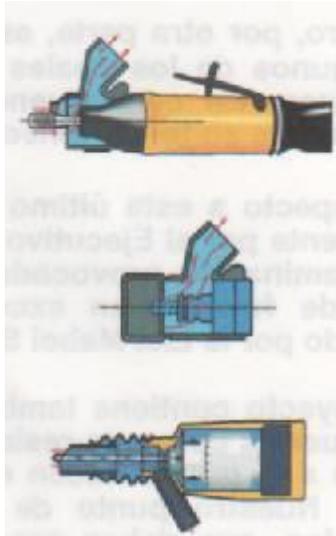


Figura 309. Las caperuzas son diseñadas especialmente para la extracción de polvo en los diferentes tipos de herramientas

24. 7.2. 5. AMOLADORA DE TROQUEL

En estos equipos la fresa está incorporada dentro de la caperuza, excepto un corte para dar acceso a la pieza de trabajo. Esto permite una extracción de polvo en la mayor superficie posible.

24. 7.2. 6. AMOLADORA TON TAMBOR RECUBIERTO DE DIAMANTE

En este caso, el polvo se extrae a través del centro del tambor.

24. 7.2. 7. TALADRADORAS

En ellas se utiliza una caperuza flexible que envuelve totalmente la broca durante el proceso de taladrado. El diseño permite retirar la caperuza hacia atrás para colocar la broca.

24. 7.2. 8. MARTILLOS CINCELADORES

En cinceladores, es prácticamente imposible colocar un sistema de extracción realmente eficaz, esto se debe a la dificultad de tener una caperuza de extracción cerca del punto donde se genera el polvo. También porque los diferentes tamaños de los trozos de material pueden fácilmente bloquear la caperuza.

La alternativa más aceptable es utilizar una manguera flexible que sobresalga el cincel. Esto proporciona flexibilidad para colocar la caperuza en la mejor posición. Además, es preciso diseñar caperuzas especiales de extracción de polvo para los diferentes tipos de herramientas.



Figura 310. Martillo cincel con extracción de polvos

25. FUENTES DE ASPIRACIÓN

Existen básicamente tres clases de fuentes de aspiración:

- Autoaspiración
- Aspirador portátil
- Aspiración centralizada

Las herramientas con autoaspiración poseen un costo inicial de instalación más bajo y además tienen flexibilidad muy grande, pero, la capacidad de extracción es baja comparándola con otros métodos, con la característica que cuando se corta el suministro de aire al motor se pierde el vacío en la caperuza de succión y en la bolsa colectora.

Los aspiradores portátiles proporcionan una fuerte aspiración para 1 ó 2 herramientas, por otra parte son ideales para pequeños sectores o talleres y para condiciones de trabajo flexibles; en estos el costo inicial es bajo, pero tienen el inconveniente de ocupar espacio en el lugar de trabajo, teniendo además que estar cerca de la herramienta.

La aspiración centralizada se usa cuando los puestos de trabajo son fijos esta tiene una aspiración muy fuerte y el polvo se recoge fácilmente, mantiene la zona de trabajo limpia, pero posee el inconveniente de tener un costo inicial de instalación alto.

En un sistema de aspiración para que una extracción de polvo sea eficaz debe mantenerse el caudal diseñado a través de la caperuza de succión., para herramientas manuales es normalmente entre 150 y 250 m³/h.

Cuando se selecciona un sistema de aspiración se debe tenerse en cuenta el número de herramientas a utilizar, y el grado de aspiración necesario, se debe calcular también las pérdidas en tuberías y mangueras.

En la **figura 311**, se presenta el diagrama de pérdida de presión en función de la longitud y diámetros de las cañerías.

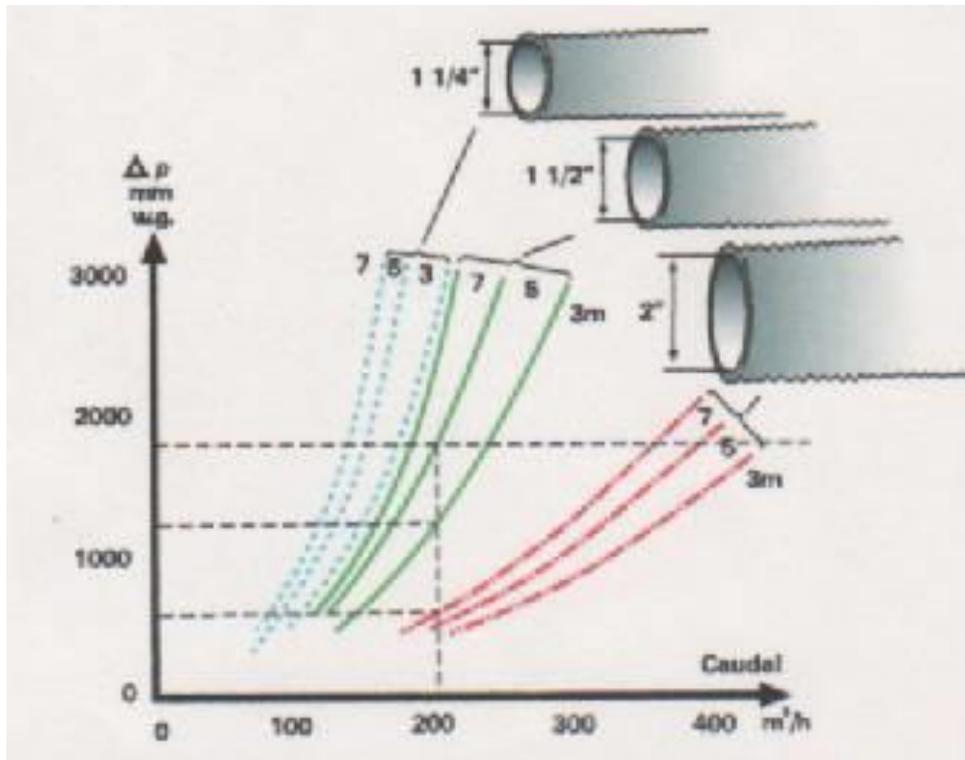


Figura 311. Gráfico de la relación entre caída de presión (Δp) y caudal para varios diámetros y longitudes de manguera espiral reforzada de succión.

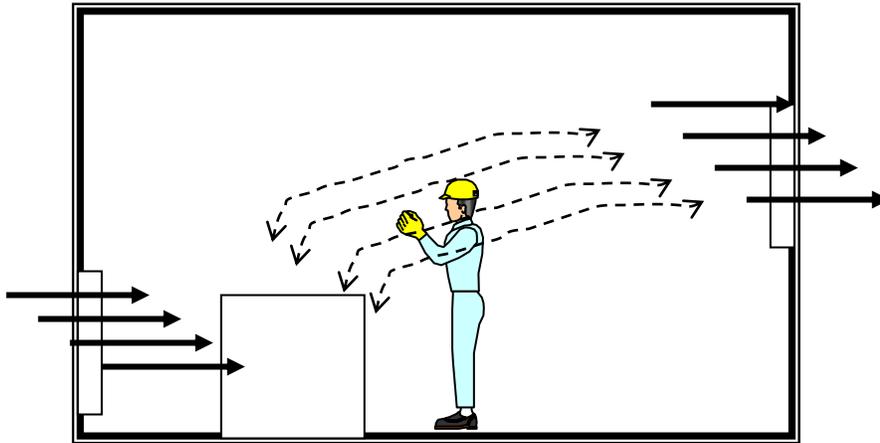
Se debe tener en cuenta para que una herramienta sea fácil de manejar, esta debe ser pequeña y ligera, pero teniendo en cuenta que una manguera de poco diámetro causará una pérdida de presión grande, por lo tanto, la mejor solución es mantener la distancia entre la herramienta y la red de tuberías, o aspirador portátil lo más corta posible y que la manguera próxima a la herramienta sea más estrecha. (Este es el motivo de calcular la caída de presión sobre dos longitudes de tubería según el gráfico anterior). Es también importante que las mangueras de succión y de suministro de aire estén juntas. Si no es así, el manejo de la herramienta se hace muy difícil.

26. PROBLEMÁTICA EN EQUIPOS DE SOLDAR. FUENTES DE ASPIRACIÓN Y CIRCULACIÓN

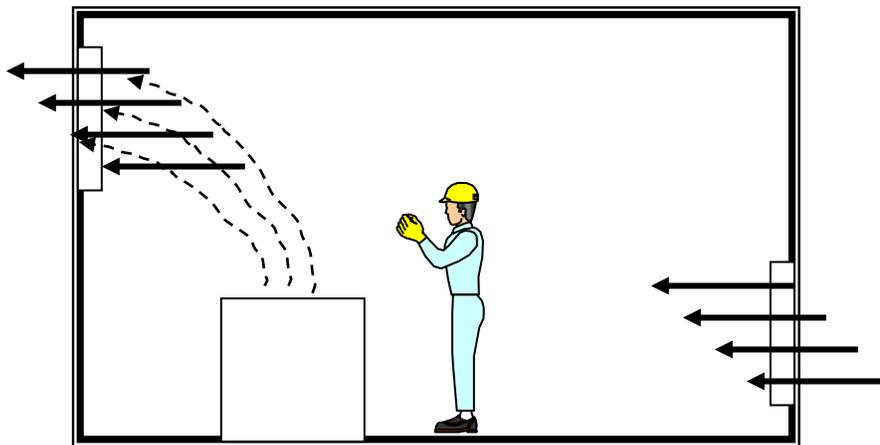
El soldar no está exento de riesgos y problemas independiente del sistema de soldadora que se trate, en el deberá considerarse según el caso la emisión de gases, partículas incandescentes, destellos de luz, radiación infrarroja y ultravioleta, etc.

Por lo que es necesario establecer una forma adecuada de circulación del aire como de los gases emitidos, lo que debe buscar que dichos gases no lleguen a ser respirados por el hombre.

Daremos en forma esquemática las formas adecuadas de manejo de la corriente de aires, este principio es válido en todos los casos en que los procesos emitan contaminantes dañinos a la salud



Circulación incorrecta

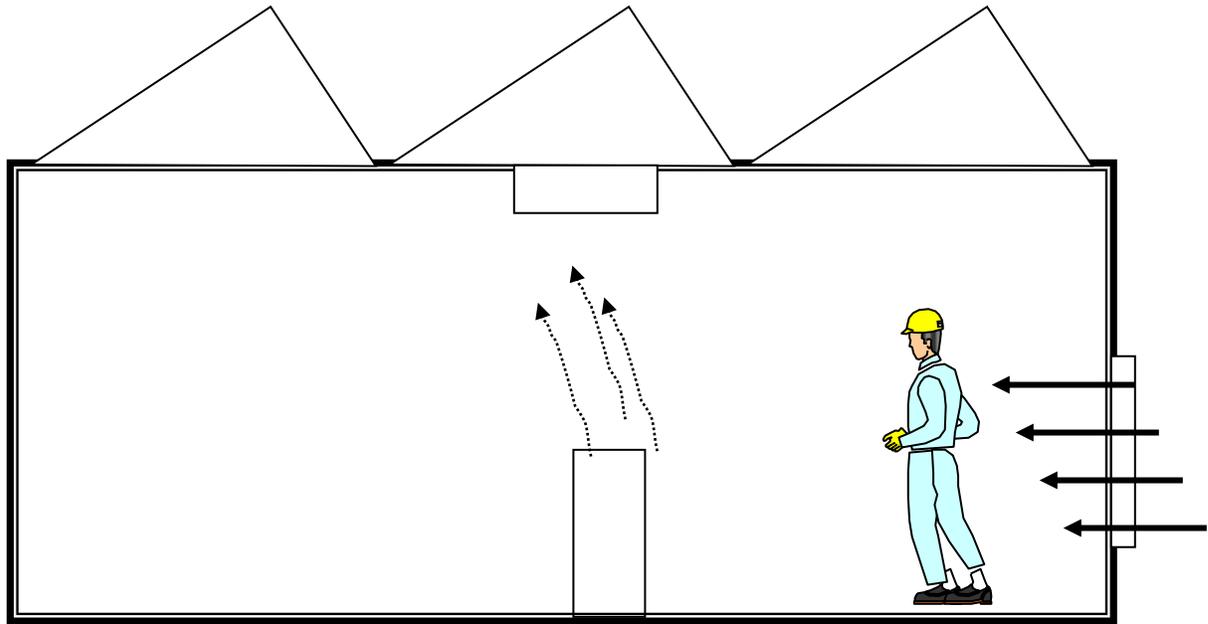


Circulación correcta

Figura 312. Circulación del aire en un puesto de trabajo

En este primer esquema se trata de visualizar el sentido de circulación del aire en un puesto de trabajo, de forma tal que los gases y partículas fluyan de la fuente hacia el exterior sin ser respiradas por el hombre

El el segundo esquema se hace lo mismo, pero contemplando el problema en la planta (estructura fabril)



Adecuado

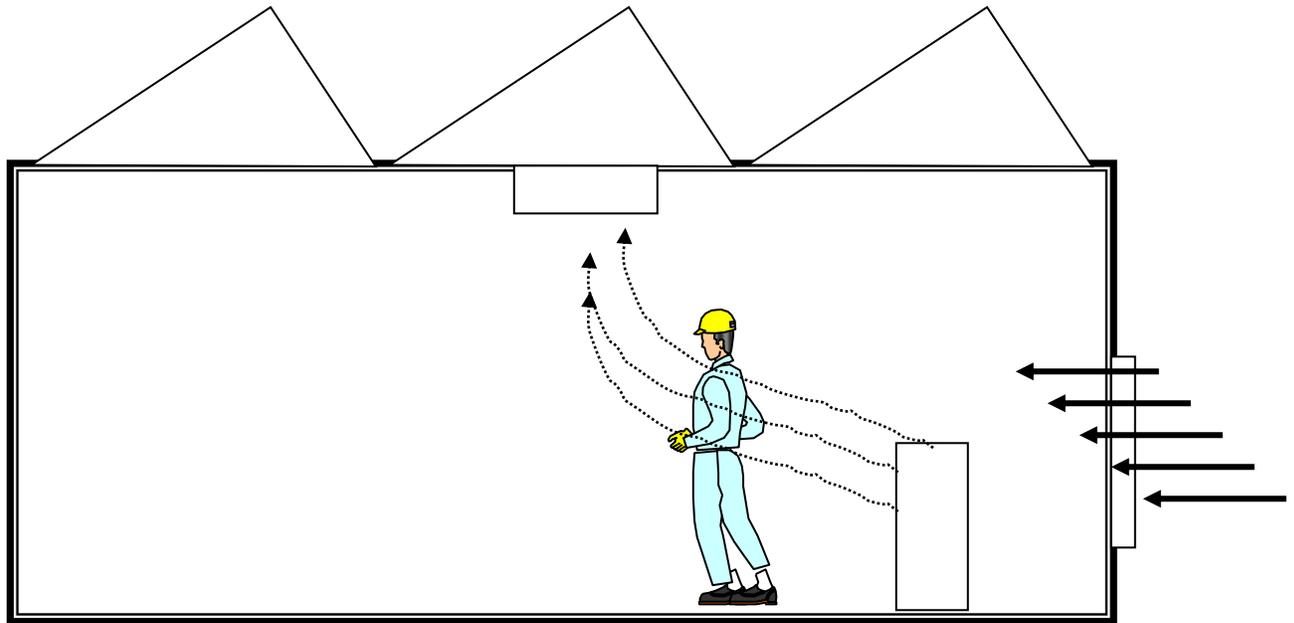
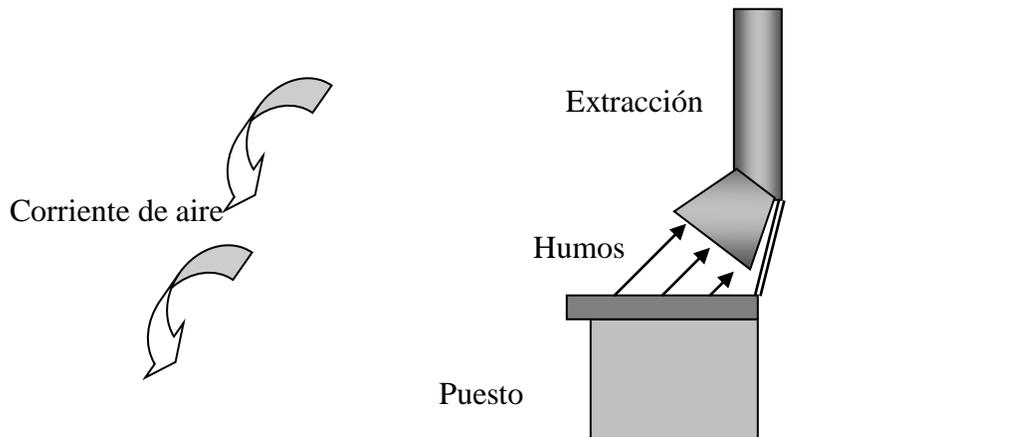
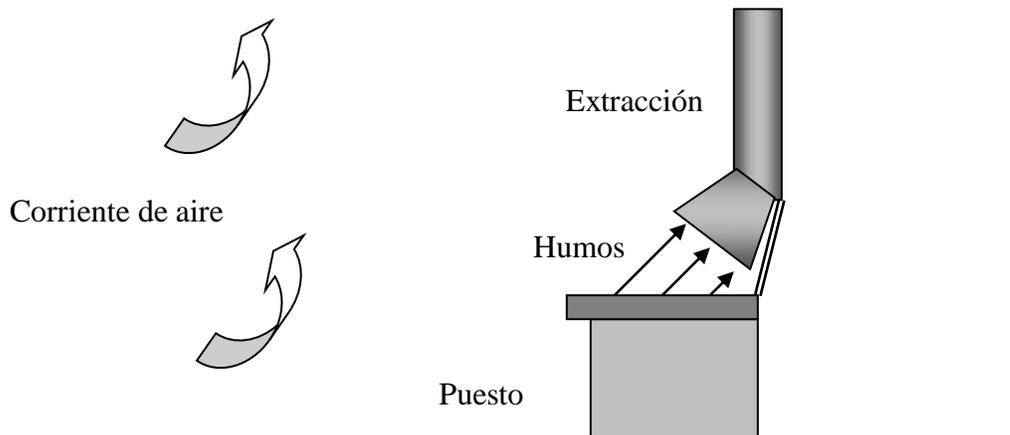


Figura 313. Circulación del aire en una planta industrial inadecuado

En un tercer esquema se indica la adecuación de los flujos dentro de los puestos de trabajo



Incorrecto



Correcto

Figura 314. Circulación del aire

Si se trabaja con equipos como los representados en la **figura 314** existen dos posibilidades de diseño con una pantalla posterior o sin ella la alternativa elegida va a hacer que el flujo de aire se desplace en forma distinta la s que se representan en las **figuras 315 y 316** para que se puede comparar

En la **Figura 317** se presenta la alternativa de pantalla lateral

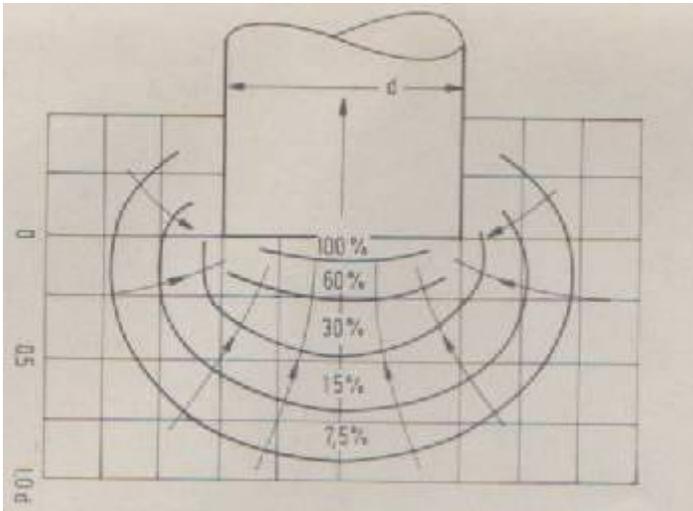


Figura 315 Extracción sin pantalla

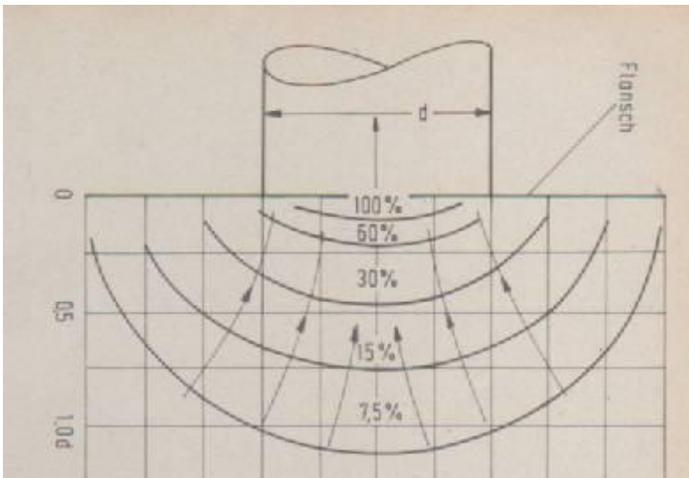


Figura 316 Extracción con pantalla posterior

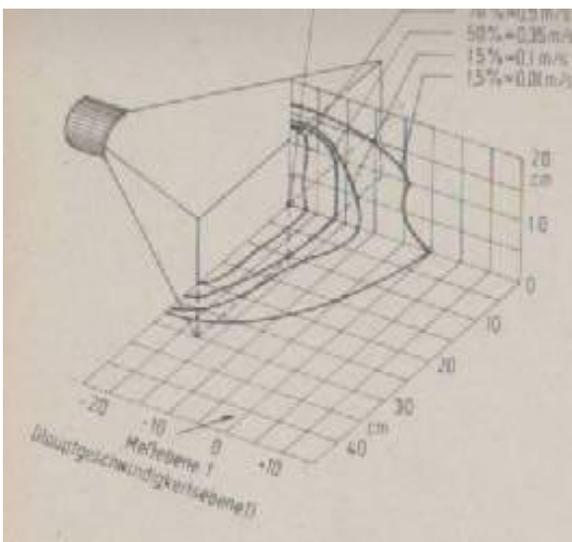


Figura 317 Extracción con pantalla lateral

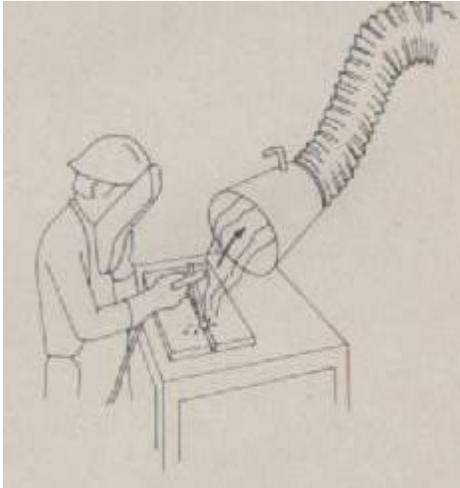


Figura 318 Extracción Flexible

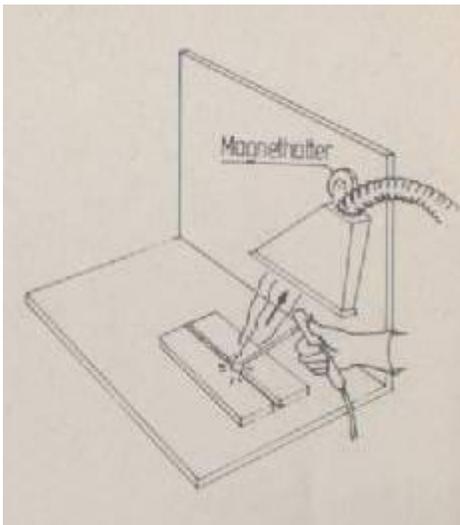


Figura 319 Extracción Con imán para extracción de partículas de hierro

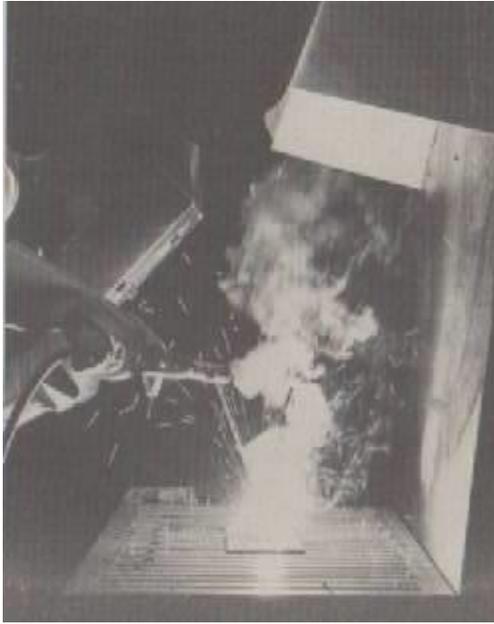


Figura 320 Ejemplo

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre Martínez, Eduardo. Seguridad e Higiene en la industria y el comercio. Editorial Trillas México (1996)*
- Dr. Alcobe, Santiago, Biología Humana Barcelona 1957.*
- ATLAS COOPCO El arte de la ergonomía Suecia 2007*
- ATLAS COOPCO Tools and Assembly systems Suecia 2007*
- ATLAS COOPCO Pocket guide on drilling with hand-held machines Suecia 2003*
- ATLAS COOPCO Pocket guide to percussive tools Suecia 2003*
- ATLAS COOPCO Ergonomics evaluation of power tools Suecia 2007*
- ATLAS COOPCO Pocket guide to vibrations grinders Suecia 2001*
- APA Manuales varios y afiches*
- Armstrong Tools Catalog 880F*
- Bayerisches Staatsministeriun För Arbeit und Sozialordnug
Lärmschutz im Betrieb Studie von, Prof Dr. Heinz Schimidtke, Prof.
Dr. Heiner Bubb, Dr. Heinzpeter Rühmann, Dr. Peter Schaefer .
Institut für Ergonomie der Technischen Universität München.*
- Bayerisches Staatsministeriun För Arbeit und Sozialordnug
Arbeiten mit den Bildschirmaber richtig.
Studic von Prof. Dr. rer. nat. Dr. med. Helmunt
Krueger, Prof. Dr. med. Wolf Müller Limmroth. (1989)*
- Bayerisches Staatsministeriun För Arbeit und Sozialordnug
Beleuchtung am Arbeitsplatz
Studic von Prof. Dr. rer. nat. Dr. med. Helmunt
Krueger, Prof. Dr. med. Wolf Müller Limmroth. (1989)*

***-Bayerisches Staatsministerium Für Arbeit und Sozialordnung
Schichtarbeit und Nachaharbeit
Studie von Prof. Dr. Med. Dr. Phil. Joseph Rutenfranz, Dr.- Ing. Peter
Knarh (1982)***

***-Bayerisches Staatsministerium Für Arbeit und Sozialordnung
Arbeit und Stress
Studie von Prof. Dr. Med. Wolf Müller- Limmroth
Bearbeitet von Dr. Reinhard Schug. (1990)***

***-Bayerisches Staatsministerium Für Arbeit und Sozialordnung
Lüftung am Arbeitsplatz
Studie von Prof. Dr. Heinz Schmidtke, Prof. Dr. Heinz Peter
Rühmann, Prof. Dr. Dieter Ostertag. (1991)***

BAHCO, Herramientas (triptico)

BAHCO, Catálogo 20000 (Herramientas)

***Benz, Leibig Roll, Gestalten der Sehbedingungen am Arbeitsplatz, Verlag
TÜV Rheinland (1981)***

***Benz, Gross, Haubner. Gestaltung von Bildschirm-Arbeitsplätzen, Verlag
TÜV Rheinland (1981)***

Behar, Alberto, El ruido y su control. Editorial Trillas México (1994)

***Berger, Jenner. Arbeitsplatz-gestaltung und Körpermasse. Verlag TÜV
Rheinland (1986)***

***Braganza, Barry J. La ergonomía en la oficina. Publicado en el ejemplar de
“Noticias de Seguridad” de marzo de 1997***

Castrogiovanni – Melo LOMAX – Boston ART. Manual de seguridad

CELESTAL, Catálogo

Clarín, Diario Buenos Aires.

Cortez, José Maria. Técnicas de Prevención de riesgos laborales

Editorial Tebar Flores (1996)

DICCIONARIO ENCICLOPEDICO UNIVERSAL "OCEANO" Edición 1994

Dupuis, H. Ergonomische Gestaltung von Scheppern und Landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen. Verlag TÜV Rheinland (1981)

FERROSUR ROCA S.A. Seguridad en tareas de Mecánica

Fundación REFA de Argentina: REFA, "Modulo 1", Tema 4 (Ergonomía), 1988.

Frueger, Helmut, Arbeiten mit dem Bildschirmaber richtig! Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung. München 1989

Garay, Carlos Juan, Ruido y Vibraciones, control y efectos. Editorial Carpetas de Derecho Buenos Aires (1998)

Garcia Rodriguez, Armando y Garcia Garcia Ana M.- Ruido y Vibraciones (1990)

Gaynés, E.; Luna, P. Lesión auditiva por exposición a ruido (1990)

Glen, Ron Cunningham, PROA Hacia una Pesca Segura y Responsable. Fundación MAPFRE Buenos Aires 2007.

González Mestre, Diego. Ergonomía y Psicosociología 4ª edición Editorial FCMadrid 2008

Grandjean E.: Physiologische Arbeitsgestaltung . ecomed (1991)

Prof. Dr. Hettinger, Theodor. Handhabung von Lasten. (REFA) Carl Hanser Verlag. München 1991

Prof. Dr. Hettinger, Theodor, Dipl. Ing. Hahn Bernd. Schwere Lasten - leicht gehoben. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit, Familie und Sozialordnug. München 1991

Husqvarna Teoría de la motosierra (Motorsaglára) Buenos Aires 1999

***Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (España)
Protectores Auditivos (1996)***

***Kellerman F., Van Wely P., Willems P. Manual de Ergonomia Buenos Aires
1967***

***Kirchner J., Baum, E. Ergonomie für Konstrukteure und Arbeitsgestlter.
(1990)***

***Knaut, Peter – Ruteneranz. Traschenbuch der Arbeitgestaltung. Verlag J P
Bachem Köln
1977.***

***Dr. Ing. Kroemer, K. H. E. Was man von Schaltern, Kurbeln und Pedalen
wissen muss REFA Berlin - Köln - Frankfurt 1967***

Laboratorio Montpellier. Separata del año 1993

***Prof. Dr. Ing. Laurig, Wolfgang. Grundzüge der Ergonomie. Beuth Verlag
GmbH . Berlin. Köln 1992***

***Landan, K.: A. Unswirkunger der Mikroelectronik aus
Arbeitswissenschaftlicher Sicht. In REFA Naachrichten, (1980)***

***Lange, W. Kleine Ergonomische Datensammlung. Verlag TÜV Rheinland
(1993)***

***Laurig, Wolfgang. Grundzüge der Ergonomie. REFA. Beuth Verlag GmbH.
Berlin-Köln (1992)***

***Kirchner, J. H., Baum E. Ergonomie für Konstrukteure und arbeitsgestalten
Carl Hanser Verlag, München (1990)***

MAPFRE Manual de Ergonomía Madrid 1995

MARFRE Manual de Higiene Industrial Madrid 1996

***Mc Kornick, Ernest J.: "Elementos de Ergonomía". , Editorial Gustavo Gil
S.A. Barcelona (1980).***

Mc Kormich. Human Factors in Engineering and Design. Editorial Gustavo Gill, S.A., Barcelona 1980

Lic. Melo, J. L. Apuntes de Estadísticas y Costos Industriales. ASIMRA (1988)

Lic. Melo, J. L. Ergonomía Editorial Journal Buenos Aires 2005

Lic. Melo, J. L. Boston ART – Ferrosur Roca SA Seguridad en tareas de Vías y Obras Olavarría 1999

Lic. Melo, J. L. Boston ART – Ferrosur Roca SA Seguridad en tareas de Mecánicas Olavarría 1999

Lic. Melo, J. L. Prevención de Riesgo ergonómico La Caja ART 2005

Mondelo, Pedro R.; Gregori, Enrique; Blasco, Joan; Barrau, Pedro: Ergonomía 3 “Diseño de puestos de trabajo”. Editorial Alfaomega 2001

Munker, H. Umgebungseinflüsse am Büroarbeitsplatz. Verlag TÜV Rheinland (1979)

Nogueira, Roberto El arte de la ergonomía. Atlas Copco Brasil 2007

Page, Alvaro, Lesiones musculoesqueléticas, publicación de Produseg SRL Artículo Obtenido de la Revista Empresarial, Ilustraciones: Chamartín

Poza, Ma de la. Seguridad e Higiene Profesional. Editorial Paraninfo S.A. Madrid 1990

Proderg “Ergonomía Avanzado Especial” Brasil 2000

Proderg “Herramientas y Ejercicios” Brasil 2000

Proto Catálogo de Herramientas Industriales

Publicación Brasileña de autor desconocido (Lumbalgias)

REED Catálogo F

REFA: "Módulo 1" Tema 4, (Ergonomía)
Fundación REFA de Argentina, Buenos Aires 1985-90

**REFA: "Laboratorio de ergonomía". Fundación REFA de Argentina, Ing
Golmann - Buenos Aires 1985-90**
Laboratorio (Vibraciones) (1987)

**RESOLUCIÓN MTESS N° 295/2003. Boletín Oficial, Buenos Aires 21-11-
2003**

RIDGID Catálogo N° RT - 191

**Rodríguez Ron, Manuel, La biomecánica en el transporte de cargas Revista
de la Fundación MAPFRE N° 83 tercer trimestre de 2001**

Rohmert, W. Grunlagen der technischen Arbeitsgestaltung. (1981)
**Poza, José Ma. De la, Seguridad e higiene Profesional. Editorial Paraninfo
Madrid. (1990)**

Sandvik. Programa Sandvik de 11 puntos

**Schmidke, H. "Lehrbuch der Ergonomie 3, Carl Hanser Verlag",
München-Vien, (1993)**

**Schmidke, H.: "Ergonomische Prüfung von Technischen Komponenten,
Umweltfaktoren
und Arbeitsaufgaben Daten und Methoden. Carl Hanser
Verlag", München-Vien,
(1989).**

Stanley Heramientas, Ferramentas, Tools, N° LA-1/96

**Priv. Doz. Dr. Ing. Habil. Helmut Strasser, Prof. Dr. Med. Wolf Müller-
Limmroth. Ergonomie an der Kasse- aber wie? Bayerisches
Staatsministerium für Arbeit, Familie und Sozialordnung. München 1983**

Ergonomía aplicada
Por Lic. José Luis Melo

Dr. Szalkowjcz, Jorge. Lumbalgia, publicado en Medicina y Salud. (1 parte y 2 parte)

UGT de España

USAG. Catálogo General ed. 92

Prof. Dr. Villee

Biología

EUDEBA

Buenos Aires (1961)