

**AGENTES QUIMICOS CONTAMINANTES EN LA
EXPOSICION LABORAL**

**LUIS CARLOS CORONEL MENDOZA
JAIR CESAR MACHADO BERNAL
OSCAR LUIS CONSUEGRA DIAZ
YURANIS ISABEL MUÑOZ MARIN
DUBYS MERCEDES CASTILLO ATENCIA**

**UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR.
ESPECIALIZACION SALUD OCUPACIONAL.
INSTITUTO DE POSGRADO
BARRANQUILLA**

2009

**AGENTES QUIMICOS CONTAMINANTES EN LA
EXPOSICION LABORAL**

**LUIS CARLOS CORONEL MENDOZA
JAIR CESAR MACHADO BERNAL
OSCAR LUIS CONSUEGRA DIAZ
YURANIS ISABEL MUÑOZ MARIN
DUBYS MERCEDES CASTILLO ATENCIA**

**TRABAJO DE INVESTIGACION PRESENTADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR EL TITULO DE ESPECIALISTA EN SALUD OCUPACIONAL**

**UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR.
ESPECIALIZACION SALUD OCUPACIONAL.
INSTITUTO DE POSGRADO
BARRANQUILLA**

2009

TABLA DE CONTENIDO

	Pags
INTRODUCCION	6-8
JUSTIFICACION	9
CAPITULO 1.	
MARCO TEORICO	
1.1. Marco Histórico.	10
1.2. Marco Conceptual.	10-12
1.3. Marco Legal.	12-16
CAPITULO 2	
AGENTES QUIMICOS CONTAMINANTES EN LA EXPOSICION LABORAL	
2.1 Antecedentes históricos	17
2.2. Concepto y tipos de enfermedades profesionales	17-18
2.3. HIGIENE INDUSTRIAL	18-19
2.3.1. Reconocimiento o identificación del contaminante	19
2.3.2. Evaluación: Medición y valoración	19
2.3.3. Control	19-20
2.3.4. Ramas de la Higiene Industrial	20
2.3.4.1. Higiene teórica	20
2.3.4.2. Higiene de campo	20
2.3.4.3. Higiene analítica	20
2.3.4.4. Higiene operativa	20
2.3.5. Objetivos de un programa de Higiene Industrial	20-21
2.4 CONTAMINANTES QUIMICOS	21
2.4.1. Normas generales de identificación y etiquetado	21-22
2.4.2. Vías de entrada de los contaminantes en el organismo	23-24
2.4.3. Clasificación por la forma de presentarse	24
2.4.3.1. Gases y vapores	24
2.4.3.2. Generación	24
2.4.3.3. Propagación	24-25
2.4.3.3.1. Ejemplos de gases y vapores	25-28
2.4.3.4. Polvo	28
2.4.3.4.1. Características	28
2.4.3.4.2. Comportamiento dinámico	28
2.4.3.4.3. Generación y dispersión de partículas	28-29
2.4.3.4.4. Clasificación	29-30
2.4.3.4.5. Tipos de fracciones	30-32
2.4.3.5. Fibras	31-32
2.4.3.6. Humos	32
2.4.3.7. Humos metálicos	32

2.4.3.8. Nieblas	32
2.4.3.9. Brumas	32
2.4.4. Efectos de los contaminantes químicos	32-32
2.4.4.1. Concepto de dosis	33-34
2.4.4.2. Tipos de efecto	34-35
2.5. EVALUACIÓN HIGIENICA	36
2.5.1. Definición	36-37
2.5.2. Criterios de valoración	37
2.5.2.1. Definición	37-38
2.5.2.2. Definiciones	38
2.5.2.3. Criterios de evaluación existente en otros países.	38
2.5.2.4. Situación en España	38-39
2.5.3. Criterios de la ACGIH	39
2.5.3.1. Definiciones	39-40
2.5.3.2. Límites de desviación	40
2.5.3.3. Turnos de trabajo con horario especial	40-41
2.5.3.3.1. Modelo de Brief –scala	41
2.5.3.3.2. Modelo OSHA	41
2.5.3.3.3. Modelo farmacocinético de Hickey y Reist	41-42
2.5.3.4. Asfixiantes simples	42
2.5.3.5. Sustancias cancerígenas	42-43
2.5.3.6. Sustancias de composición variable	43
2.5.3.7. Mezclas de contaminantes	43
2.5.3.8. Limitaciones de uso de los TLV;S	43-44
2.5.3.9. Valores límite ambientales –exposición diaria (VLA_ED)	44
2.5.4 Valores Límites ambientales –exposición corta duración	45
2.5.4.1. Límites de desviación	45
2.5.5. Criterios de valoración de sustancias sin valores límite	45-46
2.5.5.1. Calculo límite a través de información toxicológica	46
2.5.5.2. Calculo de límite a partir de analogía química	46
2.6. EVALUACION DE LA EXPOSICION LABORAL	46
2.6.1. Directrices generales para la realización de la evaluación de la exposición laboral a agentes químicos.	46-47
2.6.1.1. Centrado previo del problema	47-48
2.6.1.2 Estrategia previa de la medición	48
2.6.1.2.1. Selección de los trabajadores	49
2.6.1.2.2.- Selección de las condiciones de medida	49-52
2.6.1.2.3. Modelo para la medición	52
2.6.1.2.4 Procedimiento de medida	52-53
2.6.3. Método estadístico	53-54
2.6.3.1. Parámetros utilizados	54
2.6.3.1.1. Límites de confianza	54
2.6.3.1.2.- Calculo de los límites de confianza	55
2.6.3.1.3.- Probabilidad de sobre exposición	56
2.6.4. Norma UNE en 689	56
2.6.4.1. Estimación inicial de la exposición	56
2.6.4.2. Estudio Básico	56
2.6.4.3. Estudio detallado	56-57

2.6.4.3.1. Comparación de la CEL con el VL.	57
2.6.4.3.2. Criterios Estadísticos	57-58
2.6.4.4. Mediciones periódicas	58-59
2.6.5. Determinación de la dosis	59-60
2.7. METODOS Y APARATOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS	60
2.7.1 Toma de muestras	60
2.7.2. Sistemas de lectura directa	60
2.7.3. Sistemas de captación de contaminantes	60
2.7.3.1 Tubos adsorbentes	60-61
2.7.3.2. Sistemas de filtración	61-62
2.7.3.3. Otros sistemas de captación	62
2.7.3.4. Bombas	62
2.7.3.5. Muestreadores pasivos	62-63
2.7.4. Análisis	63
2.7.4.1. Características	63
2.7.4.2 Técnicas analíticas más utilizadas	63
2.8.-CONTROL DE CONTAMINANTES QUÍMICOS	63-64
2.8.1. Actuaciones sobre el foco de contaminante	64
2.8.2. Actuaciones sobre el medio de difusión del contaminante	64-65
2.8.3. Actuación sobre el receptor del contaminante	65
2.9.-PROGRAMA INTEGRAL DE LA PREVENCIÓN	65
CAPITULO 3	
3. SUGERENCIAS Y CONCLUSIONES	66
BIBLIOGRAFIA.	67

INTRODUCCION.

La salud de la población trabajadora es uno de los componentes fundamentales del desarrollo de un país y a su vez refleja el estado de progreso de una sociedad; visto así, un individuo sano se constituye en el factor más importante de los procesos productivos.

El trabajo tiene una función constructora de la individualidad y se relaciona estrechamente con la salud, dado que las condiciones laborales predominantes en un lugar de trabajo afectarán, modificando el estado de salud del individuo; de tal manera que trabajando se puede perder la salud, circunstancia que conlleva a la pérdida de la capacidad de trabajar y por tanto repercute también en el desarrollo socioeconómico de un país. Evidenciándose en la situación de la persona, ya que la enfermedad, el accidente y las secuelas e incapacidades que generan, inciden en los procesos de producción y sobre el bienestar de la familia, la sociedad y el país.

Las circunstancias mencionadas justifican la existencia de un programa de salud ocupacional al interior de cada empresa, que oriente, ejecute y evalúe las acciones encaminadas a asegurar el bienestar integral de todos sus empleados.

La salud ocupacional constituye una disciplina orientada a lograr las condiciones de trabajo; seguridad; bienestar, productividad, y en general un clima organizacional saludable; en concordancia con las actuales exigencias de competitividad y desarrollo del recurso humano.

Son muchos los trabajadores colombianos en su cotidianidad laboral y tal vez sin saberlo, están expuestos o en contacto con disolventes orgánicos como el benceno, tolueno y xileno (BTX), lo cual puede terminar ocasionando graves daños a la salud del mismo y de su familia.

En Colombia, la exposición a disolventes orgánicos se ha caracterizado como un problema de Salud Pública, por la gran utilización en la industria, por las formas inapropiadas de manipulación y por la disposición de estos productos que son causantes de contaminación ambiental y laboral.

La Dra. Rosa Isabel Patiño, jefe del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud en Colciencias, en diálogo con Universia sustentó "(los disolventes) pueden actuar como reguladores de la expresión de algunos genes aumentando o disminuyendo la síntesis y actividad de algunas proteínas o modificando la velocidad de las actividades metabólicas, produciendo así graves repercusiones clínicas, efectos mutagénicos y carcinogénicos".

En otros términos, el contacto permanente y prolongado con estos agentes químicos, puede provocar diversas e irreversibles mutaciones al ADN de estos individuos, las cuales se verán reflejadas en las alteraciones del metabolismo o funcionamiento de su organismo y que terminará causando enfermedades graves como el cáncer.

Según la resolución 1016 de 1989, por el cual se reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los programas de Salud Ocupacional que deben desarrollar los patronos o empleados en el país, considerando el artículo 20 de la ley prevención de riesgos laborales (ley 31 de 1995) se establece la obligación de adelantar planes de emergencias que garanticen la respuesta integral que involucra a toda la Empresa con el compromiso de directivos y empleados en permanente acción para responder oportuna y eficazmente con las actividades correspondientes a una emergencia ocurrida por elementos químicos contaminantes en la salud de los empleados.

Por esto las empresas deben tener medios para conservar esta idea, con lo cual van a obtener múltiples beneficios como conservar la vida de las personas en casos de accidentes de trabajo en los empleados y las instalaciones de las empresas.

Con este trabajo lo que se busca es concientizar a las empresas de la importancia de tener conocimiento sobre los factores de riesgo ocasionados por productos químicos contaminantes en la salud de sus empleados.

Por tanto, los objetivos del proyecto son:

- **Realizar una revisión de los agentes químicos contaminantes en la exposición laboral.**
- **Identificar los estándares de seguridad y vigilancia que ayuden a evitar accidentes de trabajo y enfermedades profesionales ocasionadas por los contaminantes químicos.**
- **Estudiar los mecanismos de instrucción y capacitación que sirvan de elementos de formación integral en el trabajo y fomenten la participación activa de los trabajadores en general.**
- **Procurar una adecuada y oportuna atención médica en caso de accidente de trabajo o enfermedad profesional con ocasión de factores químicos contaminantes.**

JUSTIFICACION.

En Colombia más del 50% de las empresas no cuentan con un programa de salud ocupacional; las acciones se reducen a unas pocas medidas de seguridad con ausencia casi completa de las actividades de Higiene y Seguridad Industrial y de Medicina Preventiva y del trabajo, como consagra la Constitución Colombiana.

Una gran cantidad de carcinógenos que comprenden agentes químicos, físicos y biológicos rodea la vida diaria. Se estima que dos terceras partes de los cánceres en humanos se relacionan con agentes del medio ambiente, naturales o contaminantes.

La exposición ocupacional a carcinógenos es de considerable magnitud, y es probable que sea todavía mayor de lo estimable, pues aún se desconoce el potencial cancerígeno de muchos compuestos; hay 70.000 sustancias químicas registradas por la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos, de las cuales el 70% no han sido estudiadas para definir su potencialidad de inducir cáncer.

En Colombia, y según datos del Instituto Nacional de Cancerología (INC) en 1994, se muestra que en los últimos 30 años, la mortalidad por cáncer ha presentado tasas ascendentes que pueden estar relacionadas con el mejoramiento de los sistemas de registro y de los sistemas de diagnóstico, y el envejecimiento de la población.

Según el Atlas de Mortalidad por Cáncer, realizado por el Instituto Nacional de Cancerología (INC) en 1990, las tasas estandarizadas de mortalidad por cáncer en orden descendente de frecuencia corresponden a estómago, cuello uterino, próstata, tráquea, pulmón, mama, hígado y leucemia.

Para la elaboración de este trabajo se realizara una investigación de tipo descriptivo, porque se pretende presentar paso a paso las actividades que se tienen previstas en el desarrollo del trabajo, así como identificar los diferentes factores de riesgos causados por elementos químicos contaminantes.

Como fuente de información serán utilizados, Revisión de documentos, leyes, decretos, normas, resoluciones etc., que regulan toda la normatividad con respecto a los agentes químicos contaminantes en la exposición laboral.

El presente trabajo se circunscribe en el territorio de la república de Colombia, en la ciudad de Barranquilla, en el instituto de postgrado de la Universidad Simón Bolívar.

El tema de investigación del presente trabajo forma parte del derecho público.

1.- MARCOS TEORICO.

1.1. Marco Histórico.

Los efectos que ciertos trabajos ejercen sobre la salud de las personas son conocidos desde la antigüedad. Hipócrates y Galeno en el Siglo IV A.C. describen las enfermedades que aquejan a los mineros del Plomo. En la Edad Media, el médico cordobés Avicena, realiza estudios sobre el cólico Saturnino y su relación con pinturas que contienen Plomo.

Es sin embargo en el siglo XVII cuando Bernardino Ramazzinni crea la medicina del trabajo, introduciendo por primera vez el término de "Higiene" en su obra "De Morbis Artificum Diatriba", en la cual describe detalladamente los riesgos de 54 profesiones distintas.

A partir de este momento se suceden numerosos estudios sobre esta materia, mas por curiosidad científica que por un espíritu preventivo debido fundamentalmente a que la sociedad en este tiempo era fundamentalmente agrícola.

La revolución industrial del Siglo XIX trae como consecuencia un incremento en el número de víctimas tanto por accidentes de trabajo como por enfermedades profesionales y las protestas que empezaron a aparecer obligaron a promulgar las primeras disposiciones legales sobre prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

En España es hasta 1873 cuando aparece la primera legislación al respecto, regulando el trabajo de mujeres y niños y en 1900 con la conocida ley Dato.

Con la creación de la OIT. y el desarrollo de la legislación laboral en los diferentes países, han creado las condiciones necesarias para el desarrollo de la medicina del trabajo y consecuentemente de la higiene industrial

1.2. Marco Conceptual.

RIESGOS QUÍMICOS. Son los riesgos que abarcan todos aquellos elementos y sustancias que al entrar en contacto con el organismo por cualquier vía de ingreso pueden provocar intoxicación. Las sustancias de los factores de riesgo químico se clasifican según su estado físico y los efectos que causen en el organismo. Estos son: gases y Vapores, aerosoles, partículas sólidas (polvos, humos, fibras), partículas líquidas (nieblas, rocíos), líquidos y sólidos.

ACCIDENTE DE TRABAJO o AT. Es el suceso repentino que sobreviene por causa o con ocasión del trabajo, y que produce en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte; así como aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, aún fuera del lugar y horas de trabajo, o durante el traslado de los trabajadores desde su residencia a los lugares de trabajo o viceversa, cuando el transporte se suministre por el empleador. (Art. 9, capítulo II, decreto 1295/94

ACTIVIDAD ECONÓMICA – CLASIFICACION. Se entiende por clasificación de empresas el acto por medio del cual el empleador clasifica a la empresa de

acuerdo con la actividad económica principal dentro de la clase de riesgo que corresponda y aceptada por la entidad administradora en el término que determine el reglamento. Cuando una misma empresa tuviere más de un centro de trabajo, podrá tener diferentes clases de riesgo, para cada uno de ellos por separado, bajo una misma identificación que será el número de identificación tributaria, siempre que exista diferenciación clara en la actividad que desarrollan, en las instalaciones locativas y en la exposición a factores de riesgo ocupacional. (Decreto 1295 / 94)(Decreto 1530 / 96)

ACTIVIDAD. Es la acción consciente, básica y exclusiva del ser humano con la cual se transforma la naturaleza, la cultura y/o la sociedad.

ACTIVIDADES DE ALTO RIESGO. Para pensiones especiales: Según el decreto 1281 de 1994, se consideran actividades de alto riesgo para la salud de los trabajadores trabajos de minería subterránea, de exposición a radiaciones ionizantes, trabajos que impliquen exposición a altas temperaturas por encima de los valores permisibles y/o manejo de sustancias comprobadamente cancerígenas.

ACTIVIDADES QUE PROTEGEN SU SALUD. En la implementación de los programas de estilos de vida saludables en el trabajo se debe incluir actividades tales como: capacitación contra el consumo de sustancias adictivas, alcoholismo, prevención contra el estrés, controles médicos, etc.

AMBIENTE. Es el lugar físico y biológico donde viven el hombre y los demás organismos.

AMBIENTE DE TRABAJO. Es el conjunto de condiciones que rodean a la persona que trabaja y que directa o indirectamente influyen en la salud y vida del trabajador.

AUSENTISMO. Según El Instituto Nacional de de seguridad de higiene en el trabajo es la ausencia al trabajo de la persona que lo realiza, ya sea por enfermedad o por causas variadas y diferentes (sociales, familiares, administrativas, etc.). Dicho de otra forma, es la diferencia entre el tiempo contratado y el tiempo trabajado (siempre y cuando este último sea inferior al primero), lo que es igual al tiempo perdido.

CONDICIONES DE TRABAJO. Son el conjunto de variables subjetivas y objetivas que definen la realización de una labor concreta y el entorno en que esta se realiza e incluye el análisis de aspectos relacionados como la organización, el ambiente, la tarea, los instrumentos y materiales que pueden determinar o condicionar la situación de salud de las personas.

ENFERMEDAD PROFESIONAL. EP: Se considera Enfermedad Profesional todo estado patológico permanente o temporal que sobrevenga como consecuencia obligada y directa de la clase de trabajo que desempeña el trabajador, o del medio en que se ha visto obligado a trabajar, y que haya sido determinada como enfermedad profesional por el gobierno nacional. (Art 11, capítulo II, decreto 1295, ley 100).

FACTORES DE RIESGO. Es la existencia de elementos, fenómenos, ambiente y acciones humanas que encierran una capacidad potencial de producir

lesiones o daños materiales y cuya probabilidad de ocurrencia depende de la eliminación o control del elemento agresivo. Se clasifican en: Físicos, químicos, mecánicos, locativos, eléctricos, ergonómicos y biológicos. Su identificación acertada y oportuna, contando con la experiencia del observador, son elementos que influyen sobre la calidad del panorama general de agentes de riesgo. Se deben identificar los factores de riesgo, en los procesos productivos, en la revisión de los datos de accidentalidad y las normas y reglamentos establecidos.

HIGIENE INDUSTRIAL. Es el conjunto de actividades destinadas a la identificación, evaluación y control de los factores de riesgo del ambiente de trabajo que puedan alterar la salud de los trabajadores, generando enfermedades profesionales. Su campo cubre los ambientes laborales mediante el panorama de factores de riesgo tanto cualitativo como cuantitativo, así como el estudio de la toxicología industrial.

1.3. Marco Legal.

Uno de los objetivos del sistema de vigilancia, es que la información generada como producto del mismo, al ser analizada se convierta en insumo para la toma de decisiones y se utilice en la orientación de las políticas sociales, asignación o resignación de recursos, inclusión de nuevos programas, acordes con las necesidades reales de la comunidad a fin de contribuir a mantener o mejorar las condiciones de vida de la población.

Con relación al marco legal, es conveniente mencionar que la reglamentación específica ha existido y que es necesario su conocimiento y aplicación así como la evaluación de la aplicación de la misma. A continuación se hace referencia a algunos de ellos que se considera fundamental su conocimiento como guía y orientación en el desarrollo del sistema de vigilancia.

- **EL CÓDIGO SANITARIO NACIONAL O LEY 9 DE 1979.**

Que considera la salud como un bien de interés público en el título VII reglamenta la vigilancia y el control epidemiológico para el diagnóstico, pronóstico, prevención y control de enfermedades transmisibles y no transmisibles y demás fenómenos que puedan afectar la salud; además contempla la recolección, procesamiento y difusión de la información epidemiológica.

Literal b del artículo 80: Proteger a la persona contra riesgos relacionado con agentes físicos, químicos, biológicos, orgánicos, mecánicos y otros que puedan afectar la salud individual o colectiva en los lugares de trabajo.

Literal e. Protegen a los trabajadores y la población contra los riesgos para la salud provenientes de la producción, almacenamiento, transporte, expendio, uso y disposición de sustancias peligrosas para la salud pública.

El título XI, reglamenta la vigilancia y control para asegurar una adecuada situación de higiene y seguridad en todas las actividades, así como para vigilar su cumplimiento a través de las autoridades de salud.

- **EL DECRETO 1562 DEL 22 DE JUNIO DE 1984.**

Que reglamenta parcialmente los títulos VII y XI de la ley 9 de 1979, en cuanto a la vigilancia y control epidemiológico, y medidas de seguridad; en el artículo 2, define vigilancia epidemiológica y otros términos relacionados con esta; a la vigilancia epidemiológica la plantea como "un proceso regular y continuo de observación e investigación de las principales características y componentes de la morbilidad, mortalidad y otros eventos en salud en una comunidad, basado en la recolección, procesamiento, análisis, evaluación y divulgación de la información epidemiológica".

En el capítulo II, reglamenta el objeto de la vigilancia y control epidemiológico, el campo de aplicación, plantea los lineamientos para el diagnóstico, pronóstico, prevención y control epidemiológicos. En los artículos 12, 13, 14 y 15 norma el diseño de medidas, la competencia para adelantar acciones, fuentes de conocimiento y modelos normativos para la vigilancia epidemiológica.

En el capítulo III, artículo 16, reglamenta la estructura de vigilancia epidemiológica. En el artículo 20 Y 22 reglamenta las funciones de los comités a nivel regional y local. En el capítulo IV, hace relación al objeto, proceso y obligatoriedad de la información epidemiológica.

- **LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE 1991.**

Señala las responsabilidades del estado en la seguridad social de los colombianos, en los siguientes artículos: " La seguridad sociales un servicio público de carácter obligatorio que se prestará bajo la dirección, coordinación y control del Estado, en sujeción a los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad, en los términos que establezca la ley. Se garantiza a todos los habitantes el derecho irrenunciable a la seguridad social"(aparte del artículo 48). "La atención de salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud" (aparte del artículo 49).Vale la pena resaltar como la seguridad social es planteada como un derecho de los ciudadanos, un servicio público y es responsabilidad del estado de asegurar el disfrute en condiciones de igualdad para todos los ciudadanos.

- **LA LEY 10 DE 1990**

Reorganiza el sistema nacional de salud, descentralizando la administración de los servicios de salud bajo la responsabilidad de alcaldes y gobernadores;

estableció la responsabilidad de los municipios por el primer nivel de atención y el de los departamentos por el segundo y tercer nivel y determinó criterios administrativos y financieros que propendían por el mejoramiento, la eficiencia y oportunidad en la prestación de los servicios de salud.

- **LA LEY 100 DE 1993.**

Crea el sistema de seguridad social en salud y dicta otras disposiciones legales: la seguridad social integral mediante el cumplimiento progresivo de planes y programas que el estado y la sociedad desarrolle, para proporcionar la cobertura integral de las contingencias que menoscaban la salud, la capacidad económica con el fin de lograr el bienestar individual y la integración de la comunidad; el decreto reglamentario 1918 de 1994 en el artículo 2 numeral 3, establece la obligatoriedad del reporte de estadísticas en salud.

- **EL DECRETO 1938 DE 1994.**

Reglamentario de ley 100, en el artículo 3 define que el plan de atención básica es obligatorio y de carácter gratuito y debe incluir entre otras, acciones de prevención primaria y diagnóstico precoz para personas con patologías y riesgos de altas externalidades o sobre las comunidades en caso de enfermedades endémicas o epidémicas.

En el mismo decreto 1938, en el párrafo del artículo 5 se define que las acciones individuales de diagnóstico tratamiento y rehabilitación de enfermedades objeto de vigilancia epidemiológica estarán a cargo de las empresas promotoras de salud y su financiamiento se hará con cargo a la Unidad de Pago por Capitación; para los vinculados el costo de las acciones será cubierto con recursos del situado fiscal, como subsidio a la oferta o por el plan de atención básica.

- **EL DECRETO 1891 DE 1994.**

Reglamentario de la ley 100, en su artículo 3, define la prevención de la enfermedad como el conjunto de acciones que tienen por objeto la identificación, el control o reducción de los factores de riesgo biológico, para evitar que la enfermedad aparezca, se prolongue, ocasione daños mayores o genere secuelas.

- **LA RESOLUCIÓN 4288 DE 1996.**

Emanada por el ministerio de salud en el capítulo I, artículo 5 plantea las actividades, intervenciones y procedimientos del plan de atención básica, en el literal c, especifica las acciones de vigilancia en salud pública y el control de factores de riesgo orientadas a la identificación, seguimiento y control de los principales factores de riesgo del comportamiento y del ambiente, así como la observación y análisis de los eventos en salud que ellos ocasionan.

La anterior resolución, expresa las competencias de las entidades territoriales y de la nación en cuanto a vigilancia de la salud pública se refiere, de la

siguiente forma: en el artículo 12 del capítulo II las competencias municipales y distritales; en el capítulo III, artículo 15, literales c, d y f, las competencias departamentales; en capítulo IV, artículo 18, literales c, d, e y f, y en los artículos 19, 20 y 21, las competencias de orden nacional.

- **LA RESOLUCIÓN 00412 DEL 2000.**

Determina las actividades, procedimientos e intervenciones de la demanda inducida y de obligatorio cumplimiento y adopta las normas técnicas y guías de atención para la realización de acciones de detección temprana y protección específica y la atención de enfermedades de interés en salud pública.

La misma resolución, define otra competencia de la vigilancia de la salud pública, consistente en el seguimiento de los indicadores de gestión de las aseguradoras, especialmente para eventos con estrategia de vigilancia centinela, de cumplimiento y calidad, que permitan tener conocimiento de las intervenciones que favorecen el mantenimiento de la salud de la población.

- **EL DECRETO 812 DE 1996.**

Del distrito capital, el cual modifica la estructura y establece los objetivos y funciones de las dependencias de la secretaría de salud, en su artículo 4, establece que la secretaría tendrá una estructura orgánica que incluye la dirección de salud pública y así mismo en artículo 5, plantea los objetivos y funciones de la misma.

- **EL DECRETO 205 DE FEBRERO 3 DEL 2003**

Por el cual se determinan los objetivos, la estructura orgánica y las funciones del ministerio de la protección social y se dictan otras disposiciones, en el artículo 19 en el cual determina las funciones de la Dirección General de salud Pública, en el literal 4 menciona las actividades de evaluación de las entidades territoriales en relación con el plan de atención básica y el sistema de vigilancia en salud pública. Así mismo en el numeral 7 determina como función la coordinación y orientación del sistema de vigilancia en salud pública y el control de enfermedades de obligatorio registro. En el numeral 10 especifica la función de dirigir, vigilar y controlar las acciones que en materia de prevención y control de enfermedades y vigilancia en salud pública ejecuten las entidades del sector y del sistema general de seguridad social en salud.

- **DECLARACION UNIVERSAL DE LOS DERECHOS HUMANOS ONU DE DICIEMBRE DE 1948.**

Artículo 3 Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona.

- **RESOLUCION 1016, MARZO DE 1989 MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL**

Artículo 10 Los subprogramas de medicina preventiva y del trabajo, tienen como finalidad principal la promoción, prevención y control de la salud del

trabajador, protegiéndolo de factores de riesgo ocupacionales; ubicándolo en un sitio acorde a sus condiciones Psico-fisiológicas y manteniéndolo en aptitud de trabajo.

- **DECRETO 1295 DE JUNIO 22 DE 1.994 DEL MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL.**

Artículo 35 La afiliación al sistema General de Riesgos Profesionales da derecho a la empresa afiliada a recibir por parte de la entidad Administradora de Riesgos Profesionales capacitaciones a los miembros de los comités paritarios y fomento de estilos de trabajo y vida saludable de acuerdo a los perfiles epidemiológicos de cada empresa.

2. AGENTES QUIMICOS CONTAMINANTES EN LA EXPOSICION LABORAL

2.1. ANTECEDENTES HISTORICOS

Los efectos que ciertos trabajos ejercen sobre la salud de las personas son conocidos desde la antigüedad. Hipócrates y Galeno en el Siglo IV A.C. describen las enfermedades que aquejan a los mineros del Plomo. En la Edad Media, el médico cordobés Avicena, realiza estudios sobre el cólico Saturnino y su relación con pinturas que contienen Plomo.

Es sin embargo en el siglo XVII cuando Bernardino Ramazzinni crea la medicina del trabajo, introduciendo por primera vez el término de "Higiene" en su obra "De Morbis Artificum Diatriba", en la cual describe detalladamente los riesgos de 54 profesiones distintas.

A partir de este momento se suceden numerosos estudios sobre esta materia, mas por curiosidad científica que por un espíritu preventivo debido fundamentalmente a que la sociedad en este tiempo era fundamentalmente agrícola.

La revolución industrial del Siglo XIX trae como consecuencia un incremento en el número de víctimas tanto por accidentes de trabajo como por enfermedades profesionales y las protestas que empezaron a aparecer obligaron a promulgarlas primeras disposiciones legales sobre prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

En España es hasta 1873 cuando aparece la primera legislación al respecto, regulando el trabajo de mujeres y niños y en 1900 con la conocida ley Dato.

Con la creación de la OIT. y el desarrollo de la legislación laboral en los diferentes países, han creado las condiciones necesarias para el desarrollo de la medicina del trabajo y consecuentemente de la higiene industrial

2.2. CONCEPTO Y TIPOS DE ENFERMEDADES PROFESIONALES

Desde un punto de vista legal, en nuestro país las enfermedades profesionales vienen recogidas en el Decreto 1295/1994 y el decreto 1832 de 1994¹

Desde el punto de vista higiénico entendemos como ENFERMEDAD PROFESIONAL: Toda alteración o pérdida de salud que tenga su origen en las condiciones ambientales a que el trabajador se halla expuesto en su labor diaria.

¹ Decreto 1295 de 1994 y decreto 1832 de 1994.

Modernamente el concepto de SALUD según la OMS, es "El estado de bienestar físico, psíquico y social", entendiendo como:

SALUD FISICA.- El funcionamiento correcto de todos los órganos del cuerpo.

SALUD PSIQUICA.- Un equilibrio emocional e intelectual.

SALUD SOCIAL.- El bienestar en las relaciones del individuo.

Los factores ambientales que pueden acarrear una pérdida de salud, presentes en los ambientes de trabajo de cualquier naturaleza, que al percibirlos o entrar en contacto con las personas pueden llegar a tener efectos nocivos según la intensidad, concentración, y exposición de los mismos² y se pueden dividir en cuatro grandes grupos:

Sustancias químicas, tales como polvo, humos, gases, vapores, etc, presentes en el ambiente de trabajo y cuya posible entrada en el organismo por vía respiratoria, dérmica o digestiva es el origen de la enfermedad provocando intoxicación, quemaduras o lesiones sistémicas según el grado de concentración y tiempo de exposición.

Agentes biológicos ya sean bacterias, virus u otros microorganismos y que son origen de enfermedades tales como la brucelosis, hepatitis o diversas formas de micosis.

Las causadas por agentes físicos, se refiere a aquellos factores ambientales de naturaleza física tales como el ruido, calor y las radiaciones ionizantes y no ionizantes, vibraciones etc, cuya incidencia sobre el hombre puede ser origen también de enfermedades profesionales, según la intensidad, concentración y exposición de los mismos.

Finalmente queda un cuarto grupo de enfermedades profesionales, cuya calificación como tal es objeto de cierta discusión y son aquellas lesiones causadas por una cierta tensión de origen físico como pueden ser ciertas posturas forzadas de trabajo o de origen psíquico tales como el sostenimiento prolongado de la atención concentrada en un determinado punto o instrumento, fatiga mental, alteraciones de la conducta y reacciones fisiológicas.³

2.3. HIGIENE INDUSTRIAL. La definición que ha alcanzado mayor aceptación, es la formulada por la (International Occupational Hygiene Association):

"La Higiene Industrial es la disciplina que se dedica a la previsión, el reconocimiento, la evaluación y el control de los riesgos que se dan en el lugar de trabajo y que pueden afectar desfavorablemente a la salud, el bienestar y la eficiencia de los trabajadores".

Esta definición nos indica cual es la metodología de actuación de la Higiene Industrial, cuyos pasos más significativos son los siguientes.

² MOYANO GONZALEZ, Nelson y CORRALES ARZUAGA Rafael, LA SALUD OCUPACIONAL EN LA EMPRESA. ISBN 958-33-9429-7

³ MOYANO GONZALEZ, Nelson y CORRALES ARZUAGA Rafael, LA SALUD OCUPACIONAL EN LA EMPRESA. ISBN 958-33-9429-7

2.3.1. RECONOCIMIENTO O IDENTIFICACIÓN DEL CONTAMINANTE. Esta tarea no resulta tan evidente como pueda parecer en un principio, y debe ser objeto de estudio su metodología para poder lograr con éxito la identificación de los agentes contaminantes en los puestos de trabajo.

El gran número de sustancias que se encuentran en las industrias, la gran variedad de procesos industriales, con la consiguiente aparición de productos intermedios y sobre todo de la costumbre industrial de adquirir aquello que "funciona bien" hace que exista un desconocimiento sobre las sustancias que manejan las industrias.

Una vez conseguida la identificación del contaminante, debemos conocer que cantidad del mismo hay, ya que la mera presencia de un contaminante no necesariamente supone un riesgo para la salud.

2.3.2. MEDICIÓN Y VALORACIÓN. La evaluación higiénica de un puesto de trabajo se realiza en dos fases, la medición y la valoración. Las mediciones deben de hacerse de acuerdo con unas técnicas debidamente normalizadas, de tal manera que sus resultados puedan ser comprobados periódicamente.

Las mediciones en Higiene Industrial al igual que en otros campos, no tendrían sentido si no dispusiésemos de un patrón de referencia con el que podamos compararla. A esta comparación con patrones de referencia se le denomina en Higiene Industrial valoración.

2.3.3. CONTROL. Después de comparar las cantidades de contaminantes que nos resultó en los muestreos con los patrones de referencia, puede llegarse de una forma esquemática a dos situaciones.

- **SITUACION SEGURA Y SITUACION DE RIESGO.** En el segundo caso, hay que adoptar medidas que hagan posible una situación segura para los trabajadores que están manejando los mencionados contaminantes.

Estas medidas correctoras podrán ser corregidas, modificando procedimientos de trabajo, sustancias, máquinas, protección, etc.

En el caso primero o en el segundo ya corregido, no debe pensarse que la situación quedara indefinidamente en las mismas condiciones, pues las empresas son entes dinámicos y las situaciones son cambiantes, por ello deberán realizarse periódicamente evaluaciones de CONTROL que nos permitan verificar que las condiciones siguen siendo SEGURAS, o si por el contrario, han evolucionado siendo necesaria la adopción de medidas correctoras.⁴

⁴ LETEYF, J. y GONZALEZ, C. Seguridad, higiene y control ambiental. Ed. McGraw-hill 1994.

2.3.4. RAMAS DE LA HIGIENE INDUSTRIAL

La higiene industrial actúa sobre las enfermedades profesionales y se requiere una medición del medio que suministre datos sobre la dosis de los agentes responsables de las acciones del trabajo. Se pueden distinguir cuatro ramas fundamentales de la Higiene Industrial.

2.3.4.1. Higiene teórica. Dedicada al estudio de los contaminantes y su relación con el hombre. Esta relación se produce, bien a través de estudios epidemiológicos, experimentación humana o animal y tiene como objeto analizar las relaciones dosis-respuesta y establecer unos patrones de concentración de sustancias en el ambiente y unos periodos de exposición, a los cuales la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente sin que se produzcan efectos perjudiciales para la salud.

2.3.4.2. Higiene de campo. Se encarga de realizar el estudio de la situación higiénica en el ambiente de trabajo, mediante la toma de muestras para su posterior análisis.

2.3.4.3. Higiene analítica. Realiza la investigación y determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes presentes en el ambiente de trabajo.

2.3.4.4. Higiene operativa. Comprende la elección y recomendación de los métodos de control a implantar para reducir la contaminación, a niveles seguros, en los puestos de trabajo.

2.3.5. OBJETIVOS DE UN PROGRAMA DE HIGIENE INDUSTRIAL

De acuerdo con todo lo expuesto hasta ahora, y según la Organización Mundial de la Salud (OMS.), los objetivos de un programa de Higiene Industrial serían los siguientes:

1.- Determinar y combatir en los lugares de trabajo todos los factores químicos, físicos, mecánicos, biológicos y psicosociales de reconocida y presunta nocividad.

2.- Conseguir que el esfuerzo físico y mental, que exige de cada trabajador el ejercicio de su profesión, esté adaptado a sus aptitudes, necesidades y limitaciones anatómicas, fisiológicas y psicológicas.

3.- Adoptar medidas eficaces para proteger a las personas que sean especialmente vulnerables a las condiciones perjudiciales del medio laboral y reforzar su capacidad de resistencia.

4.- Descubrir y corregir aquellas condiciones de trabajo que puedan deteriorar la salud de los trabajadores, a fin de lograr que la morbilidad general de los diferentes grupos profesionales no sea superior a la del conjunto de la población.

5.- Educar al personal directivo de las empresas y a la población trabajadora en el cumplimiento de sus obligaciones en lo que respecta a la protección y fomento de la salud.

6.- Aplicar en las empresas programas de acción sanitaria que abarquen todos los aspectos de la salud, lo cual ayudar a los servicios de salud pública a elevar el nivel sanitario de la colectividad.

2.4. CONTAMINANTES QUIMICOS

De los tres grandes grupos de contaminantes que existen, químicos, físicos y biológicos, es el primero de ellos el de mayor importancia debido al gran número de compuestos que se emplean en los procesos industriales, y a la diversidad de efectos que, bien individualmente o en mezclas, pueden originar.

Como contaminante químico se define a toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que durante su fabricación, manejo, uso, transporte, almacenamiento puede incorporarse al aire en forma de polvos, humos, gaseoso vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas.

2.4.1. NORMAS GENERALES DE IDENTIFICACIÓN Y ETIQUETADO.

La identificación de los agentes químicos que se manipulan o producen durante cualquier proceso productivo suele presentar dificultades.

En la actualidad existe una abundante bibliografía que incluye fichas de una gran variedad de productos químicos, normalmente puros, que resulta de gran utilidad cuando se conocen las sustancias manipuladas.

Así mismo, los proveedores de materias primas a las industrias deben de adjuntar con estas unas fichas de seguridad normalizadas, donde se deben de describir con detalle las propiedades de las mismas y dar las recomendaciones necesarias para su correcta manipulación en 16 puntos diferentes:

1. Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa.
2. Composición/información sobre los componentes.
3. Identificación de peligros.
4. Primeros auxilios.
5. Medidas de lucha contra incendios.
6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental.
7. Manipulación y almacenamiento.
8. Controles de exposición/protección personal.
9. Propiedades físicas y químicas.
10. Estabilidad y reactividad.
11. Información toxicológica.
12. Informaciones ecológicas.
13. Consideraciones relativas a la eliminación.
14. Información relativa al transporte.

15. Información reglamentaria

16. Otras informaciones.

Todos los envases o recipientes deben de indicar información esencial, para advertir a las personas que los manipulan o utilizan, sobre los riesgos inherentes de la sustancia o preparado.

Existen dos normas de la Unión Europea (67/548 y 88/379) que han generado dos decretos:

El Decreto 2216/1985 (BOE 27-11-85): "Reglamento sobre sustancias nuevas, clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas", que prescribe de forma concreta las indicaciones de peligrosidad de cada sustancia.

El Decreto 1078/1993 (BOE 9-9-93): "Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos".

En ellos se indican una serie de normas para el etiquetado de las sustancias, las mas importantes de las cuales se indican a continuación:

- Los envases estarán etiquetados en forma clara, legible o indeleble en la lengua española oficial del estado.
- El tamaño de la etiqueta debe de corresponder como mínimo a las dimensiones descritas en la tabla 1, y deberán estar colocadas de forma visible y nunca encierres, precintos y otras partes que normalmente se utilicen al abrir el envase.
- Las etiquetas deberán poderse leer horizontalmente cuando el envase este colocado en posición normal.
- La etiqueta no será necesaria cuando el propio embalaje lleve consignadas de forma visible las indicaciones necesarias según lo previsto en apartados anteriores.
- El color y la presentación de la etiqueta o del embalaje, serán tales que los símbolos de peligro y el fondo sobre el que vaya impreso destaquen claramente.
- Las indicaciones como "no tóxico", "no nocivo" o cualquier otra análoga no podrán figurar en la etiqueta o sobre el envase de las sustancias comprendidas en el reglamento.

El texto de la etiqueta debe de incluir:

- Nombre de la sustancia de acuerdo con el listado del Decreto, o bien, si la sustancia no estuviera incluida, debe de utilizarse preferiblemente la nomenclatura de la UNION INTERNACIONAL DE QUIMICA PURA Y APLICADA (IUPAC).

- Nombre común, en su caso.
- Concentración de la sustancia, en su caso.
- Nombre y dirección de la persona natural o jurídica que fabrique, envase, comercialice o importe la sustancia peligrosa.
- Pictogramas e indicaciones de peligro.
- Mención de riesgos específicos de las sustancias peligrosas.
- Consejos de prudencia relativos a las sustancias peligrosas.

2.4.2. VÍAS DE ENTRADA DE LOS CONTAMINANTES EN EL ORGANISMO

Para que un agente químico penetre en el organismo, debe de superar una serie de defensas que este opone y que están constituidas por una serie de barreras a las que puede llegar por distintas vías:

Las principales formas de penetración de los contaminantes químicos en el organismo son:

Vía respiratoria: Es la vía de entrada más importante para la mayoría de los contaminantes químicos, en el campo de la Higiene Industrial.

Cualquier sustancia suspendida en el aire puede ser inhalada, pero solo las partículas que posean un tamaño adecuado llegaran a los alvéolos.

También influirá su solubilidad en los fluidos del sistema respiratorio en su deposición.

Así por ejemplo, si el contaminante es un gas o vapor, alcanzaran fácilmente el alvéolo pulmonar, y atraviesa la membrana alveolo capilar con una velocidad de difusión que será proporcional a distintos factores.

Si el contaminante es sólido (polvo, humos etc.) su acceso por esta vía vendrá condicionado fundamentalmente por el tamaño de partículas.

El camino que deben de recorrer cualquier sustancia para poder penetrar en el organismo por esta vía es el siguiente:

Nariz: Es el primer filtro en el que el aire es calentado, humedecido y parcialmente desprovisto de partículas por impacto en las fosas nasales y sedimentación. Son eliminadas por estornudos, mucosidades, etc.

Faringe y Laringe: Aquí las partículas retenidas pueden ser expulsadas por vía salivar o vía esofágica.

Árbol traqueo bronquial: Aquí las partículas por fenómenos similares a los anteriores son expulsadas al exterior por los cilios que tiene este aparato.

Alvéolos: Las partículas que han alcanzado la región alveolar, se depositan en las paredes, tanto por fenómenos de difusión como sedimentación o bien pasan a través de la membrana alveolocapilar incorporándose al torrente sanguíneo. En caso de quedarse depositadas, el mecanismo de expulsiones

muy lento y sólo parcialmente conocido quedando la mayor parte de las partículas retenidas en las paredes alveolares.

Vía dérmica: Es la segunda vía de entrada en importancia en Higiene Industrial.

No todas las sustancias pueden penetrar a través de la piel, unas lo hacen directamente y otras vehiculizadas por otras sustancias.

Vía digestiva: Esta vía es de poca importancia en Higiene industrial, salvo en operarios con hábitos de fumar, comer y beber en el puesto de trabajo.

Vía parenteral: Es la penetración directa del contaminante en el organismo a través de una discontinuidad de la piel (herida, punción).

2.4.3. CLASIFICACIÓN POR LA FORMA DE PRESENTARSE

Los contaminantes químicos, durante su manipulación pueden incorporarse al aire de varias maneras. GASES, VAPORES, SÓLIDOS HUMOS, HUMOS METÁLICOS, AEROSOL, NIEBLAS, LÍQUIDOS, BRUMAS

2.4.3.1.- Gases y vapores. Gases: Son sustancias que a temperatura y presión ambientales normales, se encuentran en estado gaseoso. Vapor: Es la fase gaseosa de una sustancia que en condiciones normales se encuentra en estado sólido o líquido.

2.4.3.2. Generación. La generación de vapores depende de varios factores: Presión de vapor: Está relacionada con la capacidad de los líquidos o sólidos para pasar a fase gaseosa de manera que a mayor presión de vapor, mayor facilidad de evaporarse tiene una sustancia. Depende de la naturaleza de la misma y de la temperatura.

2.4.3.3. Propagación. Los gases y vapores se propagan por difusión y por los movimientos de la masa de aire. La velocidad de esta última es muy superior a la de difusión. Incluso con aire en calma pueden existir velocidades de aire de 0,1 a 0,2m/seg. mientras que las velocidades de difusión son del orden de 0,01 m/seg.

Otros factores que afectan en el desplazamiento de gases y vapores son densidad del gas y temperatura ambiental de manera que un gas menos denso que el aire, tiende a subir mezclándose en la parte superior y bajar ya mezclado, mientras que si es más denso tiende a acumularse en el suelo antes de mezclarse.

El efecto de la temperatura es el de disminuir la densidad, y por tanto a aumentar su tendencia a subir las sustancias que absorben calor del ambiente al evaporarse, lo enfrían y tienen tendencia a dirigirse al suelo y desplazarse por él a todo el recinto.

2.4.3.4. Ejemplos de gases y vapores

GASES

Monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es menos denso que el aire y en consecuencia difunde rápidamente en el ambiente. Es un gas combustible.

Se produce siempre que tiene lugar una combustión incompleta. Casi como norma general se puede afirmar que toda instalación que funcione con combustibles sólidos, líquidos o gaseosos produce CO.

Operaciones y lugares donde se puede encontrar CO son por ejemplo, fundiciones, forjas, tratamientos térmicos, garajes, salas de calderas, altos hornos, fabricación de coque, motores de combustión interna.

Su afinidad por la hemoglobina es unas 300 veces mayor que la del oxígeno del aire, por lo que impide el transporte por la sangre del oxígeno de los pulmones a las células, produciendo asfixia química.

Dióxido de azufre (SO₂) es un gas incoloro, de olor picante y sabor espeso. Se emplea como agente blanqueante y para la obtención de ácido sulfúrico.

Se produce en procesos de combustión de productos que contengan azufre como la tostación de piritas o la combustión de carbones y petróleos y causa irritación del sistema respiratorio superior.

Óxidos de nitrógeno (NO) se obtienen como subproductos en la fabricación del ácido nítrico y otros productos con nitrógeno como los colorantes azoicos, explosivos y fertilizantes.

En lugares donde se almacene ácido nítrico sin la debida ventilación se pueden acumular óxidos de nitrógeno.

Cloro y sus derivados (Cl) son un grupo de sustancias irritantes.

El cloro es un gas amarillo-verdoso de olor característico, mas pesado que el aire. No se encuentra libre en la naturaleza.

Se utiliza para la depuración de aguas y como materia prima para obtener diversos derivados clorados y ácido clorhídrico.

El óxido de cloro es un gas rojo-amarillento, inestable, muy oxidante y soluble en agua. Se suele obtener en el mismo lugar de utilización. Se usa como blanqueante estos son productos irritantes y producen problemas respiratorios.

Amoniaco se emplea en refrigeración en circuito cerrado, pero puede haber escapes por fugas, uniones, válvulas, etc. También se utiliza para la obtención de sosa Solvay, fabricación de resinas, explosivos, abonos, etc. También se desprende en la descomposición de sustancias nitrogenadas, aguas negras, etc. Causa fuerte irritación en las mucosas del aparato respiratorio superior y ojos.

Cianuros la toxicidad que tienen es función de su capacidad de desprender cianhídrico. Este gas tiene un olor característico a almendras amargas. Es un tóxico muy potente que puede entrar en el organismo por inhalación, vía dérmica y vía digestiva. Su uso principal en la industria es en la galvanoplastia, en los tratamientos de metalurgia y en laboratorios fotográficos.

El mecanismo de intoxicación de este producto es el de una inhibición de la oxidación por inactivación de las enzimas respiratorias.

DISOLVENTES

Los disolventes son una serie de sustancias, generalmente orgánicas, que se utilizan en distintos procesos y productos industriales como son: desengrase, pinturas y barnices, disolventes de sustancias orgánicas, etc. Su capacidad de evaporación hace que estas sustancias se encuentren siempre en los ambientes donde se utilizan.

Como norma general se puede decir que el disolvente es el componente mayoritario de una disolución. Un disolvente puede estar en los tres estados de agregación, pero normalmente se sobre entiende por tales los líquidos en condiciones normales.

Los disolventes líquidos se pueden dividir en disolventes orgánicos y disolventes acuosos, si bien en higiene industrial se consideran como disolventes principalmente los orgánicos.

DISOLVENTES ORGÁNICOS

Como ya hemos dicho, este tipo de productos son los que se designan comúnmente como disolventes, estando formados por una o más sustancias orgánicas en estado líquido.

Sus principales características son:

- Son líquidos volátiles con una presión de vapor elevada, la cual facilita su paso al ambiente en forma de vapor.
- Suelen ser mezcla de varios compuestos químicos, cuyo número se eleva gradualmente cuando intervienen destilados de petróleo. Raramente un disolvente es una sustancia única.
- Son sustancias poco polares, por lo que no suelen ser solubles en agua.
- Suelen ser sustancias combustibles, por lo que pueden dar lugar a mezclas de vapores inflamables.
- Tanto los componentes como sus proporciones son muy variables, por lo que es necesario proceder a un análisis del producto para conocer su verdadera composición.
- Su procedencia es muy variada, siendo las principales los productos de destilación del petróleo de donde se obtienen parafinas, hidrocarburos cíclicos y aromáticos; destilación seca de la hulla de donde se obtienen aceites ligeros y compuestos aromáticos; la destilación por arrastre de vapor de la trementina; etc.

Existen pues una gran cantidad y variedad de sustancias. En la tabla siguiente se encuentran clasificadas por familias químicas:

Familia Ejemplos

Hidrocarburos alifáticos

Hexano, heptano, gasolinas, etc.

Hidrocarburos cíclicos

Ciclohexano, trementina, etc.
Hidrocarburos aromáticos
Benceno, Tolueno, Xilenos, etc.

Hidrocarburos halogenados
Tricloroetileno, tetracloruro de carbono, etc.

Hidrocarburos nitrados
Nitroetano, etc.

Alcoholes
Metanol, isopropanol, etc.

Glicoles
Etilenglicol, etc.

Esteres
Acetato de etilo, acetato de n-butilo, etc.

Eteres
Eter etílico, éter isopropílico, etc.

Cetonas
Acetona, metil etil cetona, etc.

Aldehidos

Acetaldehido

Para conocer la peligrosidad que tiene un disolvente no es suficiente conocer su toxicidad, que de alguna manera estará indicada por el TLV, ya que también va a influir de una manera determinante su capacidad de pasar al estado de vapor, que es la forma en la que habitualmente será absorbido por el organismo, y que vendrá dada por la presión de vapor; por tanto, se define como índice de peligrosidad ala relación existente entre la capacidad de pasar al estado de vapor y la toxicidad propia del compuesto, que numéricamente se expresa de la siguiente manera:

$$I_0 = P_{vap} / TLV$$

Criterios a seguir para la elección y utilización de disolventes:

- Siempre que el proceso lo permita, utilizar un disolvente acuoso.
- Entre los disolventes orgánicos, utilizar los productos menos tóxicos con ventilación adecuada.
- Siempre que se utilicen productos de toxicidad media, utilizar extracción localizada.
- No utilizar nunca aquellos productos cuyo uso como disolvente está prohibido, como benceno y tetracloruro de carbono.

2.4.3.4. Polvo. El polvo puede definirse como un sistema disperso (aerosol) de partículas sólidas heterogéneas en un gas (aire).

2.4.3.4.1. Características. Los aerosoles no son constantes en su composición, sino que tanto su masa como el número de partículas por volumen de aerosol varían con el tiempo, como consecuencia de la sedimentación de las grandes partículas por la fuerza de la gravedad y el movimiento Browniano y aglutinación de las partículas pequeñas.

Estas últimas tienen poca tendencia a unirse, sin embargo, cuando hay partículas mayores, estas tienden a actuar como núcleos de atracción de las pequeñas.

Otro fenómeno que tiene lugar es el de que las partículas frecuentemente se cargan debido a rozos y fricciones. Cuando las partículas se cargan con el mismo signo, tienden a repelerse, la aglutinación se hace por tanto más difícil, y consecuentemente su sedimentación. Por el contrario, si se cargan con distinto signo, el fenómeno que ocurre es el contrario, favoreciéndose así la concentración y sedimentación de las partículas.

Finalmente señalar que con el paso del tiempo, el polvo fino tiende a rodearse de una capa de aire absorbido, originando una presión parcial superior a la atmosférica que disminuye con la distancia. Por esta razón las partículas de polvo después de un tiempo no tienden a aglutinarse.

2.4.3.4.2.- Comportamiento dinámico. Para que una partícula suspendida en un fluido se mueva a través de él, se requiere la existencia de una diferencia de densidad entre la partícula y el fluido.

Cuando esta sedimenta, esta sometida a tres fuerzas diferentes, La fuerza de la gravedad, la de flotación (principio de Arquímedes) y la de rozamiento.

La fuerza de la gravedad es la causante de que la partícula caiga con una aceleración g . Esta se ve progresivamente frenada por las otras fuerzas ya que la fuerza de rozamiento es proporcional al cuadrado de la velocidad, llegando un momento en que la aceleración será nula y por consiguiente la partícula caerá con velocidad constante. A esta velocidad se le llama velocidad límite y esta regida por la ecuación de Stokes.

2.4.3.4.3. Generación y dispersión de partículas. La formación de nubes de polvo tiene lugar fundamentalmente debido a dos fenómenos.

Acción primaria: Es la generación del polvo. Normalmente es una acción mecánica que proyecta partículas finas a alta velocidad, desde un estado de reposo al aire. Ejemplos de este tipo de acción son rectificadoras y pulidoras (unidireccionales) o el impacto de un cincel sobre una piedra (multidireccional).

Acción secundaria: La dispersión debido a la propia velocidad de salida y a corrientes de aire secundarias que las transportan hasta lugares lejos del lugar de formación.

2.4.3.4.4. Clasificación. El polvo industrial se puede clasificar:

Por su tamaño

- Sedimentables
- Inhalables
- Torácicas

Por su forma

- Respirables
- Polvo
- Fibras

Por su composición

- Animal
- Vegetal
- Mineral

La influencia del tamaño es de gran importancia en Higiene Industrial, porque de él depende la mayor o menor facilidad de penetración de polvo en el organismo. Como ya hemos visto, el camino que deben de recorrer las partículas de polvo para poder penetrar en el organismo es el siguiente.

Nariz: Es el primer filtro en el que el aire es calentado, humedecido y parcialmente desprovisto de partículas por impacto en las fosas nasales y sedimentación. Son eliminadas por estornudos, mucosidades, etc.

Faringe y Laringe: Aquí las partículas retenidas pueden ser expulsadas por vía salivar o vía esofágica.

Árbol traqueo bronquial: Aquí las partículas por fenómenos similares a los anteriores son expulsadas al exterior por los cilios que tiene este aparato.

Alvéolos: Las partículas que han alcanzado la región alveolar, se depositan en las paredes, tanto por fenómenos de difusión como sedimentación.

El mecanismo de expulsión es muy lento y sólo parcialmente conocido quedando la mayor parte de las partículas retenidas en las paredes alveolares.

De todo lo expuesto se deduce que cuando menor es el tamaño de la partícula mas facilidad de penetración en el organismo tiene, lo que ha llevado a la definición de las siguientes fracciones de partículas en función de su tamaño.

Mientras que las partículas de diámetro superior a 50 μm sedimentan con rapidez, las menores de 5 μm presentan una velocidad de sedimentación muy pequeña, pudiendo permanecer en suspensión durante largo tiempo en la atmósfera de trabajo o ser arrastradas por corrientes de aire hasta puntos distantes de su lugar de origen.

Son precisamente las partículas menores de $5\mu\text{m}$, las que tienen mayor importancia desde el punto de vista fisiopatológico, ya que la probabilidad de alcanzar los alvéolos pulmonares aumenta a medida que disminuye el diámetro.

2.4.3.4.5.- Tipos de fracciones. Todas las consideraciones hechas en el apartado interior permitieron definirlos conceptos diferentes:

FRACCION INSPIRABLE: Fracción de partículas que se inspira de todo el conjunto de materias en suspensión, presentes en el aire que respira el trabajador. A este respecto son determinantes las velocidades de aspiración por la nariz y la boca, así como de las condiciones de circulación del aire alrededor de la cabeza.

FRACCION RESPIRABLE: Dado que la fracción inspirable puede, según el tamaño de las partículas, quedar depositada en distintas partes del aparato respiratorio, se denomina fracción respirable a la parte de la fracción inspirable que penetra en los alvéolos pulmonares.

Para su captación se utiliza un separador por sedimentación que separe el 50% de las partículas que tengan un diámetro aerodinámico de 5 micras (convenio de Johannesburgo de 1979).⁵

FRACCIÓN INHALABLE: La fracción másica del aerosol total que se inhala a través de nariz y boca.

FRACCIÓN EXTRATORACICA: Fracción másica de las partículas inhaladas que no penetran mas allá de la laringe.

FRACCIÓN TORÁCICA: Fracción másica de las partículas inhaladas que penetran mas allá de la laringe.

FRACCIÓN TRAQUEO-BRONQUIAL: Fracción masica de las partículas inhaladas que penetran mas allá de la laringe pero no pueden penetrar a las vías respiratorias no ciliadas.

FRACCIÓN RESPIRABLE: Fracción masica de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas.

De acuerdo con estas definiciones se definen unas convenciones que dan las especificaciones que deben alcanzar los instrumentos de muestreo.

Los convenios de muestreo tienen en cuenta el hecho de que solamente se inhala una fracción que esta cerca de la nariz y de la boca. Esta fracción, como hemos visto, se llama fracción inhalable.

⁵ convenio de Johannesburgo de 1979

Para algunas sustancias, tienen especial significación para la salud, las subfracciones de esta que llegan más allá de la laringe o hasta la vía respiratoria no ciliada.

Se definen así unas curvas de convenio que se aproximan a la fracción inhalada y a las subfracciones de esta que llegan más allá de la laringe o hasta las vías respiratorias no ciliadas, y que se denominan: convenio para la fracción Inhalable, convenio para la fracción torácica y convenio para la fracción respirable.

Los convenios para las fracciones extratorácica y traqueó bronquial se pueden calcular a partir de las anteriores.

Es necesario pues que los instrumentos utilizados en el muestreo, estén de acuerdo con el convenio apropiado a la región del tracto respiratorio, donde el depósito de la materia particulada a medir podría llegar a producir un efecto biológico. Por ejemplo, se debería seleccionar un equipo de muestreo que haga un muestreo según el convenio para la fracción inhalable en el caso de que el aerosol pudiera llegar a producir un efecto biológico donde quiera que se deposite.

Se escogería un equipo que haga un muestreo según el convenio para la fracción torácica si la región de depósito fueran los bronquios, y según el convenio para la fracción respirable si la región fuese la de los alvéolos.

Los convenios son, necesariamente, solo aproximaciones al comportamiento del tracto respiratorio, y por tanto son particularmente importantes las siguientes hipótesis:

La fracción inhalable depende del movimiento del aire, (velocidad y dirección), de la cadencia respiratoria y de si la respiración es a través de la nariz o de la boca.

Las fracciones respirable y torácica varían de individuo a individuo y con el modelo respiratorio, y necesariamente los convenios son aproximaciones para el caso promedio.

Cada convenio es una aproximación a la fracción que llega a una determinada región del tracto respiratorio, no a la fracción que allí se deposita. El convenio para la fracción torácica es una aproximación a esta fracción durante la respiración bucal, que es mayor que dicha fracción durante la respiración nasal.

2.4.3.5. Fibras. El segundo tipo de materia particulada que nos encontramos según su forma es el de las fibras. En Higiene Industrial, se considera fibra toda aquella partícula que sea mayor que 5 micras de longitud, con un diámetro de sección transversal menor de 3micras y una relación longitud diámetro mayor de 3.

El motivo de considerar como fibras a las partículas de estas características está basado en el poder de penetración en el organismo, de manera que se acepta que son las fibras que cumplen estos requisitos las que son capaces de

llegar hasta los alvéolos pulmonares y consecuentemente producir lesiones y enfermedades en el organismo.

Las fibras naturales fueron las primeras en utilizarse industrialmente, Pero el alto riesgo para la salud de los que las manipulan tiene alguna de ellas ha dado lugar a una gran proliferación de fibras sustitutivas, la mayoría de ellas artificiales, tanto de origen natural como artificial.

Existe sin embargo, poca información toxicológica de estos productos, lo que dificulta en gran manera la evaluación de riesgos para la salud. Los trabajos actuales de investigación sobre los efectos sobre la salud de estos materiales han llevado últimamente a la formulación de una hipótesis denominada "efecto fibra" según la cual, la aparición de cánceres de pulmón es independiente de la naturaleza o composición de la fibra, debiéndose únicamente a la morfología.

Sin embargo, existen otros trabajos que demuestran que los efectos perniciosos no son debidos únicamente a sus características dimensionales, sino también a su composición química.

Hay que señalar pues, que es todavía pronto para aceptar cualquiera de estas hipótesis u otras, continuándose por parte de gran número de especialistas las investigaciones en este terreno.

2.4.3.6. Humos. Los humos son suspensiones en el aire de partículas sólidas originadas en procesos de combustión incompleta.

2.4.3.7. Humos metálicos. Estos son suspensiones en el aire de partículas sólidas metálicas generadas en un proceso de condensación del estado gaseoso. A menudo va acompañada de una reacción química generalmente de oxidación.

2.4.3.8. Nieblas. Suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido que se generan, ya sea por condensación o por la desintegración de un líquido por atomización, ebullición, etc.

2.4.3.9. Brumas. Se definen así a suspensiones en el aire de pequeñas gotas líquidas apreciables a simple vista.

2.4.4. EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS SOBRE EL ORGANISMO

Cuando un trabajador entra en contacto con un contaminante químico o sustancia extraña a su organismo (xenobiotico) pueden producirse alteraciones de la salud, cuyo alcance está relacionado con factores como son la propia naturaleza de la sustancia en cuestión, o la dosis recibida de la misma.

Tales alteraciones, que se manifiestan mediante el cambio de algún mecanismo biológico o función fisiológica, constituyen lo que a escala individual

se denomina efecto y que en muchas ocasiones pueden medirse de forma objetiva.

2.4.4.1. Concepto de dosis. Por dosis, se entiende a la cantidad de xenobiotico absorbida por el organismo en un tiempo determinado, que en el plano laboral será de 8 horas.

Se puede establecer una relación dosis-efecto, cuya representación gráfica será distinta, según el xenobiotico y el individuo que se trate.

Si el efecto no es aparente, se denomina efecto subclínico, mientras que si se pone de manifiesto se denomina efecto clínico.

Cuando se relaciona la dosis con el porcentaje de población que manifiesta un determinado efecto, se obtienen lo que se conoce como la relación dosis respuesta con una representación grafica que sigue aproximadamente la distribución gaussiana.

Para el estudio de estas relaciones, se utilizan los siguientes conceptos:

Dosis tóxica mínima: Cantidad mínima de sustancia administrada por cualquier vía, que se sepa que haya producido algún efecto toxico.

Dosis letal mínima: Cantidad mínima de sustancia que administrada por cualquier vía, produce la muerte en algún animal de experimentación.

Dosis media: Es aquella que produce el efecto deseado en el 50 % de los individuos que la reciben. Si el efecto estudiado es la muerte, se denomina dosis letal media (DL₅₀).

Tanto en el plano laboral, como en el experimental, la acción de un xenobiotico sobre un organismo, provoca una alteración del estado de salud o intoxicación que puede ser de tres tipos:

Intoxicación aguda: Es la que da lugar a una alteración grave del organismo, y se manifiesta en un corto periodo de tiempo. Su evolución puede llevar al individuo aun estado irreversible e incluso la muerte.

Las condiciones para que se de una intoxicación aguda son las siguientes:

- Exposición en una dosis única o dosis múltiples en cortos periodos de tiempo, generalmente un máximo de 24 horas.
- Absorción rápida del tóxico por el organismo.

Intoxicación subaguda: Presenta un grado inferior de gravedad que la intoxicación aguda, y frecuentemente sigue un curso subclínico.

Se dan este tipo de intoxicaciones en exposiciones o penetraciones del xenobiotico en dosis frecuentes y repetidas en periodos de varios días o semanas, antes de que aparezcan los primeros síntomas.

Intoxicación crónica: Se entiende por intoxicación crónica la que se produce cuando el xenobiotico penetra en pequeñas dosis repetidas durante un largo periodo de tiempo de la vida del sujeto.

En general, la absorción rápida del xenobiótico, debido a las pequeñas dosis que se reciben, hace que no se manifiesten síntomas tóxicos en corto periodo de tiempo.

Esta manifestación tardía de la intoxicación crónica se debe fundamentalmente a dos causas:

- Por una acumulación del xenobiótico en ciertas partes del organismo, de manera que la cantidad eliminada es inferior a la absorbida. Como consecuencia la concentración del mismo aumenta progresivamente hasta que se alcanza una cantidad suficiente para que se manifiesten los síntomas clínicos, o que una causa externa ponga en libertad el xenobiótico acumulado. Tal es el caso de la intoxicación por plomo.
- Una segunda forma de manifestarse una intoxicación crónica es por acumulación de los efectos producidos por la exposición repetida a xenobiótico, el cual, sin embargo, se va eliminando del organismo. Una acumulación de efectos da lugar, tras un periodo de latencia, a las manifestaciones clínicas de la intoxicación.

2.4.4.2. Tipos de efecto. Atendiendo a los efectos que producen sobre el organismo humano, es decir, a su acción fisiopatologica, los contaminantes químicos se pueden clasificar:

Irritantes: Son aquellos compuestos químicos que producen una inflamación, debido a una acción química o física en las áreas anatómicas con las que entran en contacto, principalmente piel y mucosas del sistema respiratorio.

Por ser, todas ellas, sustancias muy reactivas, el factor que indica la gravedad del efecto es la concentración de la sustancia en el aire y no el tiempo de exposición.

Las sustancias irritantes, a su vez se dividen en:

- Irritantes del tracto respiratorio superior. Son sustancias muy solubles en medios acuosos (ácidos, bases).

-Irritantes del tracto respiratorio superior y tejido pulmonar: Son sustancias de solubilidad moderada en medios acuosos, debido a lo cual actúan sobretodo el sistema respiratorio. (Halógenos, ozono, anhídridos de halógenos).

Neumoconioticos: Son aquellas sustancias químicas sólidas, que se depositan en los pulmones y se acumulan, produciendo una neumopatía y degeneración fibrótica pulmonar.

Los polvos inertes, si bien no producen esta degeneración del tejido pulmonar, ejercen una acción como consecuencia de la acumulación de grandes cantidades de polvo en los alvéolos pulmonares, impidiendo la difusión del oxígeno a través de los mismos.

Tóxicos sistémicos: Se definen como tales los compuestos químicos que, independientemente de su vía de entrada, se distribuyen por todo el organismo produciendo efectos diversos, si bien ciertos compuestos presentan efectos específicos o selectivos sobre un órgano o sistema (plomo, hidrocarburos halogenados, insecticidas, metanol, etc.).

Anestésicos y narcóticos: Son sustancias químicas que actúan como depresores del sistema nervioso central. Su acción depende de la cantidad de tóxico que llega al cerebro. Deben de ser sustancias liposolubles (disolventes industriales).

Alérgicos: Son sustancias cuya acción se caracteriza por dos circunstancias. La primera es que no afecta a la totalidad de los individuos, ya que se requiere una predisposición fisiológica. La segunda es que se presenta en individuos previamente sensibilizados (resinas, cromo, etc.).

Cancerígenos: Son sustancias que pueden generar o potenciar el desarrollo de un crecimiento desordenado de las células.

Asfixiantes: Son sustancias capaces de impedir la llegada del oxígeno a los tejidos. Existen dos tipos:

- **Asfixiantes simples:** Es cualquier contaminante químico que sin presentar ningún efecto específico, generalmente sustancias inertes, por el mero hecho de estar presente en el ambiente reduce la concentración de oxígeno en el aire (CO₂, gases nobles, nitrógeno).

- **Asfixiantes químicos:** Son sustancias que impiden la llegada del oxígeno a las células, bloqueando alguno de los mecanismos del organismo. Estas sustancias pueden actuar al nivel de la sangre, de las células, e incluso sobre el cerebro paralizando los músculos de la respiración (CO, CNH, SH₂).

Productores de dermatosis: Son sustancias que independientemente de que puedan ejercer otros efectos tóxicos sobre el organismo, en contacto con la piel originan cambios en la misma a través de diferentes formas:

- Irritación primaria.
- Sensibilización alérgica.
- Foto sensibilización.

2.5. EVALUACION HIGIENICA

El objetivo fundamental de la Higiene Industrial es la Prevención de las Enfermedades Profesionales originadas por los agentes contaminantes existentes en el medio laboral, para lograrlo de manera efectiva debe ser valorada.

2.5.1. DEFINICION. La evaluación higiénica va a ser el procedimiento que nos permitir tomar una decisión sobre la mayor o menor peligrosidad existente en un puesto de trabajo, mediante el análisis de los diversos factores que van a influir sobre el, entre los cuales podemos destacar:

- Sustancias que se utilicen, produzcan o emitan al ambiente en el puesto de trabajo.
- Posibles vías de entrada en el organismo.
- Presencia simultánea de varias sustancias.
- Concentraciones ambientales.
- Tiempo diario de exposición.
- Continuidad o interrupción de las exposiciones.
- Condiciones de ventilación.
- Susceptibilidad individual.
- Medidas higiénicas personales.
- Ropa de trabajo y utilización de elementos de protección personal.

Como se puede observar, la mayor o menor toxicidad existente en un puesto de trabajo, depende de múltiples factores y no solamente de la toxicidad intrínseca de los productos o sustancias utilizados.

Para poder realizar esta tarea, existen y se están desarrollando en higiene industrial, una serie de metodologías de actuación que evitan, mediante la detección, cuantificación y control de los contaminantes presentes en los puestos de trabajo, la aparición de la enfermedad profesional. Es la denominada Evaluación de la exposición laboral.

En principio, este tipo de evaluación solo considera como vía de entrada la inhalatoria efectuándose, por consiguiente, las mediciones en la zona respiratoria del trabajador.

Sin embargo, y tal como ya hemos visto, este modo de entrada de agentes químicos en el organismo aun siendo el mas importante no es el único y además dado que cada trabajador expuesto es un individuo con distinta reacción a los agentes tóxicos, motivo por el cual se están desarrollando métodos de evaluación del estado de riesgo toxicológico de cada persona.

Este método de evaluación es la denominada la denominada Evaluación biológica.

Como primera aproximación, podría decirse que un trabajador estará expuesto a un determinado agente químico, cuando de su manipulación o presencia pueda derivarse un efecto indeseable para su salud a corto, medio o largo plazo.

De este modo, la exposición se encuentra indefectiblemente asociada al riesgo higiénico o lo que es lo mismo, con la probabilidad de sufrir un daño a causa de la absorción de un agente químico durante el trabajo. No obstante, conviene distinguir entre dos clases de agentes químicos:

-Aquellos cuyos efectos sobre la salud están relacionados cuantitativamente con su presencia en el entorno de trabajo, de modo que el daño producido será tanto mayor cuanto más grande sea la cantidad de agente químico absorbido.

-Aquellos en los que no existe una clara relación cuantitativa entre los efectos que producen sobre la salud y su presencia en el ambiente laboral.

2.5.2. CRITERIOS DE VALORACIÓN

El objetivo de un criterio de valoración higiénico, es el de definir unas condiciones de exposición tales que las personas no sufran ni durante su vida laboral, ni una vez terminada esta, una disminución significativa de su nivel de salud que sea imputable a la exposición laboral.

2.5.2.1. Definición. Al efectuar la evaluación en un puesto de trabajo de un determinado contaminante industrial, bien sea de origen físico, químico o biológico, se obtienen unos valores numéricos que expresan las cantidades o concentraciones de contaminantes presentes. Estos datos junto con el tiempo a que el trabajador se encuentra expuesto a dicho contaminante, además de hábitos personales, etc. constituye lo que se denomina exposición a un contaminante.

La comparación de las concentraciones de exposición al contaminante con lo propuesto por el criterio de valoración define el RIESGO PARA LA SALUD.

Los métodos utilizados para la investigación de estos criterios llamados Niveles Admisibles están basados en:

- Estudios epidemiológicos.
- Estudios toxicológicos experimentales sobre animales.
- Especulaciones químico-toxicológicas: La analogía química.
- Ensayo con voluntarios en casos en que se midan efectos tóxicos menores.

Sin embargo, existen numerosas dificultades para llegar a su establecimiento, como son:

- Falta de uniformidad en la respuesta individual.
- Cantidad y variedad de contaminantes.
- Aparición de nuevas sustancias.
- Presencia simultánea de varios contaminantes.

Para el establecimiento de un valor límite con toda la información que nos proporciona lo anteriormente comentado, tendremos que contestar a dos cuestiones básicas: a. Qué efecto sobre la salud se establece como

admisible? b. Cual es el porcentaje teórico de la población expuesta que se está realmente protegiendo con dicho límite?.

El establecimiento del límite, puede realizarse con tres criterios diferentes, y según el que se utilice, dará lugar a interpretaciones distintas.

2.5.2.2.- Definiciones. Criterios de valores máximos admisibles

Con este criterio, se establece que la concentración de un contaminante en el lugar de trabajo no puede ser sobrepasada en ningún instante.

Criterio de valores promedios

Este criterio establece, que la concentración media de un contaminante en un determinado periodo, no puede superar un determinado valor límite.

Normalmente este periodo se considera 8 horas día, ó 40 horas semanales.

En cualquier caso, los criterios de valoración deben tomarse como una referencia orientativa y nunca como una barrera entre la salud y la enfermedad.

Criterio de cortos periodos de exposición

Este criterio establece, que la concentración media de un contaminante en un determinado periodo, no debe superar un determinado valor límite.

Normalmente este periodo se considera de 15 minutos.

2.5.2.3. Criterios de evaluación existentes en diferentes países. En la década de los 30, comienzan a desarrollarse en RUSIA, ESTADOS UNIDOS y ALEMANIA, los primeros estudios sobre límites de exposición, siguiendo el concepto de concentración máxima tolerable.

En 1.950 cuando la A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) publica por primera vez una propuesta de "Valores Límite Umbral" (Thershold Limit Values), conocidos mundialmente como TLV's, de gran impacto en el campo de la salud laboral, hasta tal punto que la Administración norteamericana toma parte en estos valores como Estándares Ambientales oficiales, denominándolos PEL (Permissible Exposure Limits).

Todos estos límites, están siendo revisados continuamente.

En Alemania, se siguen unos criterios parecidos, denominándose valores MAK (Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen).

Los valores de RUSIA responden al concepto de Concentración Máxima Permissible (MAC) con un significado de valor techo.

2.5.2.4. Situación en España. La situación actual en España, está recogida por un lado en el "Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas" (Decreto 2414/1961 de 30 de Noviembre publicado B.O.E. 7/3/62).

Este Reglamento establece una "Lista de concentraciones máximas permitidas en el ambiente interior de las explotaciones industriales" que, como su nombre indica, utiliza un criterio exclusivamente de valor techo.

Sin embargo, el continuo avance de los conocimientos sobre las sustancias, así como el continuo incremento de estas en el mercado han creado una situación de desfase, ya que el listado de este se ha quedado excesivamente corto, (contiene alrededor de 165 sustancias) y además no sea modificado desde su publicación, por lo que ha venido siendo práctica común en nuestro país durante los últimos años la aplicación de otros criterios, en general más exigentes normalmente los valores TLV's de la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) de los ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMERICA..

La publicación de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y del Decreto 39/1997, de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, que implican la utilización de valores límites de exposición para la valoración del riesgo debido a exposición a agentes químicos, y ante la situación existente, dio lugar a que el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) adoptase y publicase en 1998 unos "Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España".

Finalmente, señalar que la C.E.E. ha publicado 2 directivas relativas al establecimiento de valores límite ambiental, la 91/322/CEE y la 96/94/CEE.

En ellas hay un total de 50 agentes químicos con unos valores límite que son indicativos y que no es exigible su transposición a las legislaciones nacionales.

2.5.3. CRITERIOS DE LA ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) de los ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMERICA: TLV's.

Los valores límites permisibles son valores de referencia o contra los que hay que comparar un contaminante o elemento presente en un ambiente de trabajo, para saber si el valor esta aumentado o no, para luego tomar medidas correctivas.

2.5.3.1.- Definiciones

Se han definido tres categorías de TLV's.

TLV-TWA (Valor Limite Umbral-Media ponderada en el tiempo). Concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada normal de trabajo de 8 horas y una semana laboral de 40 horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin efectos adversos.

TLV-STEL (Valor Límite Umbral-Límite de Exposición de Corta Duración). Concentración a la que los trabajadores pueden estar expuestos, no mas de 15 minutos, sin sufrir 1) Irritación, 2) Daños crónicos, 3) Narcosis, en grado suficiente para aumentar la probabilidad de accidentes laborales. Las exposiciones por encima del TLV-TWA hasta el valor STEL además de no

superar los 15 minutos no deben de repetirse mas de 4 veces al día y debe de haber por lo menos un periodo de 60 minutos entre exposiciones sucesivas de ese rango, se podrían recomendar periodos de exposición distintos de 15 minutos cuando lo justifiquen los efectos biológicos observados.

TLV-C (Valor Límite Umbral-Techo). Es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento de la exposición durante el trabajo. Para su valoración se admiten muestreos de 15 minutos, excepto para aquellas sustancias que puedan causar irritación inmediata con exposiciones muy cortas.

2.5.3.2. Límites de desviación. Para la inmensa mayoría de sustancias que tienen TLV-TWA no se disponen de suficientes datos toxicológicos para garantizar un STEL, no obstante se deben de controlar las desviaciones o variaciones por encima del TLV-TWA. La recomendación dada es la siguiente:

Las desviaciones en los niveles de exposición de los trabajadores, no deben de superar tres veces el valor TLV-TWA durante más de 30 minutos en una jornada de trabajo, no debiéndose sobrepasar bajo ninguna circunstancia cinco veces dicho valor. En cualquier caso, debe de respetarse el TLV-TWA fijado.

Al revisar un gran número de encuestas sobre Higiene Industrial realizadas por el NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), Leidel y colaboradores encontraron que en general, las mediciones correspondientes a exposiciones de corta duración, tenían una distribución logarítmica normal con una desviación geométrica estándar que, la mayoría de las veces, fluctuaba entre 1,5 y 2.

La recomendación anterior es una simplificación considerable de la idea de la distribución logarítmica normal de las concentraciones, pero en la práctica de la Higiene Industrial se considera más cómodo su uso.

Si se mantienen las desviaciones de la exposición dentro de los límites recomendados, la desviación estándar de las concentraciones medidas, se aproximará a 2,0 lográndose el objetivo de las recomendaciones, por el contrario, su incremento, aunque se respete el TLV-TWA demuestra que el proceso está mal controlado.

2.5.3.3. Turnos de trabajo con horario especial. La aplicación de los TLV's a trabajadores con turnos de trabajo diferentes a las 8 horas/día ó 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 la Jornada Normal de trabajo.

Como orientación en la valoración del riesgo en estos casos, los Higienistas aplican el "Modelo Brief y Scala", o el "Modelo de la OSHA".

El Modelo Brief y Scala es el más conservador de los dos, reduciendo el TLV proporcionalmente tanto en el caso de un incremento del tiempo de exposición

como en la reducción que se produce en el tiempo de no exposición. El modelo OSHA, clasifica a los contaminantes por tipos de efectos tóxicos y recomienda procedimientos de ajuste diferentes para los límites de exposición, sobre esta base, incluyendo el ajuste cero.

Ambos modelos, se aplican generalmente a turnos de trabajo superiores a 8 horas/día o 40 horas/semana. No deben de usarse para justificar exposiciones muy elevadas como permisibles, cuando los periodos de exposición son cortos, por ejemplo: Exposición a 8 veces el valor TLV/TWA durante 1 hora, y el resto del turno de trabajo a exposición o, en estos casos, se deben de aplicar las limitaciones generales de los límites de desviación anteriormente expuestos para evitar el uso incorrecto de los mismos.

2.5.3.3.1. Modelo Brief-Scala. La corrección del TLV propuesto por este modelo se realiza a través de las siguientes fórmulas

Cómputo diario $F_{hd} \times hd_c = 8 \cdot 24 - 16$

Cómputo semanal $F_{hs} \times hs_c = 40 \cdot 168 - 128$

Siendo **F_c**: Factor de corrección

hd: horas/día

hs: horas/semana

Para conocer el valor del TLV corregido, basta con multiplicar el Factor de corrección calculado, por el TLV propuesto: $TLV_c = F_c \times TLV$

Inconvenientes del método: No considera la vida media biológica de las sustancias. Sobrestima el grado hacia el que el TLV debe de ser reducido. El Factor de corrección para una misma jornada de trabajo el igual para todas las sustancias.

La aplicación de este modelo es recomendable cuando los TLV,s están basados en efectos sistémicos y en casos de trabajos de 7 días/semana ó 35 horas/semana.

2.5.3.3.2. Modelo OSHA. Para utilizar correctamente este método, hay que utilizar previamente una serie de tablas para clasificar las sustancias a evaluar por categorías de toxicidad, así como los efectos sobre la salud, con el fin de determinar si un determinado PEL requiere ajuste o no. Una vez ajustado este, las fórmulas para corregirlo son las siguientes:

Cómputo diario $F_c \cdot hd = 8$

Cómputo semanal $F_c \cdot hs = 40$

Siendo el PEL corregido $PEL_c = PEL \times F_c$

2.5.3.3.3.- Modelo farmacocinetico de Hickey y Relst. Existen formas más complejas basadas en modelos farmacocinéticos con los cuales los higienistas mas familiarizados con estos pueden hacer una evaluación más exacta del riesgo en casos específicos. Para la aplicación de estos modelos se necesita

saber el valor de la vida media biológica de cada sustancia a evaluar y en algunos casos, otros datos adicionales.

Este modelo se basa en igualar la acumulación máxima de tóxico (acumulación pico) al final del último día de la semana. Para sustancias con vida media muy corta, la acumulación pico se alcanza muy rápidamente y es igual en todos los ciclos de trabajo. En las sustancias con vida media muy larga, el factor de corrección es proporcional al número de horas de exposición y no al modo en que estas están distribuidas.

La fórmula simplificada, para corregir el TLV, aplicada a ciclos diarios y semanales es:

Donde:

F_p = Factor de corrección

K = Constante de velocidad de eliminación de la sustancia en el organismo $K = \ln 2/t_{1/2}$

$t_{1/2}$ = Vida media biológica de la sustancia en horas.

t_1 = Horas/día

t_2 = 24 x días de trabajo a la semana.

El principal inconveniente de este método radica en la obtención de valores de la vida media biológica de las sustancias en el organismo.

2.5.3.4. Asfixiantes simples. No es posible recomendar un TLV para cada asfixiante simple, porque el factor limitador es el oxígeno disponible. En condiciones normales el contenido en oxígeno debe de ser el 18% en volumen. Las atmósferas deficientes en O_2 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 de tenerse en cuenta al limitar la concentración de asfixiante.

2.5.3.5. Sustancias cancerígenas. Sustancias de uso industrial que tienen una acción cancerígena sobre el hombre o que, bajo condiciones de experimentación adecuadas, han provocado cáncer en los animales. Las dividen en cinco categorías diferentes:

A1 - Cancerígenos confirmados en el humano: El agente es cancerígeno en los humanos de acuerdo con el peso de la evidencia de los estudios epidemiológicos, o en la evidencia clínica convincente, en los humanos expuestos.

A2 - Cancerígenos con sospecha de serlo en el humano: El agente es cancerígeno en los animales de experimentación a niveles de dosis, ruta(s) de administración, puntos de tipo histológico o por mecanismos que se consideren importantes en la exposición de trabajadores. Los estudios epidemiológicos disponibles son conflictivos o insuficientes para confirmar un aumento de riesgo de cáncer en los humanos expuestos.

A3 - Cancerígenos en los animales: El agente es cancerígeno en los animales de experimentación a dosis relativamente elevadas, ruta(s) de administración, puntos de tipo histológico o por mecanismos que se consideren importantes en

la exposición de los trabajadores. Los estudios epidemiológicos disponibles no confirman un incremento de riesgo de cáncer en los humanos expuestos. La evidencia existente sugiere que no es probable que el agente cause cáncer en los humanos excepto por rutas o niveles de exposición no frecuentes o poco probables.

A4 - No clasificados como cancerígenos en humanos: No hay datos adecuados para clasificar el agente en relación con su carcinogenicidad en los humanos y/o animales.

A5 - No sospechoso como cancerígeno en humanos: El agente no es sospechoso de ser cancerígeno en humanos basándose en los estudios epidemiológicos realizados adecuadamente en estos.

Las sustancias para las que no se disponen de datos de carcinogenesis en humanos o en animales de experimentación se las designa como no cancerígenas. La exposición a cancerígenos debe de ser mínima. Los trabajadores expuestos a los cancerígenos A1 sin valor TLV deben ser equipados adecuadamente para eliminar al máximo posible toda exposición. Para los cancerígenos A1 con valor TLV 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 TLV.

2.5.3.6. Sustancias de composición variable. La asignación de valores límites a sustancias de composición variable presenta algunas dificultades. Para el caso de humos de soldadura de baja toxicidad, se les ha asignado un TLV-TWA de 5 mg/m³. Para el caso de los productos resultantes de la descomposición del Politetrafluoroetileno (Teflón), no hay asignado todavía un TLV, estando pendiente la determinación de la toxicidad de los productos resultantes.

2.5.3.7. Mezclas de contaminantes. Cuando se presente el caso de que existan 2 ó más sustancias, deben de tenerse en cuenta sus efectos combinados mas que sus efectos propios individuales o aislados, los efectos deben de considerarse aditivos siempre que no exista información en sentido contrario.

Si la suma de las fracciones supera la unidad, se está superando el TLV de la mezcla aunque ningún compuesto supera el TLV, el TLV de la mezcla si que se supera.

Si existen razones de peso, para creer que los efectos principales de las diferentes sustancias son independientes, o bien cuando varios componentes de la mezcla producen efectos puramente locales en diferentes órganos del cuerpo humano, se considera que el TLV de la mezcla esta superado cuando cualquiera de las fracciones

5.3.8. Limitaciones de uso de los TLV's. La utilización de los TLV's debe de servir de guía en el control de los riesgos para la salud y no como línea divisoria entre concentraciones seguras y peligrosas.

En la práctica, lo mejor es mantener las concentraciones de todos los contaminantes atmosféricos, a un nivel lo mas bajo posible, a pesar de que no se crea probable que puedan sufrir efectos adversos graves a consecuencia de exposiciones a las concentraciones de los TLV's.

Estos límites se han establecido para ser utilizados en la práctica de la higiene industrial, y no pueden ni deben ser utilizados para otros objetivos como por ejemplo:

Como índice relativo y comparativo de toxicidad.

Valoración o control de la contaminación atmosférica de una población.

Estimación del potencial tóxico a exposiciones continuas.

Prueba de diagnóstico de enfermedad o condición física.

Para adopción de países cuyas condiciones de trabajo difieran de las de Estados Unidos. por inhalación de los agentes químicos incluidos en la lista de valores. Cuando uno de esos agentes se puede absorber por vía cutánea, sea por manipulación directa del mismo, sea a través del contacto con los vapores con las partes desprotegidas de la piel, y esta aportación puede ser significativa para la dosis absorbida por el trabajador, el agente en cuestión aparece señalado con la notación "vía dérmica". Esta llamada advierte, por una parte, de que la medición de la concentración ambiental puede no ser suficiente para cuantificar la exposición global y, por otra, de la necesidad de adoptar medidas para la prevención cutánea.

2.5.3.9. Valores límite ambientales-exposición diaria (VLA-ED). Es el valor de referencia para la exposición diaria (ED), entendiéndose esta como: La concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida, o calculada de forma ponderada con respecto del tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias.

La exposición diaria puede calcularse matemáticamente por la siguiente formula: $ED = \sum c_i t_i / 8$

Siendo c_i la concentración, t_i el tiempo de exposición, en horas, asociado a cada valor c_i

Nota. A efectos del calculo de la exposición diaria de cualquier jornada laboral, la suma de los tiempos de exposición que se han de considerar en el numerador de la formula anterior será igual a la duración real de la jornada en cuestión, expresada en horas.

Estos valores representan condiciones a las cuales se cree , basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 semanales, durante su vida laboral, sin sufrir efectos adversos.

Se han establecido teniendo en cuenta la información disponible, procedente de analogía físico-química de los agentes químicos, de los estudios de experimentación, de estudios epidemiológicos y de la experiencia industrial.

2.5.4.0. Valores límite ambientales-exposición corta duración (VLA-EC). Es el valor de referencia para la exposición de corta duración (EC), entendiendo esta como: La concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifiquen un periodo de referencia inferior, en la lista de Valores límite.

La exposición de corta duración puede calcularse matemáticamente por la siguiente fórmula: $EC = \sum c_i t_i / 15$

Siendo c_i la concentración i -ésima, t_i el tiempo de exposición, en minutos, asociado a cada valor c_i .

Nota: La suma de los tiempos de exposición que se han de considerar en la fórmula será igual a 15 minutos.

Lo habitual es determinar las exposiciones de corta duración (EC) de interés, es decir, las del periodo o periodos de máxima exposición, tomando muestras de 15 minutos de duración en cada uno de ellos. De esta manera las concentraciones muestrales obtenidas coincidirán con las buscadas.

2.5.4.1. Límites de desviación. Pueden utilizarse para controlar las exposiciones por encima del VLA-ED, dentro de una misma jornada de trabajo, de aquellos agentes químicos que lo tienen asignado. No son nunca límites independientes, sino complementarios de los VLA que se hayan establecido para el agente en cuestión, tienen un fundamento estadístico.

Para los agentes químicos que tienen asignado VLA-ED pero no VLA-EC, se establece el producto $3 \times VLA_ED$ como el valor que no deberá superarse durante más de 30 minutos en total a lo largo de la jornada de trabajo, no debiéndose superar en ningún momento el valor $5 \times VLA-ED$.

2.5.5. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE SUSTANCIAS SIN VALORES LÍMITE.

2.5.5.1.- Cálculo de límites a través de Información toxicológica

Mediante este procedimiento se pueden establecer un valor límite provisional a partir de los siguientes parámetros:

- Dosis tóxica mínima (DT_m)
- Dosis letal mínima (DL_m)
- Dosis letal 50 (DL_{50})

Estos parámetros generalmente vienen expresados en mg de xenobiótico por Kg. de peso.

Como márgenes de seguridad para la exposición humana se toma la 1/100 de la DT_m , 1/200 de la DL_m y 1/400 de la DL_{50} .

Los cálculos, en general, se realizan para un adulto humano de 75 Kg. De peso, suponiendo una frecuencia respiratoria de 20 l/min. y una jornada de 8 horas.

2.5.5.2. Calculo de límites a partir de analogía química. Se lleva a cabo comparando los datos toxicológicos del contaminante al que se pretende asignar un valor límite, con los de otra sustancia de estructura similar y con valor límite establecido. El siguiente ejemplo muestra el modo de proceder, de acuerdo con este procedimiento.

Se pretende asignar unos valores límite a dos éteres de glicol de uso industrial: 2-fenoxietanol y 1-fenoxi-2-propanol. De acuerdo con el estudio bibliográfico realizado, no hay evidencia de que los productos en cuestión sean carcinógenos, mutágenos o teratógenos. Tampoco se tiene evidencia de que sean sensibilizantes.

Ambos productos son ligeramente irritantes para la piel y las mucosas. La información toxicológica.

2.6. EVALUACION DE LA EXPOSICIÓN LABORAL

La realización de evaluaciones representativas de la exposición laboral a los contaminantes presentes en el aire es una tarea difícil. Sin embargo es necesaria para obtener información, evaluar y minimizar la exposición a agentes químicos, y requiere el diseño de una estrategia de muestreo adecuada, que nos permita obtener una estimación válida y representativa de la situación real.

Esta estrategia de muestreo ha de estudiar el número de muestras necesario y las características de las mismas para afirmar, con una determinada certeza, el nivel de riesgo existente. Esas características son fundamentalmente: duración de cada muestra, duración del periodo de muestreo, hora adecuada del muestreo, número de días necesarios para el mismo y frecuencia entre dos mediciones.

Los procedimientos de evaluación que tradicionalmente se ha seguido en España son la estrategia de muestreo diseñada por los americanos y basada en las publicaciones de N.A. Leidel que es un procedimiento estadístico y la determinación del % de dosis. Sin embargo, con el desarrollo de una Legislación Comunitaria, se están desarrollando una serie de normas entre las cuales se encuentra la Norma Europea EN 689, publicada en Febrero de 1995 y traducida al español y publicada en Marzo de 1996, sobre directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de medición.

2.6.1. DIRECTRICES GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A AGENTES QUÍMICOS. La realización de la evaluación de la exposición laboral a agentes químicos se

lleva a cabo mediante una técnica de encuesta higiénica que es la técnica de actuación en higiene industrial, y tiene como fin obtener la información necesaria que permita desarrollar las medidas de control, para eliminar las situaciones de riesgo.

Esta encuesta se realiza en varias fases:

- Centrado previo de problema.
- Identificación del riesgo.
- Cuantificación del riesgo: evaluación
- Toma de decisiones.

2.6.1.1. Centrado previo del problema. En esta fase se debe obtener la información necesaria para identificar las exposiciones potenciales y determinar los factores de exposición en el lugar de trabajo.

• Identificación de exposiciones potenciales:

- Productos manipulados:
- Materias primas.
- Impurezas.
- Productos intermedios.
- Productos finales.
- Determinación de los factores de exposición.
- Procesos de producción.
- Los ciclos y técnicas de trabajo.
- Las tareas del trabajo.
- La configuración del lugar de trabajo.
- Las medidas y procedimientos de seguridad.
- Las instalaciones de ventilación y otras formas de control técnico.
- Las fuentes de emisión.
- Los periodos de exposición.
- La carga de trabajo.
- El número de trabajadores potencialmente expuestos.
- Datos epidemiológicos.
- Etc.
-

Del análisis de todos estos factores se hará una identificación del riesgo potencial existente en el lugar de trabajo.

Toxicidad y riesgo no son sinónimos. Mientras que la toxicidad es una propiedad de la propia sustancia, el riesgo potencial derivado de su uso viene dado por:

A- Factores que afectan a las concentraciones de sustancias en el aire:

- El número de fuentes emisoras de agentes químicos;
- El ritmo de producción en relación con la capacidad de producción;
- El grado de emisión de cada fuente;
- El tipo y el emplazamiento de cada fuente;
- El tipo y el emplazamiento de cada fuente;
- La dispersión de los agentes debida al movimiento del aire;
- El tipo y la eficacia de los sistemas de extracción y ventilación;

- B- factores relacionados con actuaciones y comportamientos individuales;**
- La proximidad del individuo a las fuentes;
 - El tiempo de permanencia en cada zona;
 - Los hábitos individuales de trabajo;
 - La especial sensibilidad al agente por parte de alguna de las personas expuestas.

Con la recopilación de todos estos datos se realiza una estimación inicial de la situación en que se encuentra el lugar de trabajo. Cuando esta estimación inicial no permita excluir con certeza la presencia de un agente en el aire en el lugar de trabajo es necesario continuar la investigación con un estudio básico que nos proporcionara información cuantitativa sobre la exposición de los trabajadores afectados teniendo en cuenta, especialmente, las tareas con mayores exposiciones.

Las posibles fuentes de información son:

- Mediciones anteriores;
- Mediciones en instalaciones o en procesos comparables;
- Cálculos fiables basados en datos cuantitativos apropiados.

Si a pesar de todo la información obtenida no es suficiente para poder hacer una comparación válida con los valores límite, el estudio debe de completarse con mediciones en el propio lugar de trabajo, es decir, es necesario realizar un estudio detallado del lugar de trabajo.

2.6.1.2. Estrategia previa de medición. Como regla general, para obtener datos cuantitativos de las exposiciones, a través de la realización de mediciones, es preciso un enfoque que permita el uso más eficaz de los recursos.

Si los niveles de exposición son claramente inferiores o superiores a los valores límite, la confirmación de estas situaciones puede realizarse usando técnicas fáciles de aplicar y que pueden ser no tan precisas. Es frecuente en estos casos que la evaluación de la exposición laboral pueda concluirse sin investigaciones adicionales.

En otros casos, cuando se sospecha que las exposiciones están próximas al valor límite, será necesario emprender una investigación más precisa, utilizando al completo las capacidades técnicas instrumentales y analíticas de que se disponga.

En este caso hay que considerar tres apartados:

- Selección de trabajadores a medir.
- Selección de las condiciones de medida.
- Procedimiento de medida.

2.6.1.2.1. Selección de trabajadores. Cuando se realiza un estudio detallado del lugar de trabajo, en primer lugar hay que elaborar un programa de muestreo para todos los trabajadores que puedan estar expuestos.

Esto puede suponer un elevado coste del estudio, y para reducirlo al menos inicialmente, se suele realizar una selección de trabajadores para las mediciones de exposición. No es posible definir con precisión un procedimiento para la selección de un trabajador o de un grupo de trabajadores para las mediciones de exposición.

Sin embargo si se pueden dar unas directrices generales.

Una posibilidad es el muestreo aleatorio de trabajadores en el conjunto de la población expuesta. Sin embargo, desde un punto de vista estadístico, esto requiere un número relativamente grande de muestras. Además, en muchos lugares de trabajo, si se utiliza este procedimiento, hay un riesgo considerable de que puedan pasarse por alto pequeños subgrupos de personas altamente expuestas. Es preferible subdividir la población expuesta en grupos homogéneos de exposición que tendrán una variabilidad del nivel de exposición mucho menor.

En cualquier caso, como regla práctica, si la exposición de un trabajador es menor que la mitad o mayor que el doble de la media aritmética del grupo, hay que reexaminar los factores de exposición en el lugar de trabajo para determinar si la hipótesis de homogeneidad fue correcta.

Los grupos se seleccionan mediante un estudio crítico de los ciclos de trabajo y el examen de los resultados de los estudios preliminares.

Los agrupamientos tienen la ventaja práctica, de que los recursos pueden concentrarse en aquellos grupos de trabajadores con mayor exposición atendiendo a criterios como:

- Distancia a la fuente
- Movimientos del trabajador
- Movimientos del aire
- Operaciones de trabajo
- Tiempo de exposición

Con respecto al tamaño de la muestra, como regla general, el muestreo debería efectuarse, al menos, a un trabajador de cada diez en un grupo homogéneo adecuadamente seleccionado.

2.6.1.2.2. Selección de las condiciones de medida. Una vez establecida la situación en que se encuentra el puesto de trabajo y escogidos los trabajadores, se procede al muestreo con objeto de obtener el grado de contaminación que potencialmente tiene que soportar el trabajador.

Representatividad del muestreo.

El objetivo fundamental del muestreo será pues obtener resultados que respondan a las condiciones reales del ambiente en puesto de trabajo dando una estimación suficientemente aproximada de las concentraciones verdaderas a las que los trabajadores están expuestos.

En la práctica esto presenta una serie de dificultades que se pueden resumir en los siguientes puntos:

- La variación de las concentraciones ambientales puede ser fuerte incluso a cortas distancias.
- Los trabajadores pueden variar frecuentemente de posición y en ocasiones de actividad.
- Las condiciones de trabajo habitualmente varían a lo largo de la jornada de trabajo y entre diferentes días.
- La relación de volumen muestreado a volumen de aire ambiental es muy baja.
- El tiempo de muestreo es forzosamente limitado.
- Los aparatos y métodos de medición, toma de muestra y análisis introducen errores aleatorios inevitables.

Es pues necesario tener un conocimiento profundo de todos ellos para elegir un sistema de muestreo que permita obtener unos resultados representativos de la situación del trabajador expuesto.

Clases de muestreo. Ya hemos visto que la elección del tipo de muestreo es fundamental debido a la gran cantidad de factores que influyen sobre su Representatividad, y las distintas clases de contaminantes que se deben de captar. Por ello no puede hablarse de una clasificación única de los distintos métodos utilizados para la toma de muestras.

Los distintos métodos se pueden clasificar:

Por sus características:

De lectura directa

Captación del contaminante existente en una cantidad de aire medida.

Por el tipo de contaminante:

Polvos, humos, nieblas, etc.

Gases y vapores

Por la localización de la muestra:

Personal

Zona respiratoria

Ambiental

Por el tiempo de muestreo:

Muestras únicas periodo completo

Muestras consecutivas periodo completo

Muestras consecutivas periodo parcial

Muestras puntuales

Respecto a las dos primeras clases, posteriormente veremos los aparatos que se utilizan según la clase de muestra a tomar y por ello no merece la pena un mayor comentario.

Respecto a la localización de la muestra, hay que señalar que el muestreo ambiental no es aconsejable en higiene industrial como se ha demostrado en numerosos estudios.

El muestreo personal es el de mayor interés, pues permite un muestreo continuado en vías respiratorias, acompañando al trabajador al lugar a que se desplace.

El muestreo en zona respiratoria es adecuado, pero la exigencia de una segunda persona para portar el sistema de muestreo y mantenerlo en todo momento en la zona respiratoria del trabajador, lo hace adecuado sólo para muestras de corta duración.

La elección del tiempo de muestreo es crítica para la obtención de muestras representativas. La figura 6 muestra gráficamente los distintos tipos de muestras que se pueden tomar de acuerdo con su duración:

La muestra se toma durante un periodo de tiempo igual a aquel para el que está definido el standard. Normalmente este tiempo es de 8 horas para un standard TWA y 15 minutos para un standard techo.

Es un buen sistema de toma de muestra. Presenta el inconveniente de que hay que disponer de un método de toma de muestra/análisis que lo permita.

Muestras consecutivas periodo completo. Se toman varias muestras consecutivas de igual o diferente duración durante todo el tiempo para el que está definido el standard. Es la mejor estrategia de muestreo. Estadísticamente es preferible mayor o número de muestras consecutivas y periodos cortos de tiempo, pero económicamente el coste se incrementa fuertemente al incrementar el número de muestras. Conduce a unos niveles de confianza más estrechos en la estimación de la exposición.

Muestras consecutivas periodo parcial. Se obtienen una o varias muestras de igual o diferente duración durante una porción de tiempo para el cual está definido el standard. Debe hacerse el muestreo al menos un 70-80% del periodo completo. Su mayor problema es como considerar la porción de periodo no muestreado, ya que estrictamente hablando la medida sólo resulta válida para el periodo de tiempo cubierto por el muestreo.

Muestras puntuales. Son aquellas muestras de corta duración (generalmente minutos o segundos) que se toman a intervalos aleatoriamente distribuidos a lo largo del periodo de tiempo para el cual está definido el standard. Es la peor estrategia de todas para la valoración de la exposición diaria. Los límites de confianza son tan amplios que es preciso tener unos resultados de exposición muy bajos, para demostrar estadísticamente el cumplimiento de standard.

Si tuviera que realizarse este tipo de muestreo, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

El número mínimo de muestras a tomar, será de 5, recomendándose de 8 a 11 siempre que las condiciones de trabajo sean relativamente constantes.

Si las condiciones de trabajo varían mucho, deberán incrementarse sensiblemente el número de muestras.

La duración de cada muestra será el mínimo necesario para recoger suficiente cantidad de muestra para análisis. Los periodos en los cuales se realizaran los muestreos se seleccionarán de forma aleatoria.

2.6.1.2.3. Modelo para la medición. El modelo para la medición puede estar influenciado por ciertos problemas prácticos, tales como la frecuencia y la duración de algunas tareas, y el uso óptimo de los recursos analíticos y de la higiene industrial. Dentro de estas limitaciones, el muestreo debe de organizarse de manera que los datos sean representativos de las tareas identificadas por periodos conocidos.

Esto es particularmente importante en muchos lugares de trabajo, donde las tareas cambian durante el periodo de trabajo, lo que puede implicar interrupciones y no poder alcanzar una duración de 8 horas a lo largo de la jornada.

Siempre que, durante un período de trabajo, el perfil de la concentración no cambie de forma significativa, pueden seleccionarse los tiempos de muestreo que no cubran el período completo. En la practica, la duración de un muestreo individual viene determinada por las limitaciones del método de toma de muestra y análisis.

Sin embargo, el tiempo no muestreado es el principal punto débil en la credibilidad de cualquier medición de exposición. Durante este tiempo, es necesaria una observación cuidadosa de los hechos. La hipótesis de que no han ocurrido cambios durante el período no muestreado tiene que ser examinada siempre de forma crítica.

Si una exposición se caracteriza por presentar picos de concentración, éstos tienen que evaluarse de acuerdo con los requisitos de los límites de corta duración, si los hubiere. También debe de tenerse en cuenta, el hecho de que los trabajadores puedan estar expuestos de forma simultánea o consecutiva a más de un agente.

2.6.1.3.4. Procedimiento de medida. El procedimiento de medida debe de dar resultados representativos del trabajador. Para ello la exposición debe de medirse utilizando equipos para el muestreo personal fijados en el individuo.

El procedimiento de medida debería incluir:

- Los agentes;
- El procedimiento de muestreo;
- El procedimiento analítico;
- El(los) emplazamiento(s) del muestreo;
- La duración del muestreo;
- La distribución en el tiempo y el intervalo de las mediciones;

- Los cálculos que proporcionan la **concentración** de la exposición laboral, a partir de los resultados analíticos individuales;
- Las instrucciones técnicas adicionales adecuadas a las mediciones;
- Las tareas a controlar.

2.6.3. METODO ESTADÍSTICO

En general se considera que la **variación** de las concentraciones en un puesto de trabajo tanto intra como interdías, esta lo normalmente distribuida, mientras que los errores de muestreo y análisis adoptan una distribución normal.

Una distribución normal se caracteriza por el valor medio y la desviación típica. El valor medio coincide con la media aritmética, y la desviación típica estima la dispersión de los diferentes valores medidos en torno al valor medio.

La distribución Lognormal está caracterizada por la media geométrica y la desviación típica geométrica. Esto es, la transformación logarítmica de los datos de una distribución lognormal se dispone normalmente.

La variación de los datos ambientales puede ser repartida en tres componentes mayoritarios:

Errores del método de muestreo

Errores del método de análisis

Variaciones ambientales con el tiempo

Las dos primeras son normalmente conocidas, y siguen una distribución normal como se ha dicho anteriormente, caracterizada por su media y su desviación típica. En la práctica se utilizan las concentraciones relativas y desviación típica relativa conocida comúnmente como coeficiente de variación, para que la distribución sea independiente del standard elegido:

Se utiliza como un índice de dispersión, de manera que dentro de los límites comprendidos entre la media verdadera, mas o menos dos veces el coeficiente de variación, se encontrarán aproximadamente el 95% de los datos medidos.

Un laboratorio debe de conocer los coeficientes de variación del aparato de muestreo (CVp) y el coeficiente de variación de método analítico (CVa). El coeficiente de variación total será: $CV_t = \sqrt{(CV_p)^2 + (CV_a)^2}$

MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS/ANÁLISIS C. V.

- Tubos colorimétricos 0,14
- Medida del caudal en bombas personales con rotámetro (muestreo solamente) 0,05
- Tubos de carbón activo (toma de muestras/análisis) 0,10
- Asbestos (toma de muestras/contaje) 0,24 - 0,38
- Polvo respirable, excepto en minas de carbón (toma de muestras/análisis) 0,09
- Polvo total (toma de muestras análisis) 0,05

Las variaciones ambientales de las concentraciones adoptan una distribución lognormal, debido a una serie de condicionantes entre los que caben destacar:

Las concentraciones que se encuentran pueden cubrir un amplio rango de valores, con frecuencia, de varios ordenes de magnitud incluida la concentración cero.

La variación de las concentraciones medidas puede ser del mismo orden de tamaño que el valor medio.

Hay una probabilidad finita de encontrar valores muy altos.

Por tanto, estas variaciones que tienen lugar tanto en el día o entre días, se caracterizarán mediante la desviación típica geométrica (DTG). Una DTG de 1,0 indica ausencia de variabilidad en el ambiente. Una DTG de 2,0 o superior, indica una variabilidad relativamente alta.

2.6.3.1. Parámetros utilizados. Es imposible conocer el valor verdadero de la concentración, pero si es posible determinar los extremos superior e inferior de un intervalo, que con una determinada posibilidad incluyan el valor verdadero

2.6.3.1.1 Límites de confianza. . Estos extremos son los llamados límites de confianza superior (LCS) e inferior (LCI) que se utilizan en la valoración de los resultados obtenidos.

El método de obtención de estos límites de confianza, variará según la estrategia de muestreo realizada.

La verificación del cumplimiento o no con el standard es clasificada según la siguiente forma:

CLASIFICACIÓN DEFINICION CRITERIO ESTADÍSTICO.

A - NO CONFORME. Existe un 95% de posibilidades (basado en las mediciones de que un trabajador esté expuesto a concentraciones superiores al standard $LCI(95\%) > STD$.

B – INDECISIÓN. Cualquier situación que no pueda ser clasificada en A ó en C

C – CONFORME. Existe un 95% de posibilidades (basado en las mediciones) de que la exposición del trabajador sea inferior al standard $LCS (95\%) < STD$

Pues bien, si x es la concentración media ponderada, para el caso de muestras consecutivas periodo completo o parcial, o la media relativa en el caso de muestra única periodo completo, tenemos que:

Si $LCI > 1$, el puesto se clasifica como NO CONFORME

Si $X / STD > 1$ y $LCI < 1$ ó SI $X / STD < 1$ y $LCS > 1$ el puesto se clasifica como INDECISIÓN

Si $LCS < 1$ el puesto se clasifica como CONFORME

Con objeto de realizar una programación de muestreos sistemáticos, se realiza una clasificación más completa teniendo en cuenta el nivel de acción.

Como nivel de acción se define a la concentración por debajo de la cual se considera que no existe exposición, y por tanto ninguna acción de control es necesaria. Usualmente se utiliza la mitad del TLV.

La figura 9 nos da la clasificación teniendo en cuenta el nivel de acción.

2.6.3.1.2. Calculo de los límites de confianza. Muestras consecutivas periodo completo o muestras consecutivas periodo parcial.

1) Cuando las concentraciones ambientales obtenidas son uniformes, la distribución es de tipo normal.

Si las concentraciones obtenidas son: x_1, x_2, \dots, x_n durante los tiempos t_1, t_2, \dots, t_n

La concentración media ponderada en el tiempo de muestreo será:

$$\bar{x} = \frac{x_1 t_1 + x_2 t_2 + \dots + x_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

y los límites de confianza se calculan mediante las expresiones

$$LCS = \bar{x} + \frac{1.645}{\sqrt{n}} \cdot s$$

$$LCI = \bar{x} - \frac{1.645}{\sqrt{n}} \cdot s$$

En el caso de una muestra única se convierte en las expresiones.

$$LCS = \bar{x} + 1.645 \cdot s$$

$$LCI = \bar{x} - 1.645 \cdot s$$

Este procedimiento es exacto con un nivel de confianza del 95%

2) Cuando las concentraciones obtenidas no son uniformes, la distribución que seguirán será del tipo lognormal.

En este caso los límites de confianza vienen dados por las expresiones:

$$LCS = \bar{x} + \frac{1.645}{\sqrt{n}} \cdot s \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right)^{1/n} \cdot \left(\frac{1}{s} \right)^{1/n} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right)^{1/n} \cdot \left(\frac{1}{s} \right)^{1/n}$$

$$LCI = \bar{x} - \frac{1.645}{\sqrt{n}} \cdot s \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right)^{1/n} \cdot \left(\frac{1}{s} \right)^{1/n} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right)^{1/n} \cdot \left(\frac{1}{s} \right)^{1/n}$$

Este procedimiento no es exacto y normalmente tiene un nivel de confianza mayor del 95%, sobrestimando el error de muestreo en la concentración media.

Esto es para una misma x , este procedimiento de cálculo dará un mayor LCS y un menor LCI

Muestras Puntuales. 1) Pequeño número de muestras (menos de 30 durante toda la jornada).

Sea x_1, x_2, \dots, x_n ($n < 30$) los resultados de las muestras puntuales tomadas en n periodos aleatoriamente elegidos durante la jornada.

Calculamos los valores relativos de las concentraciones obtenidas, dividiendo su valor por el standard

$$x_i = \frac{x_i}{s}$$

a este valor le llamaremos concentración relativa.

Para estimar la exposición media relativa.

2) Gran número de muestras (más de 30 muestras durante toda la jornada) sean x_1, x_2, \dots, x_n los valores de concentración de las muestras obtenidas.

Calculamos las concentraciones relativas $X_i = \frac{x_i}{s}$

2.6.3.1.3. Probabilidad de sobreexposición. Como se ha comentado anteriormente, la variabilidad ambiental entre días, es grande, por lo que resulta de gran interés para un correcto control de la situación ambiental de un puesto de trabajo, ver cual es la probabilidad de que en un momento determinado se pueda superar el standard establecido.

La probabilidad de sobreexposición es un indicador cuantitativo del riesgo higiénico. Representa el porcentaje de veces (o tanto por uno) que la concentración del agente químico considerado sobrepasa el valor límite.

El método de cálculo está basado en que la distribución que siguen las concentraciones medias obtenidas en distintos días, es de tipo lognormal.

2.6.4. NORMA UNE EN 689. Publicada en Marzo de 1996, la norma UNE-EN 689 es traducción de la norma europea EN 689 y ha sido adoptada con el rango de Norma nacional.

Básicamente el fundamento de la norma es realizar una evaluación de la exposición laboral (EEL) y en función del resultado corregir la situación si es superior al valor límite (VL), realizar mediciones periódicas si es inferior al valor límite pero existe cierto grado de exposición, o simplemente controlar (sin medir) que la exposición se mantiene suficientemente alejada del VL.

Todo el peso recae en la EEL, y, por ello, se definen estrategias y metodologías tanto para la evaluación como para la realización de las mediciones.

Para la EEL describe tres etapas que progresivamente requieren mayor complejidad, por lo que cuanto antes se puedan obtener conclusiones, menor esfuerzo requerirá la evaluación.

2.6.4.1. Estimación inicial de la exposición. Da una aproximación de las características de la exposición haciendo un estudio de las distintas variables que puedan afectar a las concentraciones de las sustancias en los lugares de trabajo y cuya descripción ya hemos visto anteriormente. Si en esta etapa se está en condiciones de asegurar que la exposición esta muy por debajo del VL, y que esta situación se mantendrá con el tiempo, se puede dar por terminada la evaluación, en caso contrario se pasara a realizar un estudio básico.

2.6.4.2. Estudio básico. Consiste en recopilar información cuantitativa sobre resultados recientes de mediciones o datos provenientes de procesos comparables. Si, como en el caso anterior, se puede alcanzar una conclusión similar a la enunciada en el apartado anterior, la EEL se podrá dar por concluida, sino habrá que realizar un estudio detallado.

2.6.4.3. Estudio detallado. Este tipo de estudio, que requiere la utilización de mayores recursos para su realización, da una información cuantitativa de la exposición.

En esta etapa debe de tenerse en cuenta la estrategia de la medición, seleccionando los trabajadores a muestrear, las condiciones de la medición y diseñando el modelo de la medición de tal manera que los datos obtenidos sean representativos de la situación real.

Para la selección de trabajadores recomienda la confección de grupos homogéneos de exposición.

Con respecto de las condiciones de medición, se recomienda el muestreo personal a jornada completa, durante suficientes días y diferenciando las fases laborales mediante muestras diferentes.

El modelo de medición debe de recoger las conclusiones de las anteriores selecciones quedando plasmado en un "procedimiento de medición".

La conclusión del EEL, no es una simple comparación de la concentración de la exposición laboral (CEL) con el VL, sino que debe de establecer las acciones a tomar, bien sea dar por concluido el estudio por ausencia de riesgo, adopción de medidas preventivas cuando se supera el VL, o mediciones periódicas (MP) si la CEL siendo inferior al VL requiere vigilancia posterior.

De acuerdo con la norma, hay dos maneras diferentes para alcanzar conclusión de la EEL:

2.6.4.3.1. Comparación de la CEL con el VL. Calcular la concentración de la exposición laboral (CEL), como media ponderada en el tiempo de las concentraciones de las muestras tomadas

Calcular el índice de exposición a la sustancia: $I_{CEL/VL} =$

- a) Si $I \leq 0.1$, en la primera jornada de trabajo evaluada, la exposición es inferior al límite.
- b) Si $I \leq 0.25$ al menos en tres jornadas de trabajo diferentes, la exposición es inferior al límite
- c) Si $I \leq 1$ al menos en tres jornadas de trabajo diferentes, y su media geométrica es ≤ 0.5 , la exposición es inferior al límite.
- d) Si $I > 1$, la exposición es superior al valor límite.

- a) En cualquier otro caso, el procedimiento no conduce a ninguna decisión.

Si se cumple cualquiera de las condiciones a), b), o c) la EEL puede considerarse como concluida, y en los casos c) y d) la CEL puede interpretarse como la primera medición periódica.

2.6.4.3.2. Criterios estadísticos. La norma recomienda dos tipos de estudios: Gráficos de probabilidad: Este tipo de gráficos dan información sobre el tipo de distribución que tienen los valores de concentración obtenidos. Para calcular la probabilidad de sobreexposición. Los cálculos matemáticos se realizan de manera análoga a la descrita en el método estadístico.

Media ponderada móvil: para ver tendencias.

Una vez realizados los cálculos, y de acuerdo con la probabilidad de sobreexposición calculada, las situaciones que se pueden encontrar son las siguientes:

Situación verde: con una probabilidad $P \leq 0.1\%$ no son necesarias más mediciones y se puede dar por concluida la EEL.

Situación naranja: con una probabilidad $0.1\% < P \leq 5\%$ son necesarias mediciones periódicas.

Situación roja: con una probabilidad $P > 5\%$ hay que adoptar medidas para la reducción de la exposición.

Los valores umbrales de probabilidad se ofrecen únicamente como guía. Se permitiría una cierta tolerancia para tomar decisiones.

2.6.4.4. Mediciones periódicas. Una vez realizado el estudio estadístico de las concentraciones medidas en los lugares de trabajo, se puede plantear la conveniencia de la elaboración de un programa de mediciones periódicas.

El principal interés de las mediciones periódicas está en objetivos a largo plazo, tales como la comprobación de que las medidas de control permanecen eficaces. La información obtenida probablemente indicara las tendencias o los cambios de la exposición permitiendo que puedan tomarse medidas antes de que ocurran exposiciones excesivas.

El intervalo entre mediciones debería establecerse, una vez consideradas las siguientes situaciones:

Los ciclos de procesos, incluyendo en ellos condiciones de trabajo normales;

Las consecuencias de fallos en los dispositivos de protección;

La proximidad al valor límite;

La eficacia de los controles de los procesos;

El tiempo requerido para restablecer la situación normal;

La variabilidad temporal de los resultados.

El establecimiento de un calendario de mediciones periódicas se hace definiendo en primer lugar una unidad de tiempo (siempre inferior o igual a una semana). La periodicidad inicial se define igual a 8 unidades de tiempo.

El intervalo máximo de tiempo hasta la próxima medición periódica depende del resultado de la medición anterior.

El calendario básico de mediciones periódicas se puede confeccionar de acuerdo con los siguientes criterios:

64 semanas si la CEL no excede 1/4 del VL.

32 semanas si la CEL excede 1/4 del VL pero no excede de 1/2 del VL

16 semanas si la CEL excede de 1/2 del VL pero no excede el VL.

Las mediciones periódicas deben llevarse a cabo en las condiciones normales de trabajo. Esto puede implicar que el programa de trabajo puede cambiarse a criterio profesional.

Si una CEL excede al valor límite, debe identificarse la causa por la que se ha superado y deben de tomarse las medidas apropiadas para la reducción de la exposición tan pronto como sea posible.

El calendario inicial puede modificarse de acuerdo con los resultados de las mediciones:

El resultado de cada medición periódica (C) se compara con cuatro niveles de referencia:

N1 = 0.40 VL

N2 = 0.70 VL

N3 = 1.00 VL

N4 = 1.50 VL

Las decisiones posibles se resumen así:

Situación Resultados de las mediciones periódicas Decisión

1 $C \leq N1$ dos veces consecutivas Las tres mediciones programadas siguientes no se efectúan.

2 $C \leq N2$ Se continua según el calendario básico.

3 $N2 < C \leq N4$ Una medición adicional durante la unidad de tiempo.

4 $N2 < C \leq N4$ para dos unidades de tiempo consecutivas. Se efectúa una medición adicional en cada uno de los 4 intervalos programados siguientes. Si este intervalo es una unidad de tiempo, deben de aplicarse medidas inmediatas para reducir la exposición.

5 $N3 < C \leq N4$ dos veces consecutivas Actuación inmediata para reducir la exposición.

6 $C > N4$ Actuación inmediata para reducir la exposición.

En las situaciones 3 y 4, si $C > N3$, deben identificarse las razones por las que el valor límite se ha excedido y deben de tomarse las acciones apropiadas para remediar la situación tan pronto como sea posible.

2.6.5. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS. Este parámetro compara la concentración media del contaminante (C) frente al valor límite (VL), así como el tiempo de exposición (T) con las duración de una jornada normal de trabajo (8 horas diarias) correspondiente al tiempo para la que habitualmente viene definido el valor límite. Se expresa en porcentaje y corresponde a la expresión:
 $\%DOSIS = C/VL \times T/8 \times 100$

En su mas estricto significado, cifras superiores al 100% indican que la concentración media del contaminante ha sobrepasado el valor limite, mientras que valores inferiores al 100% indican que la concentración media no ha superado dicho VL durante la jornada de trabajo.

En el caso de que se encuentren en la atmósfera de trabajo varios contaminantes cuyos efectos sobre el organismo se consideren aditivos, el porcentaje de DOSIS a tener en cuenta es la suma de los % de DOSIS de cada sustancia. Conviene precisar que el porcentaje de DOSIS es simplemente un indicador numérico de la exposición media por vía inhalatoria, que si bien contempla el tiempo de exposición como elemento condicionante del riesgo higiénico, no considera la variabilidad de la concentración en el transcurso de la

jornada laboral. Con el fin de paliar esta limitación, se suele tomar el 50% de DOSIS como nivel de acción, a partir del cual se adopta algún tipo de medida de vigilancia o acción correctora.

2.7. MÉTODOS Y APARATOS DE TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS

El método y los aparatos utilizados para las evaluaciones dependerán del factor de riesgo a evaluar y de la forma de presentación del mismo.

2.7.1. TOMA DE MUESTRAS. Básicamente existen dos tipos de aparatos de medida.

- De lectura directa: dan el resultado "in situ".
- Captadores de contaminantes: el análisis hay que realizado posteriormente en el laboratorio.

2.7.2. SISTEMAS DE LECTURA DIRECTA. Se utilizan para análisis cuantitativos detectando y dando directamente el resultado analítico.

Conímetro.- Sirve para evaluar orientativamente el polvo suspendido en aire. El fundamento es el siguiente: el aire contaminado, es obligado a pasar mediante un émbolo a través de una tobera donde, debido a su poca sección, se acelera, siendo proyectado finalmente sobre unas placas de vidrio ligeramente engrasadas donde quedan adheridas las partículas. El contaje se realiza mediante un microscopio que incorpora el propio aparato.

Tubos colorimétricos.- Son tubos de vidrio rellenos de un material poroso impregnado de un reactivo químico. Al pasar el aire contaminado, entra en contacto con el reactivo dando una sustancia coloreada. La concentración se determina generalmente midiendo la longitud que alcanza la coloración en una escala que se halla impresa en el propio tubo.

Los tubos, que son específicos para cada contaminante, son acoplados a la entrada de un sistema de aspiración manual, tipo fuelle, que aspira un volumen de aire conocido, usualmente 100 cc., debiéndose efectuar un determinado número de carreras según el contaminante.

El inconveniente principal que tienen es su poca precisión (tienen un error admitido de hasta el 25%) por lo que se les debe considerar como un sistema semicuantitativo. Además pueden tener interferencias que hay que controlar.

Muestreadores específicos de precisión: Permiten detectar de manera directa y precisa, la concentración ambiental de un contaminante. Se componen de un elemento sensor, cuyo funcionamiento se basa en principios físicos o químicos diversos (eléctricos, electromagnéticos, electroquímicos, etc.). En presencia del agente químico, el sensor genera una señal eléctrica que es función de su concentración que queda recogida en un registro.

2.7.3. SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE CONTAMINANTES. El esquema básico es el siguiente: A continuación, describimos brevemente algunos de los tipos comerciales que habitualmente se usan, y las aplicaciones más comunes.

2.7.3.1. Tubos adsorbentes. Son sustancias sólidas granuladas dentro de un tubo de vidrio, que debido a su elevada actividad superficial, retienen al

contaminante por adsorción, resultando muy aptos para la captación de gases y vapores.

Los mas utilizados son tubos de carbón activo de 7 cm. de longitud y 4 mm. De diámetro interior que contienen dos secciones con carbón activo de 20/40 mallas. La primera sección contiene 100 mg. y es la que retiene el contaminante. La segunda tiene 50 mg. y sirve de testigo.

Se utiliza fundamentalmente para la captación de vapores de tipo orgánico provenientes de disolventes, desengrasante, estireno, etc.

Existen una gran variedad de tubos adsorventes normalmente diseñados para la captación de un determinado contaminante o grupo de contaminantes de un diseño similar al tubo de carbón activo. Rellenos de productos como el de gel de sílice y resinas sintéticas (XAD, Tenax, etc.)

2.7.3.2. Sistemas de filtración. Mediante este sistema, la retención de partículas del contaminante se produce sobre un soporte material o membrana porosa, también denominada filtro.

Los filtros se colocan en un portafiltros (cassette) de tres cuerpos sobre un cartón poroso que sirve de soporte.

Los tipos de filtro más utilizados son los siguientes:

Filtros de PVC: Se fabrican de numerosos tamaños y diámetros de poro. Los mas usados son de 37 mm. de diámetro y 5 μm . de tamaño medio de poro.

Estos filtros se montan en un cassette de plástico de triple cuerpo con un soporte de celulosa.

Se utiliza para la captación de polvos, humos, etc. y posterior análisis gravimétrico.

AIRE CAPTADOR

MEDIDOR

DE FLUJO ASPIRADOR

Cuando lo que se pretende recoger es alguna de las fracciones del polvo en suspensión, normalmente la fracción respirable, se utiliza en combinación con un ciclón que tenga el diseño que se pare las partículas de acuerdo con las convenciones de Johannesburgo.

Filtros de esteres de celulosa : Este tipo de filtros también se fabrican de diversas medidas y tamaños. Los mas utilizados son los de 37 mm. De diámetro y 0.8 μm . de tamaño de poro, montados sobre un cassette de plástico de triple cuerpo con un soporte de celulosa.

Se utilizan para la captación de metales como Pb, Cd, Zn, etc. , pero no se pueden usar en análisis gravimétricos por ser higroscópicos.

También se utilizan este tipo de filtros para la captación de fibras de amianto, siendo en este caso de 25 mm. de diámetro y 1.2 μm . de tamaño de poro montado sobre un cassette de triple cuerpo y soporte de celulosa, al que se le retira la tapa delantera y se le añade un tubo protector de 44 mm. de longitud.

Filtros de teflón: Son muy estables y resistentes a los ácidos y a los disolventes orgánicos. Estas propiedades, junto con su naturaleza hidrofóbica, los hace

muy útiles para la captación de contaminantes como los hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Filtros de fibra de vidrio: Están compuestos de microfibras de vidrio borosilicatado, pudiendo llevar o no un ligante a base de resinas acrílicas. Son útiles para la captación de algunos plaguicidas.

2.7.3.3. Otros sistemas de captación. Impinger: Son recipientes de vidrio, con una determinada cantidad de un líquido capaz de absorber el contaminante que se debe de recoger, y en el que aire contaminado.

Su uso es cada vez menos frecuente debido a los riesgos de rotura que hay durante su utilización, pérdida de líquido por evaporación, etc.

Se utiliza para la determinación de nieblas de ácido fosfórico, isocianatos, etc.

2.7.3.4. Bombas. Alto y medio caudal: Son bombas cuyo caudal de utilización oscila normalmente entre los 0.5 l/min y lo 3 l/min.

La regulación de caudal, que antiguamente era mediante rotámetro, es normalmente electrónica. Sirven para tomar muestras durante periodos de tiempo de 8 o más horas. Funcionan mediante baterías recargables.

Bajo caudal: El caudal de este tipo de bombas es de hasta 200 cc/min con regulación electrónica del mismo. Se utilizan, normalmente, en combinación con los tubos adsorbentes.

Calibración de las bombas: El control de las bombas y su caudal de aspiración antes, durante y después de la toma de muestra es fundamental para la validez y representatividad de los mismos, no aceptándose variaciones de caudal mayores del 5 %.

El procedimiento mas utilizado es el flujómetro de pompa de jabón que es una bureta invertida de vidrio, cuyo extremo inferior esta en contacto con una disolución de agua jabonosa y, la superior se conecta a la unidad de muestreo mediante un tubo flexible. Al poner en funcionamiento la citada unidad, se produce una burbuja que asciende por la bureta y mediante un cronometro se mide el tiempo que tarda en pasar entre dos aforos.

En la actualidad existen equipos electrónicos basados en el mismo principio, en los que la medida se lleva a cabo por medio de células fotoeléctricas.

2.7.3.5. Muestreadores pasivos. El muestreo de monitores pasivos constituye un procedimiento para obtener muestras ambientales, que sirvan para su posterior análisis en el laboratorio, sin forzar el paso del aire a través del captador.

El fundamento teórico de estos dispositivos descansa en los fenómenos de permeación y difusión. Estos fenómenos explican la capacidad que tienen para atravesar una membrana sólida con una permeabilidad específica dada, (Ley

de Henry) y la tendencia que tienen las moléculas de un gas a repartirse uniformemente en el seno del otro (1ª Ley de Fick).

En la práctica, los diferentes fabricantes comercializan modelos de distintas geometrías, sobre la base de ambos fenómenos.

La masa total de contaminante transferido desde el aire al muestreador pasivo viene dado por la expresión: donde:

M = Masa total transferida

D = Coeficiente de difusión

A = Área superficial del muestreador

L = Camino de difusión

C = Concentración ambiental

t = Tiempo de muestreo

A la expresión: se le denomina caudal equivalente **Q** y representa el volumen de aire muestreado que contiene la misma cantidad de contaminante que capta el muestreador por segundo. Deben ser especificados por el fabricante para cada producto a muestrear.

2.7.4. ANÁLISIS. Después del muestreo, la sustancia necesita de un análisis para determinar con exactitud de qué tipo de sustancia se trata, para esto se utilizan técnicas y métodos analíticos.

2.7.4.1. Características. En Higiene Industrial se utilizan una serie de técnicas analíticas cuyas características fundamentales son:

- Gran sensibilidad, pues se opera con muestras de muy baja concentración.
- Rapidez y seguridad en los resultados.
- Necesidad de preparación previa de las muestras por procedimientos determinados tanto por la técnica a utilizar como por el contaminante a analizar.
- Utilización de reactivos especiales y limpieza adecuada del material.
- La elección de la técnica adecuada para la realización de una determinación, esta condicionada por el contaminante, exactitud de los resultados y posibles interferencias.
- Coste elevado tanto de los equipos como de su mantenimiento.

2.7.4.2. Técnicas analíticas más utilizadas. Se utilizan diversas técnicas entre las cuales están:

Gravimetrías: determinación de polvos y humos. Espectrofotometría de absorción atómica: Determinación de metales. Espectrofotometría Visible-UV: Determinación de diversos compuestos. Potenciometrías: Determinación de aniones como fluoruros, cianuros etc.

Espectrofotometría de infrarrojo: Determinación de sílice.

Difracción de rayos X: Determinación de sílice.

2.8. CONTROL DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS

Se entiende por control a la eliminación o reducción de la contaminación ambiental por debajo de los valores límite aceptados.

Para conseguir este propósito, se puede actuar sobre tres puntos:

- Sobre el foco de generación de contaminante.
- Sobre el medio de difusión del contaminante.
- Sobre el receptor del contaminante

2.8.1. ACTUACIONES SOBRE EL FOCO DE CONTAMINANTE. Se denominan controles técnicos y se debe tener en cuenta la tarea realizada por el trabajador. Se presentan varias formas de actuación:

Sustitución del producto: Básicamente consistirá en cambiar un material mas tóxico por otro menos tóxico. El cambio de las condiciones físicas de los materiales (ejemplo, utilizar briquetas en vez de polvo) también sería un ejemplo de este control.

.Modificación del proceso. Por ejemplo, la pintura por rociado electrostático comporta un menor riesgo higiénico que la pintura por aire comprimido.

Encerramiento o enclaustramiento. Colocar una barrera física entre el foco y el operario.

Métodos húmedos. Es uno de los métodos más sencillos de control de polvo.

Extracción localizada. Son sistemas que captan los contaminantes en su lugar de origen, antes de que puedan pasar al ambiente de trabajo.

Los componentes básicos de un sistema de extracción localizada son los siguientes:

- Campana: Es un elemento diseñado para encerrar total o parcialmente el foco contaminador o para guiar el flujo de aire de forma adecuada, consiguiendo así capturar el contaminante.
- Conducto: Su misión es proveer un canal para que el aire contaminado extraído por la campana, fluya hacia el punto de descarga.
- Purificador: Es un elemento destinado a separar el contaminante del aire extraído, para que este cumpla los requisitos de "Calidad de emisión".
- Extractor: Constituido por el ventilador y su motor, es la unidad de movimiento del aire.
- Los tipos de ventilador mas frecuentemente utilizados son:
 - Centrífugos, para vencer perdidas de carga elevadas.
 - Helicoidales, dan grandes caudales a bajas presiones.

2.8.2. ACTUACIÓN SOBRE EL MEDIO DE DIFUSIÓN DEL CONTAMINANTE. Cuando las medidas tomadas sobre el foco contaminante son imposibles o son insuficientes, se deben hacer sobre el medio.

Orden y limpieza. El polvo acumulado en el puesto de trabajo puede volver a la propia atmósfera por cualquier corriente de aire, incluso la producida por el propio movimiento del operario.

Ventilación general. Consiste en la **introducción** o extracción de aire en las naves de trabajo con objeto de mantener la concentración en los niveles adecuados (dilución del contaminante)

Aumento de distancias. Cuanto más alejado este un operario del foco de contaminación, menor es la concentración del contaminante en el aire.

2.8.3. ACTUACIÓN SOBRE EL RECEPTOR DEL CONTAMINANTE. Las actuaciones en el receptor están justificadas cuando las utilizadas sobre el foco y sobre el medio no son suficientes o son imposibles.

Entrenamiento e instrucción. Importante no solo para los trabajadores, sino también para la dirección de la empresa.

Disminución del tiempo de exposición. De esta manera se puede conseguir que la cantidad de contaminante que se recibe este por debajo de la considerada peligrosa.

Protección personal. Se considera como el método de control menos adecuado y debe de aplicarse sólo cuando no sea factible la utilización de ningún otro método de control, o bien en situaciones de exposiciones cortas o esporádicas.

2.9. PROGRAMA INTEGRAL DE PREVENCIÓN

Un programa integral de prevención de la enfermedad profesional en fabricas y plantas industriales, no solo ha de contemplar este aspecto de control ambiental, sino que ha de basarse en tres pilares fundamentales:

Control ambiental. Debe de realizarse una evaluación objetiva de las condiciones ambientales a través de un programa de muestreos sistemáticos para determinar el nivel de contaminación a que se encuentran, cuantificar el riesgo para la salud, determinar su origen y finalmente poner las medidas correctoras necesarias.

Control médico y biológico. Nos permitirá detectar la intoxicación profesional en sus fases mas precoces, con el fin de aplicar, a nivel individual, las medidas necesarias y evitar de esta forma el progreso de la enfermedad.

Educación. Dirigida tanto a la Dirección como a los trabajadores, con el fin de informarse clara y completamente de los riesgos para la salud que puedan derivarse del trabajo que se realiza.

3. SUGERENCIAS Y CONCLUSIONES

El desarrollo actual de la humanidad se debe en gran medida al progreso de la industria química, donde diariamente surgen nuevas sustancias químicas, cuya utilización abarca a muchas ramas industriales; pero a la vez dañan el estado de salud con intoxicaciones ocupacionales o enfermedades relacionadas con el trabajo.

La identificación temprana de los factores de riesgo químicos tiene una gran importancia en la prevención primaria de salud en nuestro medio, pues permite detectar y hallar trabajadores con tendencia a sufrir enfermedades o accidentes por esa causa.

Uno de los objetivos de la atención primaria de salud consiste en evitar daños a la salud, partiendo precisamente del reconocimiento de los factores de riesgo, en nuestro caso en la población trabajadora, como lo constituyen las diversas sustancias químicas a las que se exponen un grupo de trabajadores y su relación con la morbilidad, las condiciones del puesto de trabajo y la higiene personal.

BIBUOGRAFIA

AYALA Carlos, Legislación en Salud ocupacional y Riesgos profesionales. Ed. Salud Laboral, Bogotá 1999.

MORENO Rafael, Gestión y Auditoria de Riesgos ocupacionales en la empresa. Bogotá 1993.

AGUILAR BOTERO, Jairo. Medicina del Trabajo. Medellín 1987.

INSTITUTO DE SEGUROS SOCIALES. Seccional Cundinamarca. Sistema de Vigilancia Epidemiológica. Santa Fe de Bogotá D C. 1993.

ESTRADA MUÑOZ Jairo. Panorama de Factores de Riesgos. Medellín 1995.

LETAYF J, GONZALEZ C. Seguridad, Higiene y Control Ambiental.

GARCIA, J. TEJEDOR, N. Estrategia de Muestreo para la exposición laboral. Madrid, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1994.

CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA

LEY 9 DE 1,979. Ley marco de Salud Ocupacional

RESOLUCIÓN 02013 DE 1986 Reglamenta la organización y funcionamiento de los Comités de Medicina Higiene y Seguridad

RESOLUCIÓN 001016 DE 1989 Reglamenta la organización y funcionamiento de los programas de Salud Ocupacional

LEY 100 DE 1993 general de Riesgos Profesionales

DECRETO 1281 DE 1994 Actividades de alto riesgo

RESOLUCIÓN 166 DE 2001 Por el cual se establece el día de la salud en el mundo del trabajo.