



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN
ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERIA BIOQUIMICA



Tema:

**“Evaluación y Control de olores en el área de disposición final de desechos en
Tenería Amazonas”.**

Trabajo de Titulación, modalidad experiencias prácticas de investigación y/o intervención, previa la obtención del Título de Ingenieros Bioquímicos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Autores: Freddy Alfonso Acosta Solís.

Paúl Michael Ramón Díaz.

Tutor: Ing. Mg. Manolo Alexander Córdova Suárez.

Ambato-Ecuador

Octubre - 2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. Mg. Manolo Alexander Córdova Suarez.

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad

Ambato, 30 de junio de 2016.



Ing. Mg. Manolo Alexander Córdova Suárez.

C.I. 1802842508

TUTOR

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Freddy Alfonso Acosta Solís, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo a la Obtención del Título de Ingeniería Bioquímica, son de mi exclusiva responsabilidad como autor de los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones, excepto las citas.



Freddy Alfonso Acosta Solís

C.I. 180463418-4

AUTOR

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Ramón Díaz Paúl Michael, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo a la Obtención del Título de Ingeniería Bioquímica, son de mi exclusiva responsabilidad como autor de los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones, excepto las citas.



Ramón Díaz Paúl Michael

C.I. 180454018-3

AUTOR

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Experiencias prácticas de investigación y/o intervención, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato

Para constancia firman:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mg. Pablo Israel Amancha Proaño

C.I. 1803341864

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Mg. Andrés Sánchez Almeida

C.I. 1803341864

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ambato, 1 de agosto del 2016

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de Investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los derechos en línea patrimoniales de nuestro Proyecto, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción nos suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor



Freddy Alfonso Acosta Solís

C.I. 180463418-4

AUTOR



Ramón Díaz Paúl Michael

C.I. 180454018-3

AUTOR

DEDICATORIA.

Freddy:

A Dios quien me ha regalado la oportunidad de vivir y de aprender en cada etapa de mi vida. A mis padres Alfonso y Guadalupe por apoyarme durante toda mi vida brindándome consejos y apoyo.

A mi esposa Maribel y mi hijo Sebastián quienes son parte de mi vida, de los cuales cada día aprendo algo nuevo y me dan motivos de seguir adelante.

Gracias de todo corazón a mi familia.

Paúl:

Agradezco a Dios por haberme guardado en cada paso de mi vida académica, familiar y personal, levantándome después de cada tropiezo, dándome una oportunidad más para seguir avanzando y ser una mejor persona.

A mi madre, que siempre me ha inculcado buenos valores, con su amor, ternura y calidez ha estado conmigo en los buenos y malos momentos, apoyando mis decisiones con el afán de enseñarme a encarar la vida.

A mi padre, aunque no haya estado presente físicamente la mayor parte de mi vida, es a quien agradezco por brindarme los recursos necesarios para estudiar, y por estar pendiente de mí a cada momento.

AGRADECIMIENTO.

Al Sr. Luis Solís dueño y propietario de la Tenería Amazonas quien amablemente nos facilitó las instalaciones de su empresa para realizar nuestro proyecto de titulación, al igual que a su equipo de trabajo quienes nos colaboraron con la información necesaria sobre los procesos que se llevan a cabo en la curtiduría.

Al Ing. Manolo Córdova quien nos ha instruido como docente y tutor de tesis, inculcándonos la rama de seguridad e higiene industrial, brindándonos su conocimiento y tiempo para el desarrollo de nuestro proyecto.

INDICE GENERAL

RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA	3
1.1.- Tema	3
1.2.- Justificación	3
1.3.- Objetivos.....	5
1.3.1.- Objetivo General	5
1.3.2.- Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEORICO	6
2.1.- Antecedentes Investigativos	6
2.1.1.- Componentes de los gases olorosos.....	7
2.1.1.1.- Amoníaco.	8
2.1.1.2.- Ácido Sulhídrico.	8
2.1.1.3.- Compuestos orgánicos volátiles.	9
2.1.1.3.1.- Mercaptanos	10
2.1.2.- Equipo Ibrid MX6 para medición de olores.	10
2.1.3.- Especificaciones del equipo.....	11
2.1.4.- Límite de exposición a olores en la jornada normal de trabajo	12
2.2.- Hipótesis.	13
2.2.1.- Hipótesis nula.	13
2.2.2.- Hipótesis alternativa.	13
2.3.- Señalamiento de variables de la hipótesis.	13
2.3.1.- Variable independiente.....	13

2.3.2.- Variable dependiente.....	13
CAPÍTULO III	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1.- Materiales	14
3.2.- Métodos	14
3.2.1.-Recolección de datos y análisis estadístico	14
3.2.2.- Método de medición	15
3.2.3.- Identificación y Cuantificación de los COV's, NH ₃ , H ₂ S, en el área de disposición final de los desechos sólidos en la Tenería Amazonas.	16
3.2.4.- Número mínimo de muestras.....	16
3.2.4.- Tipo de Muestreo.....	18
3.2.5.- Fórmulas utilizadas para realizar el muestreo tipo E.....	19
3.2.6.- Cálculo de la Concentración Promedio	20
3.2.7.- Cálculo de la concentración de exposición diaria C ₈	20
3.2.8. Cálculo de la dosis.	20
CAPITULO IV	21
RESULTADOS Y DISCUSION	21
4.1.- Análisis y discusión de los resultados.	21
4.1.1.- Medición de la concentración en ppm de Amoniac, Ácido Sulfhídrico y COV's.	22
4.2.- Cálculo de la dosis.....	37
4.3.- Verificación de la hipótesis.	39
4.3.1.- Hipótesis nula.	39
4.3.2.- Hipótesis alternativa.	39
CAPITULO V.	40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
5.1.- Conclusiones.....	40
5.2.- Recomendaciones.....	41

CAPITULO VI.....	42
PROPUESTA.....	42
1.- Propósito.....	42
2.- Alcance.....	42
3.- Introducción.....	42
3.1.- Antecedentes de la propuesta.....	43
3.1.1.- Medidas de control para disminuir olores.....	43
3.1.1.1.- Técnicas de Ventilación.....	43
3.1.1.2.- Biocubiertas.....	44
3.1.1.3.- Lagunas de Digestión Cubiertas.....	44
3.1.1.4.- Cubiertas de geomembrana.....	44
3.2.- Justificación.....	45
4.- Objetivo.....	46
5.- Colocación de la geomembrana HDPE.....	46
6.- Resultados.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS.....	68
ANEXO A CERTIFICADOS.....	69
ANEXO B NORMATIVAS.....	71
Anexo B1 (NTP 108).....	72
Anexo B2 (NTP 320).....	78
Anexo B3 (NTP 347).....	86
Anexo B4 (NTP 526).....	92
Anexo B5 (NTP 937).....	98
ANEXO C. FICHAS TÉCNICAS DE SEGURIDAD.....	105
Anexo C1 Ficha Técnica de Seguridad Química del Amoníaco.....	106
Anexo C2 Ficha Técnica de Seguridad Química de Ácido Sulhídrico.....	108

Anexo C3 Ficha Técnica de Seguridad Química de Nitrobenceno.	110
Anexo C4 Ficha Técnica de Seguridad Química de Metilmercaptano.	112
Anexo C5 Ficha Técnica de Seguridad Química de Butilmercaptano.	114
Anexo C6 Ficha Técnica de Geomembrana HDPE.	116
ANEXO D INTERVALOS DE CONFIANZA.	117
ANEXO E FOTOGRAFIAS.	131

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento de curtido de cuero.	7
Figura 2 Método de medición de la evaluación cuantitativa.	15
Figura 3 Tipos de muestreo en una jornada de trabajo.	18
Figura 4 Valor de Φ en función de DSG y el número de muestras.	19
Figura 5 Límite superior del intervalo.	36
Figura 6 Límite inferior del intervalo.	36

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características del equipo.	11
Tabla 2 Numero de muestras a tomar según la INSHT.	17
Tabla 3 Media estimada promedio (Ci) para el Amoniaco en las diferentes etapas de ejecución.	23
Tabla 4 Media estimada promedio (Ci) para el Ácido Sulhídrico en las diferentes etapas de ejecución.	24
Tabla 5 Media estimada promedio (Ci) para el Nitrobenceno en las diferentes etapas de ejecución.	25
Tabla 6 Media estimada promedio (Ci) para el Metilmercaptano en las diferentes etapas de ejecución.	26
Tabla 7 Media estimada promedio (Ci) para el Butilmercaptano en las diferentes etapas de ejecución.	27
Tabla 8 Valores de TLV-TWA.	37

Tabla 9 Resultados obtenidos para C8 y D de cada compuesto químico evaluado.....	38
Tabla 10 Estándares de la dosis de olor según la INSHT.....	39
Tabla 11 Media estimada promedio (Ci) para el Amoniacó después de colocada la geomembrana.....	48
Tabla 12 Media estimada promedio (Ci) para el Ácido Sulfhídrico después de colocada la geomembrana.....	49
Tabla 13 Media estimada promedio (Ci) para el Nitrobenceno después de colocada la geomembrana.....	50
Tabla 14 Media estimada promedio (Ci) para el Metilmercaptano después de colocada la geomembrana.....	51
Tabla 15 Media estimada promedio (Ci) para el Butilmercaptano después de colocada la geomembrana.....	52
Tabla 16 Media estimada promedio (Ci) para el Amoniacó después de colocada la geomembrana en el segundo muestreo.	53
Tabla 17 Media estimada promedio (Ci) para el Ácido Sulfhídrico después de colocada la geomembrana en el segundo muestreo.	54
Tabla 18 Media estimada promedio (Ci) para el Nitrobenceno después de colocada la geomembrana en el segundo muestreo.	55
Tabla 19 Media estimada promedio (Ci) para el Metilmercaptano después de colocada la geomembrana en el segundo muestreo.	56
Tabla 20 Media estimada promedio (Ci) para el Butilmercaptano después de colocada la geomembrana en el segundo muestreo.	57
Tabla 22 Resultados obtenidos para C8 y D de cada compuesto químico evaluado después de colocada la geomembrana en el primer análisis.....	63
Tabla 23 Resultados obtenidos para C8 y D de cada compuesto químico evaluado después de colocada la geomembrana en el segundo análisis.	64

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Equipo Ibrid MX6	11
Gráfico 2 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Amoniac en su primera réplica.....	28
Gráfico 3 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Amoniac en su segunda réplica.	28
Gráfico 4 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Amoniac en su tercera réplica.	29
Gráfico 5 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Ácido Sulfhídrico en su primera réplica.	29
Gráfico 6 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Ácido Sulfhídrico en su segunda réplica.....	30
Gráfico 7 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Ácido Sulfhídrico en su tercera réplica.....	30
Gráfico 8 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Nitrobenceno en su primera réplica.....	31
Gráfico 9 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Nitrobenceno en su segunda réplica.	31
Gráfico 10 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Nitrobenceno en su tercera réplica.	32
Gráfico 11 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Metilmercaptano en su primera réplica.	32
Gráfico 12 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Metilmercaptano en su segunda réplica.....	33
Gráfico 13 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Metilmercaptano en su tercera réplica.....	33
Gráfico 14 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Butilmercaptano en su primera réplica.	34
Gráfico 15 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Butilmercaptano en su segunda réplica.....	34
Gráfico 16 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Butilmercaptano en su tercera réplica.....	35
Gráfico 17 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Amoniac en su primera réplica colocada la geomembrana.	58

Gráfico 18 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Amoniacó en su segunda réplica colocada la geomembrana.	58
Gráfico 19 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Ácido Sulfhídrico en su primera réplica colocada la geomembrana.	59
Gráfico 20 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Ácido Sulfhídrico en su segunda réplica colocada la geomembrana.	59
Gráfico 21 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Nitrobenceno en su primera réplica colocada la geomembrana.	60
Gráfico 22 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Nitrobenceno en su segunda réplica colocada la geomembrana.	60
Gráfico 23 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Metilmercaptano en su primera réplica colocada la geomembrana.	61
Gráfico 24 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Metilmercaptano en su segunda réplica colocada la geomembrana.	61
Gráfico 25 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Butilmercaptano en su primera réplica colocada la geomembrana.	62
Gráfico 26 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Butilmercaptano en su segunda réplica colocada la geomembrana.	62

RESUMEN

En una curtiembre el área que presenta mayor contaminación debido a los olores que se emanan por la descomposición de material tanto orgánico como inorgánico proveniente del proceso de curtido es el área de disposición final de desechos. Aquí se degradan los desperdicios principalmente restos de carnaza que al descomponerse generan contaminación al aire afectando la salud de las personas que desarrollan sus actividades junto a este sector.

Para la evaluación de olores presentes en el área de disposición final de desechos primero se realizó una investigación bibliográfica donde se identificaron los compuestos químicos que mayor daño causan a la salud de las personas, entre los que se analizaron el Amoniaco, Ácido Sulfhídrico y los compuestos orgánicos volátiles siendo el más representativo el nitrobenceno y los mercaptanos.

Se utilizó el monitor de gases múltiples IBRID MX6 para medir la concentración de los compuestos químicos en ppm y calcular la dosis de cada compuesto químico, los cuales se encontraron por encima de los límites permisibles según la guía de buenas prácticas NTP 320 del INSHT, especialmente el nitrobenceno presento concentraciones muy por encima de los niveles permisibles, ya que no existe ninguna medida de control para minimizar la emisión de los mismos.

La técnica de control que se utilizó para disminuir la emisión al ambiente de los compuestos químicos fue la instalación de una geomembrana HDPE en el área de disposición final que debido a sus propiedades físicas y químicas permiten reducir la emisión de gases a la atmósfera de trabajo y que por ende redujeron hasta un límite permisible la dosis de los compuestos químicos analizados.

Palabras clave: Amoniaco, Ácido Sulfhídrico, Nitrobenceno, mercaptanos, IBRID MX6, dosis, INSHT, geomembrana HDPE.

ABSTRACT

In a tannery, the area that presents most contamination by odors emanating due to organic and inorganic chemical compounds is the waste disposal area where mainly remains of bait are degraded. Its decomposition generate pollution in the air affecting the health of people who are close to this area, between workers and inhabitants of the sector.

The evaluation of odors in the waste disposal area was performed by a literature research where chemical compounds that cause most damage to individuals were identified, between which ammonia, hydrogen sulphide and volatile organic compounds were analyze being the most representative nitrobenzene and mercaptans.

Multiple gas monitor IBRID MX6 was used in the waste disposal area to measure the concentration of chemical compounds in ppm and calculate the dose of each chemical compound, which were above the permissible limits according to INSHT, especially nitrobenzene that presented concentrations well above permissible levels, since there is no method of control to minimize the emission of the same.

The technique that was used to reduce emissions to the environment of chemicals was the installation of an HDPE geomembrane in the disposal area due to its properties. Subsequent measurements were carried out again resulting in a significantly lower concentration of all chemical compounds whose dose now lies within the permissible limits.

Keywords: ammonia, hydrogen sulphide, nitrobenzene, mercaptans, IBRID MX6, dose, INSHT, HDPE geomembrane.

INTRODUCCIÓN

El curtido es el proceso químico mediante el cual se convierten los pellejos de animales en cuero. El término cuero designa la cubierta corporal de los grandes animales (por ejemplo, vacas o caballos), mientras que el término piel se aplica a la cubierta corporal de animales pequeños (por ejemplo, ovejas). El proceso de curtido consiste en reforzar la estructura proteica del cuero creando un enlace entre las cadenas de pépticos. Las sustancias usadas generalmente para llevar a cabo el proceso de curtido son cromo, y los extractos de la corteza de los árboles (taninos). Estos agentes de curtido dan origen a dos tipos predominantes de operaciones de curtido: con cromo o curtido vegetal.

El curtido, en términos simples, se refiere al tratamiento de las pieles en bruto con sustancias curtientes para hacer que el material sea inmune al ataque bacteriano, es decir, para producir cuero lo cual se basa en reforzar la estructura proteica del cuero creando un enlace entre las cadenas de péptidos. Los cambios adicionales introducidos en el proceso de curtido son secundarios y están relacionados con los productos químicos de curtido y recurtido utilizados (**Cruz, 2007**).

En el cantón Ambato se concentra una importante industria manufacturera correspondiente a las tenerías, dedicadas a la transformación de pieles de ganado vacuno y ovino, en material no putrescible llamado cuero, materia prima utilizada en la elaboración de distintos productos como calzado, prendas de vestir, carteras, billeteras, revestimiento para autos y muebles; etc.

Debido a que, los procesos llevados a cabo en las tenerías son mayoritariamente artesanales, se ha generado un problema relevante por el manejo inadecuado de los sistemas internos de producción, lo que desemboca en alteraciones al ambiente y a la comunidad circundante (**Gordillo, 2013**).

Los desechos sólidos generados en la industria del cuero se atribuyen mayormente a restos de carne, desechos de queratina, desechos del descarnado, desechos de cromo y desechos de pulido, constituyendo a las proteínas como componente principal. Si estas proteínas y otros desechos químicos no son utilizados apropiadamente causaran daños significativos y problemas de contaminación al medio ambiente.

El proceso de biodegradación de materia orgánica ya sea en efluentes o acumuladas en un área de disposición final consumen el oxígeno disuelto del cuerpo de agua receptor, en el caso de los efluentes que junto a un alto contenido de sales y ácidos causan la muerte de la vida acuática y las funciones naturales de los ríos, mientras que en un área de disposición final los trabajadores de la curtiembre y personas aledañas al sector sufren las molestias que causan estos desperdicios. El sulfuro que se utiliza para eliminar el pelo o pelambre, cuando se transforma en ácido sulfhídrico es extremadamente nocivo para la salud. Bastan 20-50 ppm en el aire para causar un malestar agudo que conlleva a sofocación y muerte por sobreexposición (**Kanagaraj, Velappan, Chandra Babu, & Sadulla, 2006**).

El amoníaco es un gas irritante que puede provocar efectos locales severos. Los estudios en voluntarios indican que, en algunos sujetos, comienzan a aparecer síntomas subjetivos en exposiciones cercanas a 50 ppm (36 mg/m³) durante periodos comprendidos entre 10 minutos y 6 horas.

La toxicidad del nitrobenzeno para seres humanos y animales se conoce desde hace casi un siglo, Se ha descrito su toxicidad hematológica, neurológica y hepática tanto en seres humanos como en animales de laboratorio. La administración por vía oral de nitrobenzeno a ratas, en una sola dosis (aprox. 200 mg/kg de peso corporal) provocó metahemoglobinemia (**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2011**).

Además, las curtiembres suelen utilizar solventes (Compuestos Orgánicos Volátiles – COV's) en operaciones de acabado, terminación de los cueros, limpieza en seco y desengrasado. Algunos de los compuestos químicos utilizados son: acetato de butilo, etilacetato, acetona, ciclohexanona, alcohol isopropílico, metiletilcetona. (2-butanona), 2- pentanona, acetato de etilo, ciclohexano, di-isobutilcetona (DIBK), xileno, metil isobutilcetona, tolueno, etilbenzeno. Cabe recalcar que el uso de estas sustancias químicas se encuentra restringido en diversas normativas internacionales debidos a los efectos adversos que causan a la salud y al medio ambiente (**GreenPeace, 2011**).

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1.- Tema

“EVALUACIÓN Y CONTROL DE OLORES EN EL ÁREA DE DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS EN TENERÍA AMAZONAS”

1.2.- Justificación

Uno de los indicadores más importantes de contaminación que relacionan la industria del cuero con el medio ambiente es el olor. Los olores liberados en el proceso de manufacturación del cuero son el resultado tanto del uso de materiales orgánicos y reacciones químicas producidas entre los productos químicos utilizados en el procesamiento del cuero. Algunos olores también son liberados desde las instalaciones de tratamiento de aguas residuales (Akyüz, İzzet, Universitesi, Meslek, & Deri, n.d.).

Según (Ministry of Environment & Forests & India, 2008), los principales factores relacionados con la percepción de olores molestos son:

- Intensidad
- Duración de la exposición al olor
- Frecuencia de ocurrencia de olores
- Tolerancia y la expectativa del receptor

Aunque el mal olor no puede causar daño directo a la salud, estimulantes tóxicos pueden causar problemas de salud o síntomas respiratorios. Los efectos secundarios, en algunas personas, pueden ser náuseas, insomnio y malestar. Olores muy fuertes pueden resultar en irritación nasal, o agudizar los síntomas en personas con problemas respiratorios o asma.

Según **(Esparza & Gamboa, 2013)**, Las curtiembres son conocidas por su olor desagradable. Se genera sulfuro de hidrógeno, proveniente de los efluentes que contienen sulfuros y por la degradación anaeróbica de los efluentes en los tanques de sedimentación. Además, hay emisión de amoníaco y vapores de solventes, que no sólo son fuente de mal olor, sino que son sustancias nocivas.

En particular, los COV's y MCOV's (COV's provenientes del metabolismo fúngico) comprenden un grupo importante de contaminantes de aire. Muchos de estos compuestos tienen influencia sobre la salud humana, actuando como tóxicos, irritantes de mucosas y conjuntivas, generando alteraciones del sistema nervioso y alergias, además de generar alteraciones en la función pulmonar. Incluso algunos son reconocidos carcinógenos, como el benceno y el per-cloroetileno **(Colman, Lespade, Aguilar, Matamoros, & Massolo, 2008)**

El **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2003)**, en la guía técnica de agentes químicos presentes en los lugares de trabajo señala que se debe entender que existe exposición a un agente químico cuando dicho agente esté presente en el lugar de trabajo y se produzca un contacto del mismo con el trabajador, normalmente por inhalación o por vía dérmica, pero también posible por vía digestiva o parenteral.

Con la creciente demanda de cuero y productos hechos a partir del mismo, tanto para el uso propio, así como para la exportación, una gran cantidad de curtidurías se han multiplicado en el país, especialmente en Tungurahua donde el número de curtiembres supera el de cualquier provincia en el país.

Por lo que es de vital importancia realizar una evaluación y control de los olores que emana la tenería en el proceso de curtido del cuero ya que además de que los olores crean incomodidad en los trabajadores y moradores aledaños a la tenería, estos podrían contener sustancias y moléculas perjudiciales para los seres humanos creando daños irreparables en el peor de los casos.

1.3.- Objetivos

1.3.1.- Objetivo General

- Realizar una evaluación y control de olores de los desechos sólidos en la Tenería Amazonas.

1.3.2.- Objetivos específicos.

- Determinar las sustancias químicas relacionadas con el olor que se generan en la disposición final de los desechos sólidos en la Tenería Amazonas.
- Determinar la dosis de olor en los puntos críticos de la disposición final de los desechos sólidos.
- Implementar medidas de control para disminuir los olores en la disposición final de los desechos.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1.- Antecedentes Investigativos

La ciudad de Ambato capital de la provincia de Tungurahua, por estar ubicada en la parte centro del país es considerada un lugar de intercambio provincial de muchos bienes entre automóviles, bienes raíces, frutas, flores, hortalizas, legumbres, productos manufacturados a partir de cuero, entro otros.

En Ambato se encuentran muchas empresas curtiembres que antiguamente se asentaban en partes aledañas al centro de la ciudad, mientras que muy pocas se ubicaban en lugares rurales. Actualmente las empresas curtiembres se hallan ubicadas en su mayoría en zonas rurales, mientras que unas pocas todavía se encuentran dentro de la ciudad, pero alejadas de la parte centro.

La tenería Amazonas, ubicada en la Av. 3 carabelas y Seymour es considerada una curtiembre pequeña dedicada al proceso de manufacturación del cuero desde materia prima hasta su terminado para la distribución del mismo. Las instalaciones de la curtiembre ocupan una superficie de 700m², actualmente se procesan alrededor de 530 bandas al mes.

Es indispensable antes de iniciar con el control y manejo de olores en la Tenería Amazonas redactar los pasos que esta lleva a cabo para procesar el cuero desde el inicio hasta el final, ya que aquí se detallan los diferentes compuestos químicos que entran en el proceso y los residuos restantes que causan los malos olores.

Figura 1. Procedimiento de curtido de cuero.

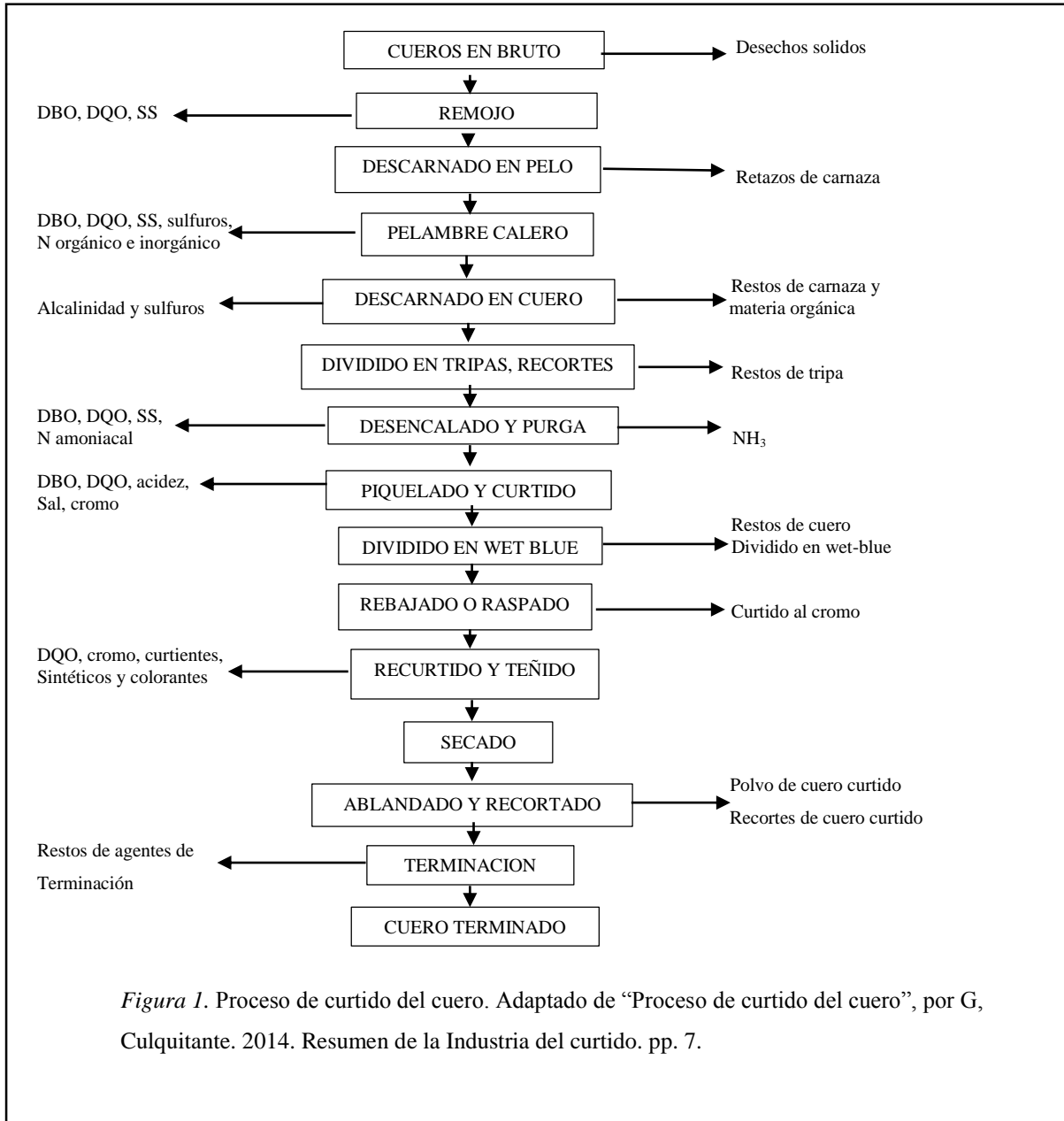


Figura 1. Proceso de curtido del cuero. Adaptado de “Proceso de curtido del cuero”, por G, Culquitante. 2014. Resumen de la Industria del curtido. pp. 7.

2.1.1.- Componentes de los gases olorosos

Como se antepone en el trabajo de investigación de **(Rames, Chokalingam, Venkatasubramaniam, & Asit, 2012)** los principales constituyentes de gases olorosos en una curtiduría son provenientes de compuestos orgánicos volátiles (COV’s) a causa de la oxidación debido a las enzimas que descomponen y oxidan las pieles y los cueros, NH₃ y H₂S, envueltos en el proceso del pelambre, descarnado en cal y piquelado en el

procesamiento del cuero. Aparte de esto, el NH_3 y H_2S ambos son gases tóxicos y los responsables de los olores de una tenería.

2.1.1.1.- Amoniaco.

El amoníaco (NH_3) es uno de los productos químicos industriales más comúnmente producidos en el mundo. Se utiliza en la industria y el comercio, y también se encuentra de forma natural en los seres humanos y en el medio ambiente. El amoníaco es esencial para muchos procesos biológicos y sirve como un precursor para la síntesis de aminoácidos y de nucleótidos. En el medio ambiente, el amoníaco es parte del ciclo del nitrógeno y se produce en el suelo por procesos bacterianos. El amoníaco también se produce de forma natural de la descomposición de materia orgánica, incluyendo plantas y animales (**Key Technology, 2014**).

Cuando está en forma de partículas finas, estas suponen un riesgo para la salud humana. Tales partículas de diámetro pequeño son capaces de ser respiradas y viajan profundamente en el tejido pulmonar a los alvéolos causando una variedad de enfermedades respiratorias, como bronquitis, asma, tos, y en los agricultores y trabajadores de curtiembres causa también afecciones en el pulmón. La forma de amoníaco en partículas se encuentra generalmente en zonas urbanas o suburbanas proveniente de la agricultura, curtiembre y otras fuentes (**Colorado State University, 2008**).

2.1.1.2.- Ácido Sulfhídrico.

El sulfuro de hidrógeno existe como un gas en la atmósfera, la partición al aire es probable que ocurra después de emisiones al medio ambiente. Sin embargo, también es soluble en el aceite y el agua; Por lo tanto, es posible que se distribuya en el agua, superficial o subterránea o en suelos húmedos y posteriormente viajar grandes distancias. Además se puede producir la sorción de sulfuro de hidrógeno desde el aire sobre los suelos y follaje de la planta (**Cihacek & Bremner, 1993**). El sulfuro de hidrógeno puede evaporarse fácilmente del agua, dependiendo de factores tales como la temperatura y el pH. En general, el pH bajo y la alta temperatura tienden a favorecer la evaporación (**Chou, 2003**).

Los seres humanos pueden estar expuestos al sulfuro de hidrógeno tanto a partir de fuentes exógenas y endógenas a su producción. El sulfuro de hidrógeno tiende a ser un problema en las comunidades ubicadas cerca de sitios industriales. La población en general puede estar expuesta a sulfuro de hidrógeno por la liberación accidental del gas natural en pozos durante las operaciones de perforación cerca de áreas residenciales **(WHO, 2000)**.

El sulfuro de hidrógeno es un gas por lo tanto hay más probabilidades que ocurra un contacto con la piel y los ojos. El sistema nervioso y el sistema cardiovascular son los más afectados por el sulfuro de hidrógeno, que conduce a una variedad de síntomas. La exposición de la piel al agente químico puede causar decoloración, dolor, picazón, enrojecimiento y la congelación local. La exposición al ojo puede causar irritación, inflamación, lagrimeo, sensibilidad a la luz y conjuntivitis. Simples exposiciones a altas concentraciones pueden rápidamente causar dificultades respiratorias y hasta la muerte **(Chou, 2003)**.

2.1.1.3.- Compuestos orgánicos volátiles.

Son un gran grupo de compuestos químicos a base de carbono que se evaporan fácilmente a temperatura ambiente **(Domene, 2013)**. Aunque la mayoría de la gente puede oler altos niveles de algunos compuestos orgánicos volátiles, COV's otros no tienen olor. El olor no indica el nivel de riesgo de la inhalación de este grupo de productos químicos **(MDH, 2010)**.

El riesgo de efectos en la salud de la inhalación de cualquier producto químico depende de su concentración en el aire, el tiempo y la frecuencia en que una persona está expuesta al agente químico. Respirar niveles bajos de compuestos orgánicos volátiles durante largos períodos de tiempo puede aumentar el riesgo de problemas de salud de algunas personas. Varios estudios sugieren que la exposición a los COV's puede empeorar los síntomas en personas que tienen asma o son particularmente sensibles a los productos químicos.

Entre uno de los COV's más representativos en la industria de la curtiembre tenemos al nitrobenzeno. El nitrobenzeno es altamente tóxico y puede ser absorbido a través de la piel. En el cuerpo provoca graves intoxicaciones.

En primera instancia reacciona con la hemoglobina de la sangre formando metahemoglobina. Además, provoca graves daños en el sistema nervioso central. Sus síntomas son debilidad, dolor de cabeza, calambres, vómitos y pérdida de conciencia. Una intoxicación grave puedes causar la muerte en cuestión de horas. El efecto tóxico se ve refortalecido por el alcohol (**Corporation & Fujii, 2002**).

2.1.1.3.1.- Mercaptanos

Los mercaptanos son un grupo de compuestos orgánicos volátiles que contienen azufre que imparten un olor parecido a la col podrida en el medio ambiente. Los mercaptanos se encuentran en el petróleo crudo. El mercaptano es un producto químico no tóxico agregado al gas natural para que sea más fácil de detectar en caso de un escape de gas debido al mal olor (**Kolaphur, 2013**). Aunque se conoce poco acerca de los efectos del gas en la salud, en presencia de determinados compuestos y en grandes cantidades, puede llegar a ser altamente tóxica y letal para personas alérgicas (**Leon, 2005**).

2.1.2.- Equipo Ibrid MX6 para medición de olores.

Para el presente trabajo de investigación utilizaremos un método automático para la medición de la concentración de los gases tóxicos que se liberan en la disposición final de los desechos sólidos de la Tenería Amazonas utilizando el equipo Ibrid MX6 que en la actualidad se utiliza para detectar niveles tóxicos de diferentes gases en la industria.

Gráfico 1. Equipo Ibrid MX6



Fuente: Industrial Scientific.

2.1.3.- Especificaciones del equipo.

Tabla 1 Características del equipo

Item	Características
Tipo de batería	Placa de sensor
SN del Sensor	1002892
Numero de serie	130935W-001
Tipo del Sensor	Sensor PID
Gas de calibración	ISOBUTILENO 10 ppm
Fabricante	Industrial Scientific
Numero de serie	130935W-001
Tipo	MX6 iBrid
Numero de pieza	MX6-0000R213
Numero de trabajo	130935
Tecnico de Instalación	SGB
Intervalo de calibración	90 días
Intervalo de registro	10 segundos
Opcion de retroiluminación	Temporizado

Base de tiempo TWA	8 Horas
Editar sitio en planta	Apagado
Alarma vibratoria permitida	Encendido
Vibración de buen funcionamiento permitida	Apagado
Alarma visual permitida	Encendido
Puede calibrar en campo	Encendido
Usuario activo indicado al encender	Apagado
Bip de confirmación activado	Apagado
Editar usuario en planta	Apagado
Visualización de fecha al encender	Encendido
Flash de buen funcionamiento permitido	Apagado
Pantalla reversible a 180 grados	Apagado
Editar factor de respuesta PID en planta	Encendido
Visualización de registro de datos en planta permitida	Encendido
Editar factor de correlación LIE en planta	Apagado
Puede poner a cero en campo	Encendido
Visualización del registro de eventos en planta permitida	Encendido
Sobre escritura de registro de datos activada	Encendido
Alarma audible permitida	Encendido
Nombre de la empresa mostrado en el arranque	Apagado
Modo pantalla	Modo grafico

Nota: Las especificaciones mencionadas arriba son cualidades en las que generalmente se trabaja con el equipo Ibrid MX&

Fuente: Industrial Scientific.

2.1.4.- Límite de exposición a olores en la jornada normal de trabajo

El (**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2003**), en la guía de buenas prácticas NTP 108 señala que cuando la exposición externa produce una incorporación de tóxico al organismo, se origina de hecho una efectiva exposición interna al mismo. En esta situación, la cantidad del contaminante que incorpore el individuo

constituye la dosis absorbida o dosis interna. Para tomar en cuenta los niveles admisibles de exposición, la lista de más amplia aceptación en los países occidentales es la debida a la "American Conference of Governmental Industrial Hygienists" (ACGIH) de U.S.A. y que se denomina "Threshold Limit Values" (TLV) o sea Valores límites umbral. Dentro de esta existen tres categorías: TLV-TWA: medidas ponderadas en el tiempo, TLV-STEL: Límites de exposición para cortos periodos de tiempo, TLV-C: Valores techo.

2.2.- Hipótesis.

2.2.1.- Hipótesis nula.

La dosis de compuestos químicos analizados en el área de disposición final de desechos no se encuentra por encima de los límites permisibles según la INSHT por lo que no es necesario realizar una medida de control de los mismos.

2.2.2.- Hipótesis alternativa.

La dosis de compuestos químicos analizados en el área de disposición final de desechos se encuentra por encima de los límites permisibles según la INSHT por lo que es necesario realizar una medida de control de los mismos.

2.3.- Señalamiento de variables de la hipótesis.

2.3.1.- Variable independiente.

Evaluación de olores de compuestos químicos encontrados en el área de disposición final de desechos en la Tenería Amazonas.

2.3.2.- Variable dependiente.

Control de olores en el área de disposición final de desechos en la Tenería Amazonas mediante la instalación de una geomembrana HDPE.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Materiales

- Equipo Ibrid MX6
- 15 m² de geomembrana HDPE de 500 micras
- Mascaras de contención de gases.
- Mandiles
- Zapato para trabajo en campo.
- Libreta de apuntes.
- Cámara fotográfica.

3.2.- Métodos

3.2.1.-Recolección de datos y análisis estadístico

Se realizó usando el método de evaluación de la exposición a agentes químicos propuesto por el (INSHT, 2003) en la guía de buenas prácticas NTP 937 para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

Se utilizó un monitor Multigas IBRID MX6, instrumento 130935W-001, con los sensores de:

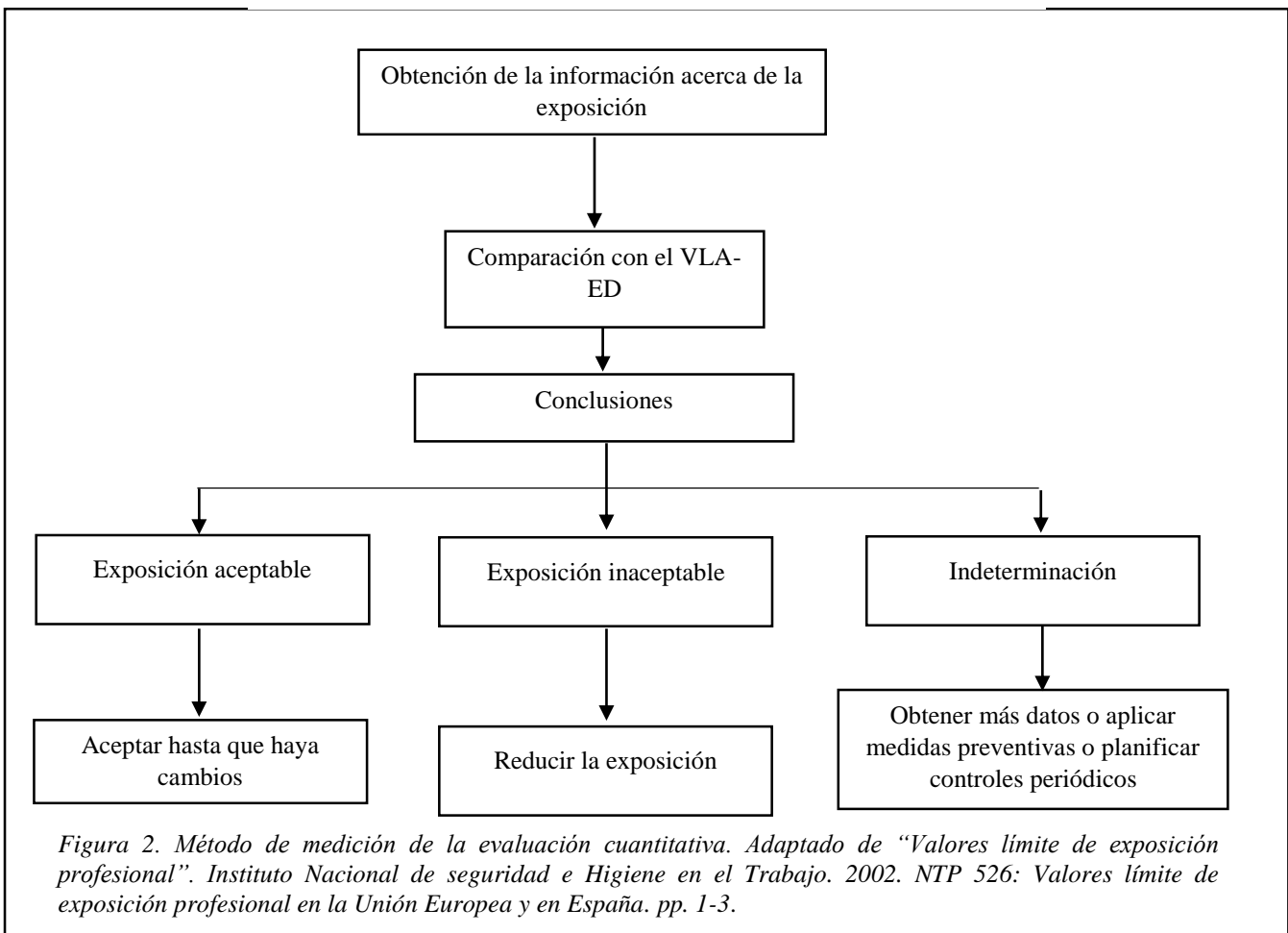
- Detector de Fotoionización (PID): el mismo que permite un monitoreo sensible de amplio espectro de los contaminantes orgánicos volátiles, entre los que se encuentran:
 - Nitrobencono
 - Metilmercaptano
 - Butilmercaptano.
- Ácido sulfhídrico (H₂S).
- Amoniac (NH₃).

La medición se la realizó en el área de disposición final de los desechos de la Tenería Amazonas, de esta manera se identificó los principales contaminantes químicos que provocan el mal olor.

3.2.2.- Método de medición

Se utilizó una evaluación cuantitativa para lo cual fue necesario basarnos en el siguiente diagrama de flujo que ayudó a situar los elementos que se desarrollan a lo largo de la evaluación de la exposición.

Figura 2 Método de medición de la evaluación cuantitativa.



3.2.3.- Identificación y Cuantificación de los COV's, NH₃, H₂S, en el área de disposición final de los desechos sólidos en la Tenería Amazonas.

Los gases tóxicos se monitorearon siguiendo las normas del equipo y los próximos pasos:

- Calibrar el equipo MX 6
- Encender el monitor y bomba, presionar el botón de On/Off.
- Comprobar el estado de la bomba bloqueando la succión
- Determinar el factor de respuesta
- Configurar el intervalo de medición
- Determinar el tipo de sensor
- Crear un evento nuevo
- Escoger pantalla
- Iniciar la identificación de los gases tóxicos por 10 minutos en el área de disposición final de la Tenería Amazonas.
- Tomar en cuenta que el procedimiento se repite para la identificación de cada tipo de compuesto químico.

3.2.4.- Número mínimo de muestras.

Debido a que se utilizó un método de lectura directa y basada en la tabla del número mínimo de mediciones por jornada según la norma UNE-EN 689, se tomaron 50 mediciones de un periodo de 10 segundos cada una.

Tabla 2 Numero de muestras a tomar según la INSHT.

Tiempo de duración de la muestra	Ejemplos de tipo de medición	N° de muestras necesario para abarcar el 25% de la exposición (supuestas 8 horas)	N° mínimo de muestras recomendado por UNE-EN 689
10 segundos	Equipos de lectura directa. Medición Puntual	720	30
1 minuto	Tubos detectores de corta duración (tubos colorimétricos)	120	20
5 minutos	Tubos detectores de corta duración.	24	12
15 minutos	Tubos adsorbentes (carbón activo, gel de sílice). Borbotadores, etc.	8	4
30 minutos	Tubos Adsorbentes (carbón activo gel de sílice). Borbotadores, etc.	4	3
1 hora	Filtros para muestreo de aerosoles	2	2
2 horas	Filtros para muestreo de aerosoles	1	1

Nota: Se tomará en cuenta basado en la tabla propuesta en la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo del INSHT.
Fuente: Instituto Nacional de seguridad e Higiene en el Trabajo. 2002. NTP 108: Criterios toxicológicos generales para los contaminantes químicos. pp. 1-4.

3.2.4.- Tipo de Muestreo

Figura 3 Tipos de muestreo en una jornada de trabajo.

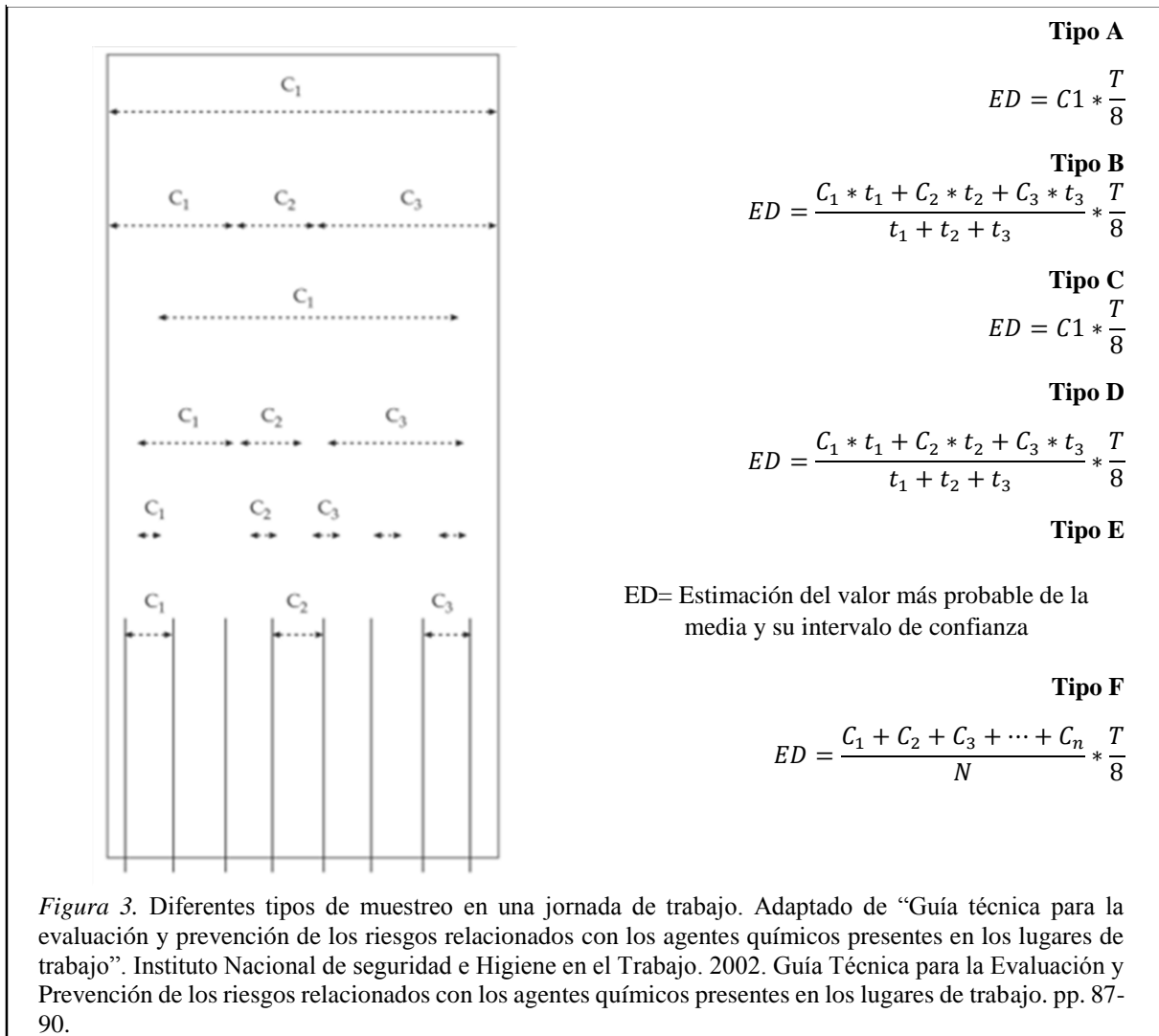


Figura 3. Diferentes tipos de muestreo en una jornada de trabajo. Adaptado de “Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo”. Instituto Nacional de seguridad e Higiene en el Trabajo. 2002. Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo. pp. 87-90.

El tipo de muestreo que se utilizó fue el Tipo E de la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo del INSHT el cual supone la toma de muestras durante la totalidad de la jornada laboral estimando el valor más probable de la media.

3.2.5.- Fórmulas utilizadas para realizar el muestreo tipo E.

Se calculó la media aritmética de los Ln Ci.

$$m_L = \frac{\sum \text{Ln } c_i}{n}$$

Se calculó la desviación estándar sl.

$$S_{L=} = \sqrt{\frac{\sum (m_L - \text{Ln } c_i)^2}{n-1}}$$

Se calculó la media geométrica MG

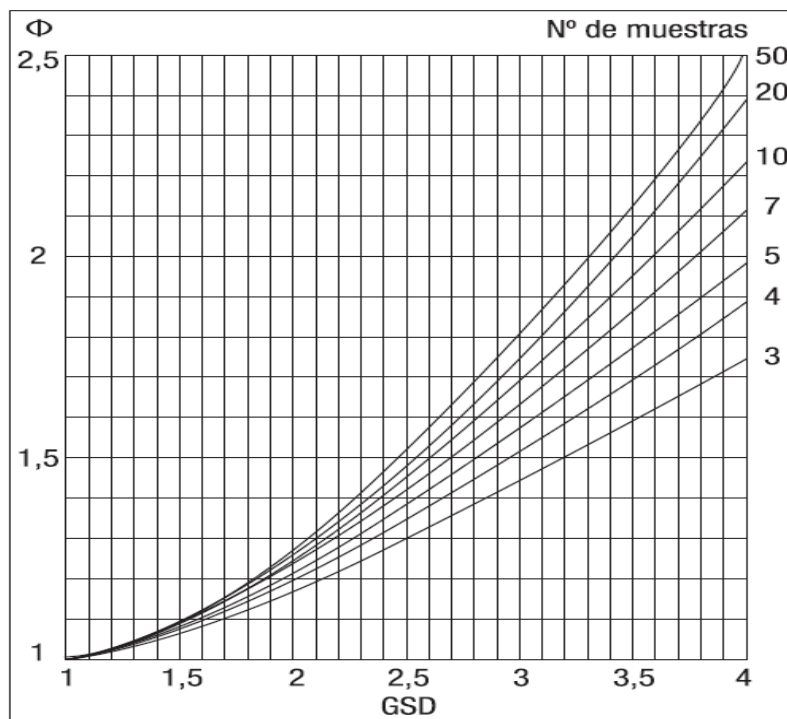
$$MG = e^{m_L}$$

Se calculó la desviación estándar geométrica, DSG

$$DSG = e^{S_L}$$

Se calculó Φ , conociendo DSG y el número de muestras mediante la siguiente figura.

Figura 4 Valor de Φ en función de DSG y el número de muestras.



A partir de la media geométrica y de Φ se estimó la media aritmética, es decir, el valor más probable de la media de la concentración (media estimada).

$$M_{estimada} = Mg * \Phi$$

3.2.6.- Cálculo de la Concentración Promedio

Se obtuvo una concentración promedio C de cada contaminante.

$$C = \frac{C_i * t_i}{\sum_{i=1}^{i=\infty} t_i}$$

3.2.7.- Cálculo de la concentración de exposición diaria C₈

Se calculó la concentración de exposición diaria C₈ con la siguiente ecuación

$$C_8 = \frac{\sum_{i=1}^{i=\infty} C * t_i}{8}$$

3.2.8. Cálculo de la dosis.

Se calculó la dosis de cada compuesto químico utilizando la siguiente fórmula.

$$D = \frac{C_8}{TLV TWA}$$

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.- Análisis y discusión de los resultados.

El modelo de muestreo utilizado en nuestro caso es el E, ya que se tomaron muestras puntuales de igual duración repartidas de forma aleatoria a lo largo de la jornada laboral. La duración de cada muestra fue de 10 segundos divididos en 50 sesiones dentro de las 8 horas laborables.

Se realizaron determinaciones en 3 diferentes fechas para los compuestos de Amoniaco (NH_3), Ácido Sulfhídrico (H_2S), Nitrobenceno ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$), Metilmercaptano (CH_4SH) y Butilmercaptano ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{SH}$) debido a que las actividades en la Tenería son interrumpidas porque la demanda de cuero no es la misma en las diferentes épocas del año.

Debido a que se está utilizando el tipo de muestreo E para la jornada de trabajo de 8 horas y que las actividades realizadas en esta área es el descarnado, los trabajadores se encuentran expuestos específicamente a esta área en periodos de 30 minutos, tres veces al día, lo que representa 1 hora y 30 minutos diarios. En este caso se tomaron muestras representativas de 10 segundos por un periodo de 10 minutos y se seleccionaron 50 muestras que representan el tiempo de exposición diarios en el área de disposición final de desechos sólidos.

El equipo Ibrid MX6 se calibró previamente para proceder a realizar los siguientes muestreos, El certificado de calibración (Anexo A) es válido por 12 meses por lo que se asegura que los datos obtenidos son confiables.

Para la obtención de la Media estimada promedio o valor más probable de la media hubo que obtener la media estimada de cada muestreo en las diferentes fechas de ejecución con la utilización de las respectivas formulas pertenecientes al muestreo E, ya que se tomaron muestras de corta duración y de forma aleatoria durante la jornada de trabajo.

4.1.1.- Medición de la concentración en ppm de Amoniac, Ácido Sulhídrico y COV's.

Se siguieron los pasos enunciados en el punto 3.2.3 para calibrar el equipo para que mida amoniaco. Posteriormente se hizo lo mismo para que mida ácido sulhídrico y los respectivos COV's. Siempre que se cambia de sensor para medir un compuesto químico diferente es necesario encerar el equipo para que los resultados no se alteren con los de las mediciones anteriores.

Se tomaron en cuenta el nitrobenceno, Metilmercaptano y butilmercaptano como los COV's más representativos que pueden causar daño según las Fichas Internacionales de Seguridad Química.

En las siguientes tablas se detallan los resultados obtenidos en concentración en ppm de los distintos compuestos químicos analizados en las tres mediciones programadas, además los resultados de las formulas enunciadas en el método E de la INSHT.

Tabla 3 Media estimada promedio (Ci) para el Amoniaco en las diferentes etapas de ejecución.

Numero de muestra	Ci ppm (1)	Ci ppm (2)	Ci ppm (3)
1	4,9	14,9	11,2
2	15,8	28,6	19,9
3	16,9	34,3	26,7
4	18,8	31,1	23,3
5	39,6	25,3	28,6
6	52,2	24,8	33,5
7	48,7	25,9	28,5
8	46,2	25,9	23,3
9	46	33,6	18,5
10	44,4	55,9	19,5
11	38,3	68,6	16,9
12	36,4	65,2	16,1
13	36,8	53,7	21,2
14	32,4	42,7	30,3
15	37,8	35,5	46,7
16	47,9	29	62,6
17	48,3	24,7	65
18	64,8	26,3	68,4
19	81,1	35,2	74,7
20	104,7	56,4	65,7
21	108,1	70,7	47,4
22	95,4	66,5	36,8
23	70,5	55,7	36,5
24	55,5	41,4	34,5
25	61,7	35,5	36,9
26	77,9	49,6	32,2
27	78,3	50	31,6
28	77,6	44,3	28,4
29	83,4	49,8	25,7
30	86	67,9	33,9
31	71,9	94	50,2
32	56,5	86,4	69,3
33	53,1	70,9	85,7
34	53,6	54,8	85
35	77	42,6	65,1
36	94,3	35,8	53,8
37	84,2	30,8	58
38	74,9	28,8	72,7
39	62,2	35,5	79,9
40	59,5	46,9	69,1
41	60,2	63,5	51,6
42	58,7	90,2	39
43	55,2	98,9	38,5
44	51,5	84,4	48
45	48,6	66,5	60,7
46	46,8	54,7	76,4
47	44,4	51	92,1
48	43,5	60,6	75,3
49	41	59,1	53,4
50	35,9	51,5	40
mL	3,9283	3,8181	3,7109
SL2	0,289	0,179	0,268
SL	0,538	0,423	0,518
MG	50,824	45,521	40,893
GSD	1,712	1,526	1,678
Φ	1,150	1,000	1,135
M estimada	58,447	45,521	46,413

Tabla 4 Media estimada promedio (Ci) para el Ácido Sulhídrico en las diferentes etapas de ejecución.

Numero de muestra	Ci ppm (1)	Ci ppm (2)	Ci ppm (3)
1	1,7	10,6	9,9
2	3,2	12,7	8,7
3	4,7	11,5	10,7
4	4,2	13,1	8,9
5	3,5	15,1	10,1
6	4,1	11,7	13,1
7	4,3	12,1	15,8
8	8	10,9	18,5
9	11,1	11,8	19,2
10	16,1	10	19,9
11	25,3	11,7	20,3
12	26,6	18,8	18,2
13	20	17,5	18,9
14	17,2	18,9	20,7
15	19,8	25,4	12,6
16	18,1	23,9	9,4
17	13,6	19,1	7,5
18	14	18,8	9,6
19	11,8	18,4	12,2
20	12,6	15,6	19,2
21	13,8	16	29,1
22	15,6	13	34
23	17,8	10,1	27,1
24	19,4	8,6	19,6
25	16,1	9,5	13,9
26	12,6	9,4	11,1
27	9,8	8,4	12
28	8,6	10,8	12,2
29	9,4	16,7	16
30	10,3	17	21,7
31	10,9	17,9	25,1
32	11,8	17,6	20,9
33	13,6	14,8	17,3
34	17	17,8	20,5
35	21,1	19,7	21,3
36	20,8	20,6	18,8
37	19,5	19,1	17
38	16,3	21,2	14,7
39	13,6	17,4	16,5
40	12,3	15	16,8
41	11,8	16,1	15,8
42	10,4	18,8	13,8
43	9,6	16,2	14,9
44	9,6	13,5	15,7
45	10,1	11,2	17,5
46	13,6	9,4	16,5
47	18,1	9,4	18,7
48	24,3	14	20,1
49	30,9	16,5	18,8
50	34,9	18,4	17,9
mL	2,4935	2,671	2,77
SL2	0,374	0,08	0,105
SL	0,612	0,283	0,325
MG	12,1	14,467	15,953
GSD	1,844	1,33	1,38
Φ	1,2	1,05	1,075
M estimada	14,524	15,19	17,15

Tabla 5 Media estimada promedio (Ci) para el Nitrobenceno en las diferentes etapas de ejecución.

Numero de muestra	Ci ppm (1)	Ci ppm (2)	Ci ppm (3)
1	7,5	6,5	12,2
2	6,2	7,2	13,7
3	8,9	9,9	18,2
4	11,9	12,9	15,8
5	17,5	16,8	20,4
6	19,5	20,5	18,8
7	19,6	20,6	14,2
8	18,9	20,4	12,2
9	15,9	16,6	13,2
10	12,9	13,5	16,8
11	14,3	15,2	19,8
12	14,5	15,2	21,5
13	14,6	15,7	20,4
14	16,5	17,1	15,6
15	18,4	19,4	14,8
16	19,7	19,6	17,3
17	16,7	18,2	19,1
18	16,5	15,9	19,5
19	15,3	15,2	18,8
20	16,2	17,4	18,5
21	19,5	20,1	20,9
22	18,3	19,2	21,5
23	17,8	21,1	21,5
24	19,9	22,1	20,3
25	20,8	17,9	18,2
26	16,8	15,7	15,4
27	16,8	17,6	12,3
28	19,1	19,4	11,6
29	19,9	19,3	12,1
30	15,6	16,5	14,3
31	16,8	14,3	14,4
32	12	13,9	16,2
33	16,8	16,4	15,5
34	17,9	18,9	14,1
35	17,3	17,1	17
36	12,5	13,3	15,9
37	11,6	10,4	15,1
38	9,2	9,8	15,9
39	11,1	10,6	15,3
40	9,6	10,9	15,2
41	12,3	11	17
42	11,6	11	18,2
43	10,9	11,2	18,1
44	10,7	11,9	16,3
45	12,1	13	16
46	10,5	13,6	15,2
47	14,9	15	17,9
48	13,7	14,6	21,1
49	12,9	13,5	20,5
50	14,1	15	18,5
mL	2,67	2,6987	2,81
SL2	0,075	0,073	0,288
SL	0,273	0,271	0,17
MG	14,4	14,862	16,61
GSD	1,31	1,311	1,185
Φ	1,15	1,05	1,015
M estimada	15,11	15,605	16,86

Tabla 6 Media estimada promedio (Ci) para el Metilmercaptano en las diferentes etapas de ejecución.

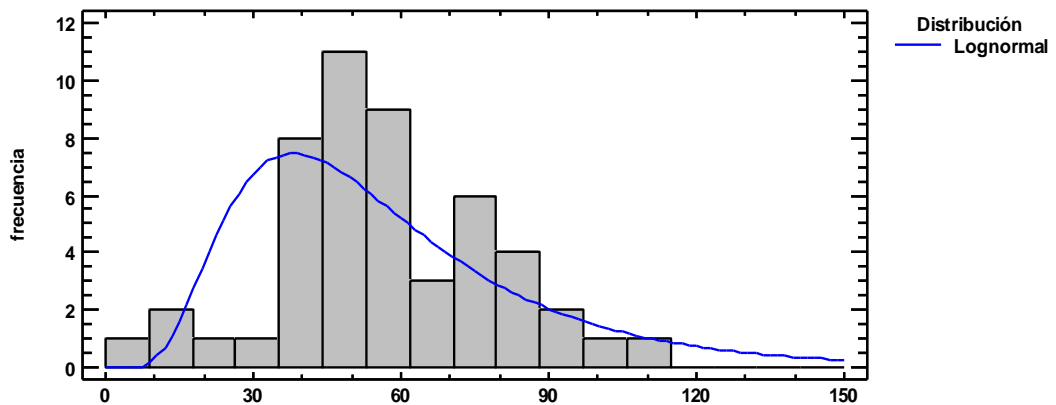
Numero de muestra	Ci ppm (1)	Ci ppm (2)	Ci ppm (3)
1	0,4	0,2	0,7
2	0,5	0,3	0,6
3	0,5	0,5	0,6
4	0,4	0,6	0,6
5	0,7	0,6	0,6
6	0,9	0,7	0,6
7	1,1	0,6	0,6
8	1,2	0,6	0,6
9	1,2	0,6	0,5
10	1,1	0,6	0,4
11	0,9	0,6	0,5
12	0,7	0,4	0,5
13	0,7	0,3	0,4
14	0,9	0,3	0,4
15	0,9	0,4	0,4
16	0,9	0,7	0,5
17	1	0,9	0,6
18	1,1	1,1	0,6
19	1,3	1,2	0,7
20	1,4	1,2	0,8
21	1,3	1,3	0,9
22	1,4	1,4	1
23	1,5	1,5	1,1
24	1,6	1,5	1,2
25	1,5	1,4	1,3
26	1,4	1,4	1,3
27	1,4	1,4	1,4
28	1,5	1,6	1,5
29	1,5	1,6	1,5
30	1,4	1,4	1,4
31	1,3	1,3	1,3
32	1,5	1,1	1,3
33	1,5	0,9	1,2
34	1,3	0,7	1,2
35	1,3	0,7	1,2
36	1,2	0,9	1,1
37	1,1	0,9	1,1
38	0,9	0,9	1,2
39	0,8	1	1,1
40	0,7	1,1	1
41	0,6	1,3	1
42	0,6	1,4	0,9
43	0,6	1,5	0,9
44	0,6	1,5	0,8
45	0,6	1,3	0,7
46	0,6	1,3	0,7
47	0,6	1,3	0,6
48	0,5	1,4	0,6
49	0,4	1,4	0,5
50	0,4	1,5	0,4
mL	-0,09	-0,1	-0,24
SL2	0,184	0,277	0,17
SL	0,43	0,527	0,41
MG	0,91	0,898	0,786
GSD	1,54	1,693	1,5
Φ	1	1,150	1
M estimada	0,908	1,032	0,786

Tabla 7 Media estimada promedio (Ci) para el Butilmercaptano en las diferentes etapas de ejecución.

Numero de muestra	Ci ppm (1)	Ci ppm (2)	Ci ppm (3)
1	0,7	0,7	0,9
2	0,6	0,6	0,8
3	0,5	0,6	0,8
4	0,5	0,6	0,7
5	0,6	0,6	0,8
6	0,7	0,6	0,9
7	0,7	0,6	0,9
8	0,6	0,6	0,9
9	0,8	0,8	0,9
10	0,9	1	0,9
11	0,9	1	1
12	0,9	1	1,2
13	1	0,9	1,2
14	1	0,9	1,2
15	0,9	0,8	0,9
16	0,8	0,9	0,9
17	0,8	0,9	1
18	0,7	0,8	1
19	0,8	0,8	1,1
20	0,9	0,7	1
21	0,9	0,8	0,9
22	0,9	0,8	0,8
23	1	0,8	0,7
24	1	0,9	0,8
25	1,1	1	0,7
26	1,1	1,2	0,7
27	1	1,2	0,6
28	1	1,3	0,6
29	0,9	1,4	0,6
30	1	1,5	0,7
31	1,1	1,5	0,6
32	1,1	1,5	0,6
33	1,2	1,4	0,6
34	1,3	1,2	0,6
35	1,3	1,1	0,7
36	1,4	1,1	0,7
37	1,5	1	0,6
38	1,4	1	0,8
39	1,2	0,9	0,9
40	1,1	0,8	0,9
41	1	0,8	1
42	0,9	0,8	1,1
43	0,8	0,7	1,1
44	0,7	0,7	1,2
45	0,8	0,7	1,3
46	0,7	0,7	1,4
47	0,7	0,6	1,4
48	0,6	0,6	1,5
49	0,5	0,6	1,5
50	0,5	0,6	1,4
mL	-0,14	-0,154	-0,12
SL2	0,08	0,080	0,07
SL	0,28	0,282	0,27
MG	0,867	0,857	0,887
GSD	1,32	1,326	1,31
Φ	1,06	1,06	1,06
M estimada	0,92	0,908	0,94

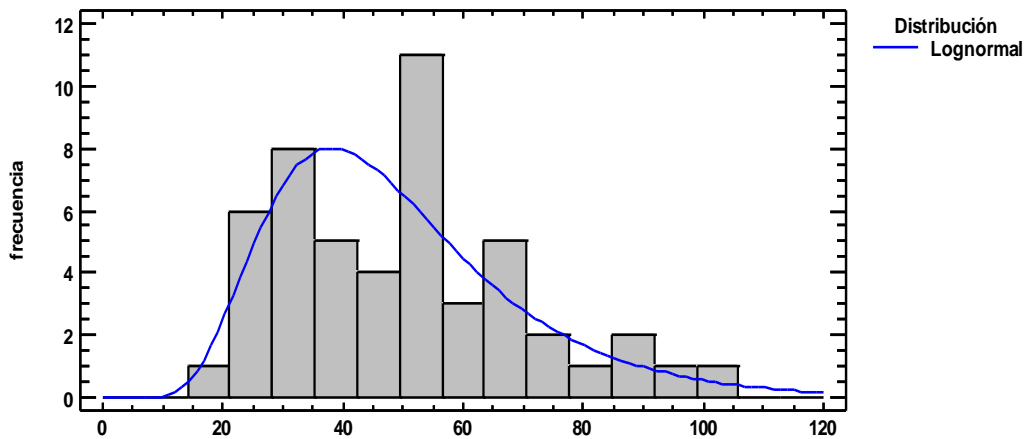
Para constatar que los datos obtenidos siguen una distribución logarítmica normal, se realizó la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para cada compuesto químico en cada una de las réplicas.

Gráfico 2 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Amoniaco en su primera réplica.



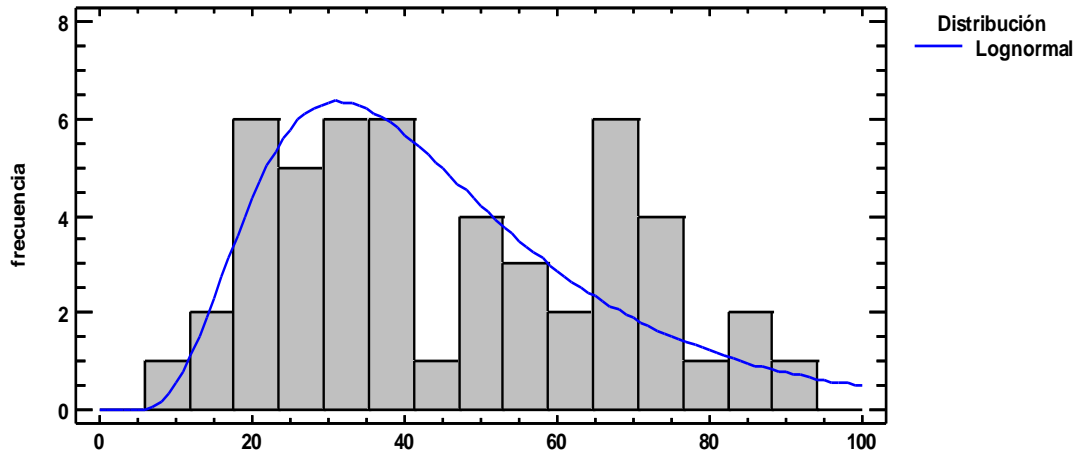
Valor-p= 0.1601

Gráfico 3 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Amoniaco en su segunda réplica.



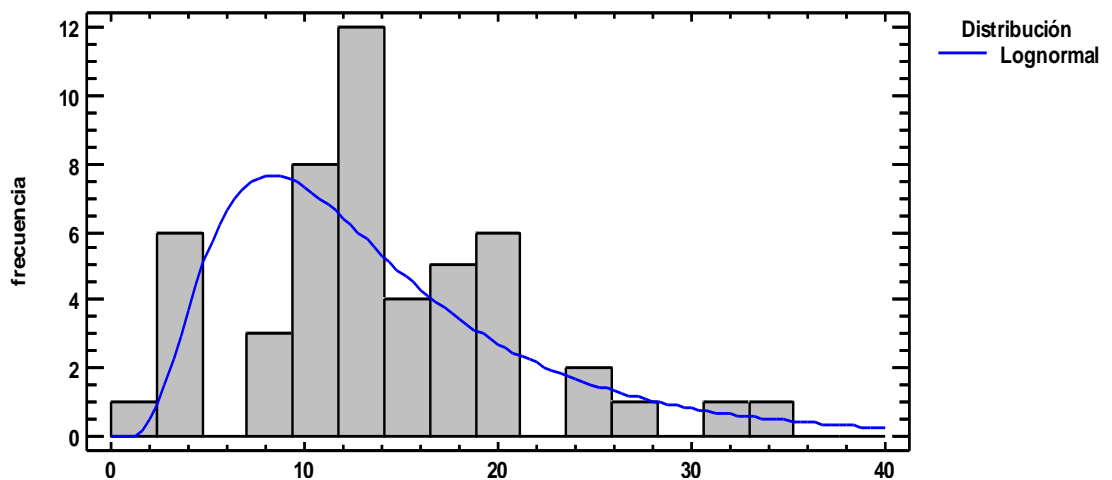
Valor-p= 0.694

Gráfico 4 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Amoniaco en su tercera réplica.



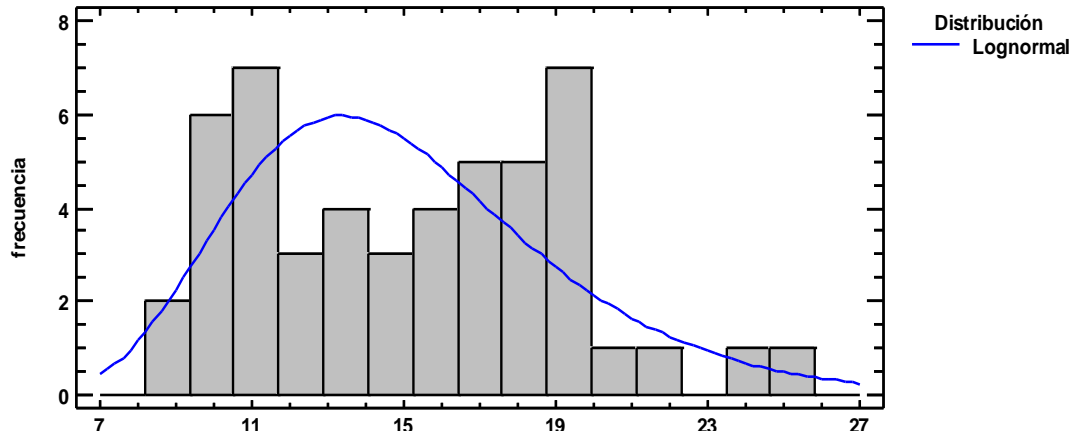
Valor-p= 0.730

Gráfico 5 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Ácido Sulfhídrico en su primera réplica.



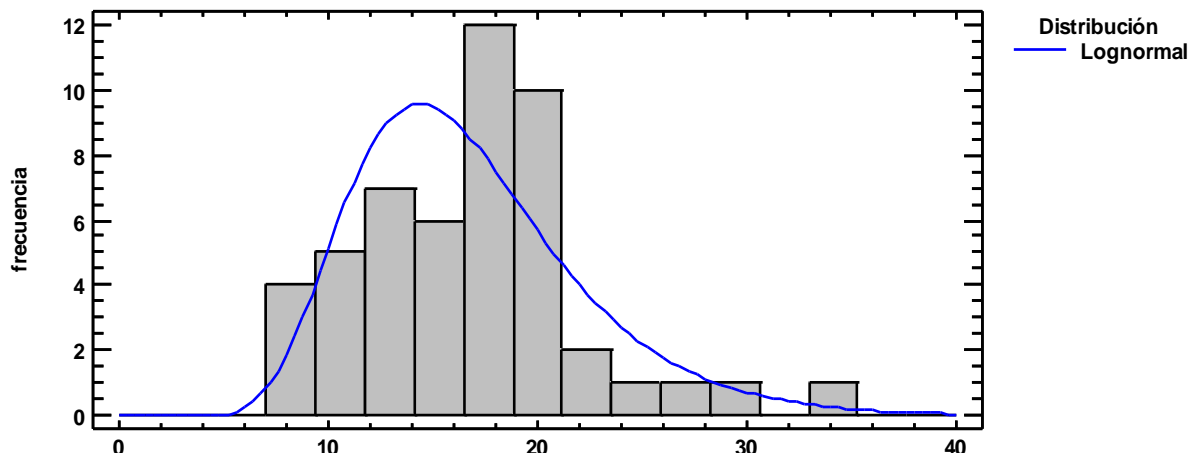
Valor-p= 0,1559

Gráfico 6 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Ácido Sulhídrico en su segunda réplica.



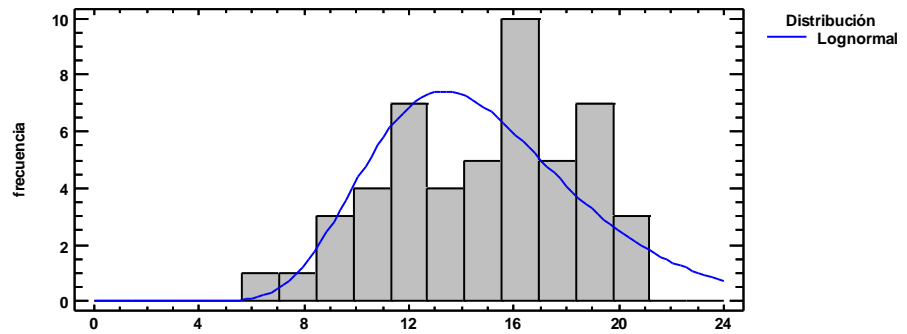
Valor- $p= 0,491$

Gráfico 7 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Ácido Sulhídrico en su tercera réplica.



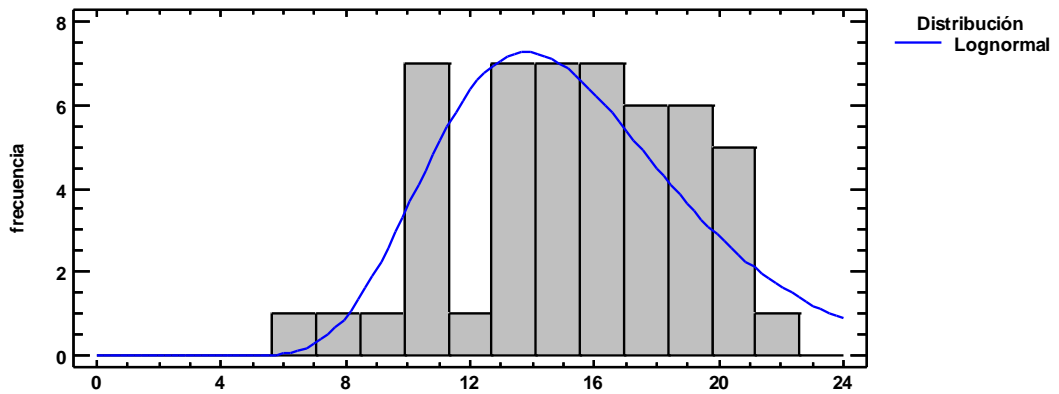
Valor- $p= 0,472$

Gráfico 8 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Nitrobenceno en su primera réplica.



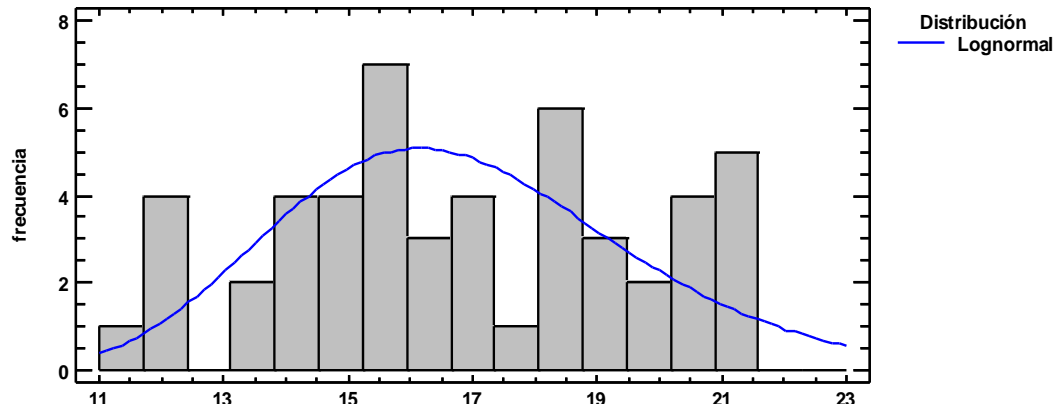
Valor-p= 0.361

Gráfico 9 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Nitrobenceno en su segunda réplica.



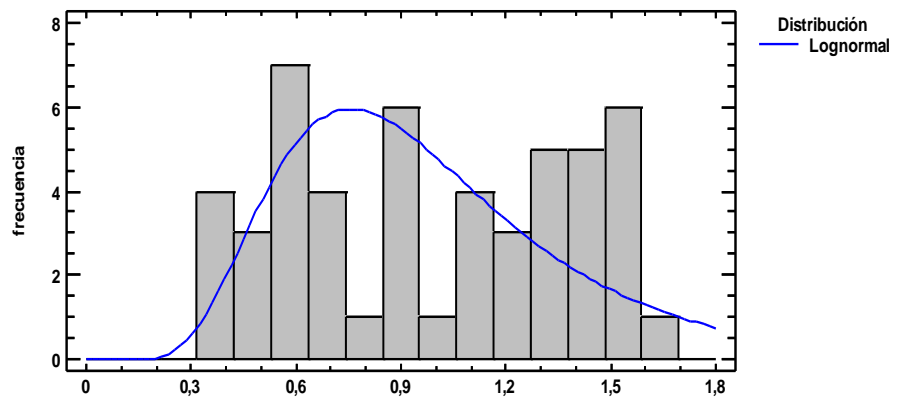
Valor-p= 0.555

Gráfico 10 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Nitrobencono en su tercera réplica.



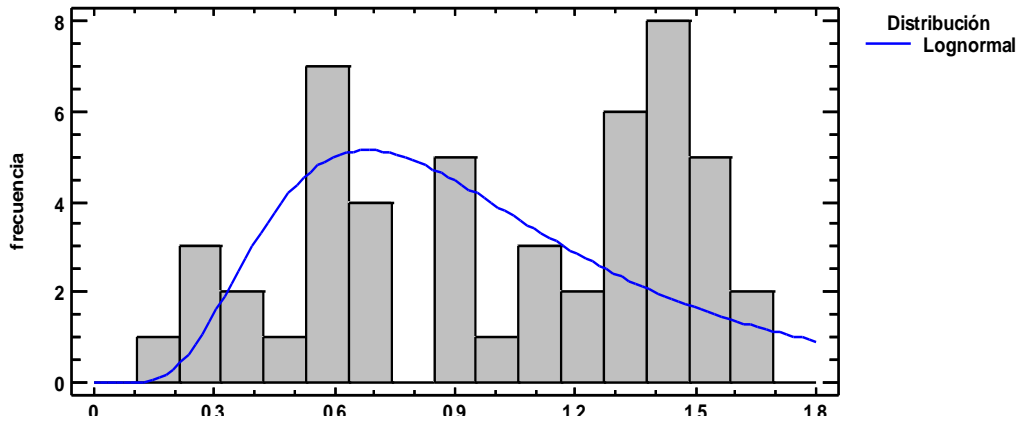
Valor-p= 0.779

Gráfico 11 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Metilmercaptano en su primera réplica.



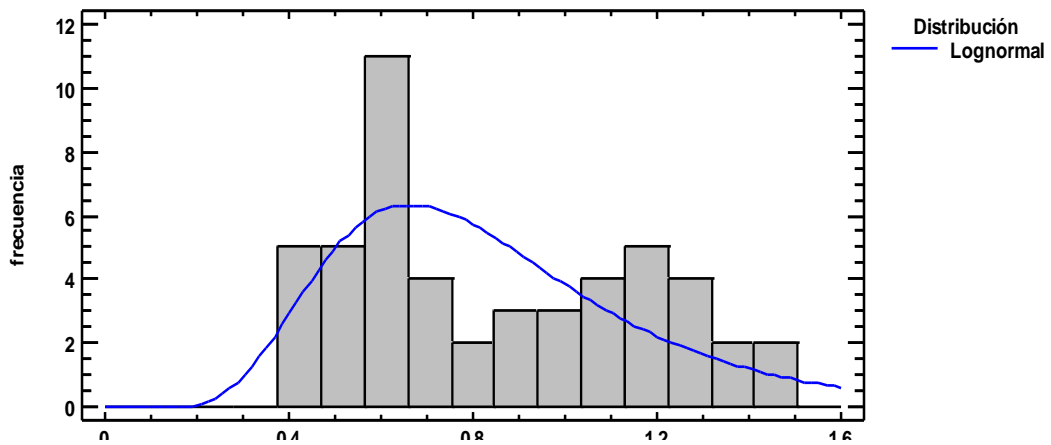
Valor-p= 0.201

Gráfico 12 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Metilmercaptano en su segunda réplica.



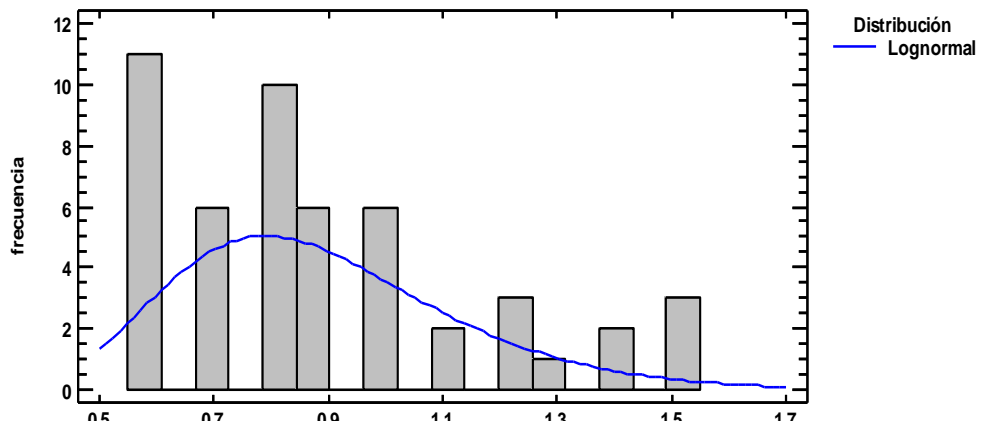
Valor-p= 0.081

Gráfico 13 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Metilmercaptano en su tercera réplica.



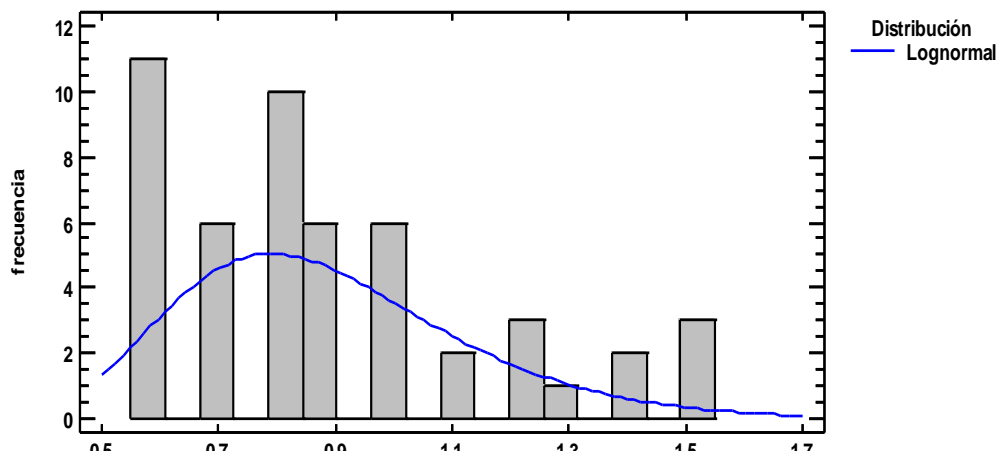
Valop-p= 0.131

Gráfico 14 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Butilmercaptano en su primera réplica.



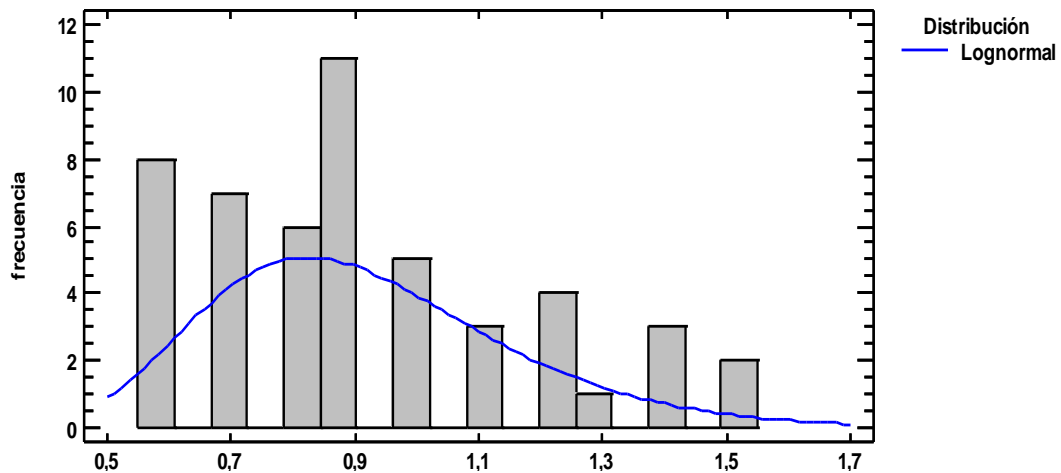
Valor-p= 0.3170

Gráfico 15 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Butilmercaptano en su segunda réplica.



Valor-p= 0.317

Gráfico 16 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Butilmercaptano en su tercera réplica.



Valor-p= 0.490

Se muestran las gráficas correspondientes a los histogramas para la concentración de a) Amoniaco b) Ácido Sulhídrico c) Nitrobenceno d) Metil-mercaptano y d) Butil-mercaptano, debido a que el valor-P es mayor o igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que las concentraciones de los gases siguen una distribución logarítmica normal con 95% de confianza.

Para realizar los intervalos de confianza de cada réplica se tomó en cuenta las siguientes graficas tanto para límite inferior como límite superior guía técnica para evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

Intervalos de confianza

$$C_{sup} = MG * F_{sup}$$

$$C_{inf} = MG * F_{inf}$$

Figura 5 Límite superior del intervalo

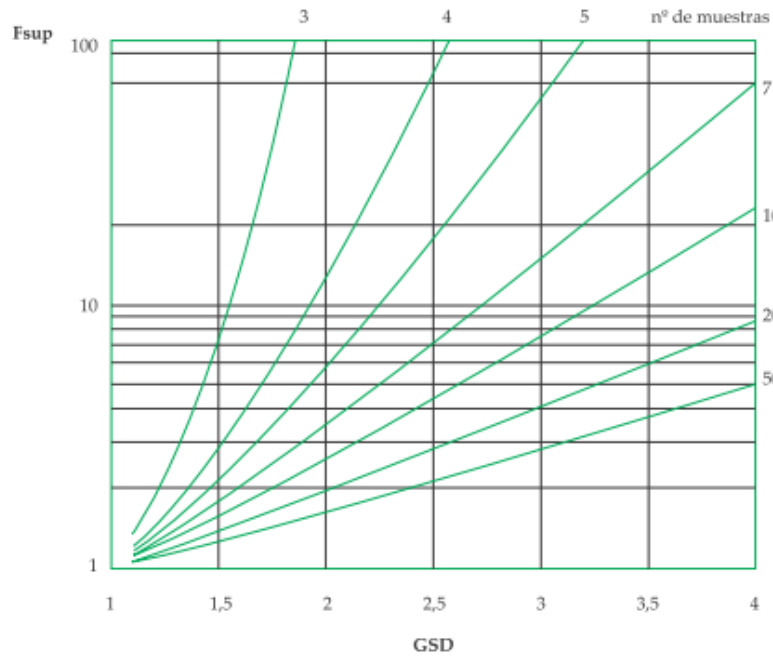
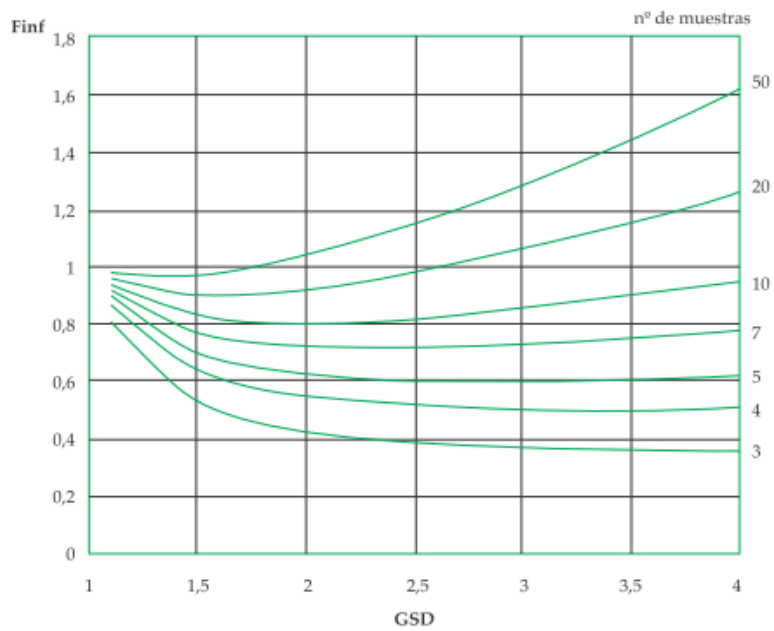


Figura 6 Límite inferior del intervalo



Los intervalos de confianza para cada una de las réplicas se encuentran en el Anexo D.

4.2.- Cálculo de la dosis.

A continuación, con los promedios de las medias estimadas para cada compuesto químico que vendría a ser según la nomenclatura utilizada el Ci, se utilizó la ecuación 3.2.7 para calcular la concentración de exposición diaria para cada compuesto.

Para calcular la dosis de cada compuesto químico evaluado es necesario conocer el Valor Umbral Límite - Media Ponderada en el Tiempo mejor conocida en sus siglas en inglés como TLV-TWA.

Tabla 8 Valores de TLV-TWA.

NOMBRE Y FORMULA	OLOR	U.O (ppm)	TLV-TWA (ppm)	COMENTARIO
Amoniac (NH ₃)	Irritante	5.2	25	Corrosiva para ojos, piel y tracto respiratorio
Ácido Sulhídrico (H ₂ S)	Huevo podrido	0.0081	10	Irrita los ojos y tracto respiratorio. Puede afectar al sistema nervioso central.
Nitrobenceno (C ₆ H ₅ NO ₂)	Betún	0.018	1	Puede afectar a la sangre, al bazo y al hígado.
Metilmercaptano (CH ₄ SH)	A podrido	0.0016	0.5	Irrita los ojos y el tracto respiratorio.
Butilmercaptano (C ₄ H ₁₀ SH)	Fétido	0.001	0.5	Irrita los ojos, piel y tracto respiratorio

Fuente: NTP 320 y Guía de Selección 2001.

Finalmente se calcula la dosis de concentración D, utilizando la formula en el punto 3.2.8.

Tabla 9 Resultados obtenidos para C8 y D de cada compuesto químico evaluado.

Compuesto químico	Fecha de muestreo	Media estimada	Promedio Media estimada	C ₈	D
Amoniaco (NH ₃)	14/03/16	58,447	50,127	9,4	0,376
	04/04/16	45,521			
	18/04/16	46,413			
Ácido Sulfhídrico (H ₂ S)	14/03/16	14,524	15,64	2,93	0,293
	04/04/16	15,19			
	18/04/16	17,15			
Nitrobenceno (C ₆ H ₅ NO ₂)	14/03/16	15,11	15,85	3,037	3,037
	04/04/16	15,605			
	18/04/16	16,86			
Metilmercaptano (CH ₄ SH)		0,91	0,91	0,175	0,341
	04/04/16	1,032			
		0,786			
Butilmercaptano (C ₄ H ₁₀ SH)		0,92	0,923	0,173	0,346
	04/04/16	0,91			
		0,94			
				Suma total de la dosis	4,393

Según los datos obtenidos para la dosis de cada compuesto químico, Tenemos que las dosis para el amoniaco, ácido sulfhídrico, y los mercaptanos dan un valor menor a uno que según la TLV-ED se encuentran en un riesgo bajo para los trabajadores de la Tenería y aun sumando la dosis de estos compuestos da un total de 1,35 lo que representa un riesgo alto de nivel de control por lo que es prudente realizar un método de control en el área de desechos sólidos de la tenería Amazonas.

Por otra parte, se despreció la dosis del nitrobenceno solo para la suma de las dosis anteriores ya que están se encontraban en el rango menor a cero. Pero como el nitrobenceno forma parte de nuestra investigación, incluido a las demás dosis nos da un total de 4,393 que se encuentra en un riesgo critico de nivel de control por lo que es urgente elaborar un plan de control para disminuir en lo posible la concentración de estos compuestos químicos para que se encuentren dentro del rango permitido que es menor a 1, o tratar de eliminar en su totalidad la emisión de estos gases tóxicos.

Tabla 10 Estándares de la dosis de olor según la INSHT

Dosis	Riesgo
D<0.5	Bajo
D(0.5-1)	Medio nivel de acción
D(1-2)	Alto nivel de control
D>2	Crítico nivel de control

Nota: Los valores se encuentran preestablecidos según la INSHT para contaminantes químicos.

Fuente: Instituto Nacional de seguridad e Higiene en el Trabajo. 2002. NTP 108: Criterios toxicológicos generales para los contaminantes químicos. pp. 1-4.

4.3.- Verificación de la hipótesis.

4.3.1.- Hipótesis nula.

La dosis de compuestos químicos analizados en el área de disposición final de desechos no se encuentra por encima de los límites permisibles según la INSHT por lo que no es urgente realizar una medida de control de los mismos.

4.3.2.- Hipótesis alternativa.

La dosis de compuestos químicos analizados en el área de disposición final de desechos se encuentra por encima de los límites permisibles según la INSHT por lo que es urgente realizar una medida de control de los mismos.

Después de haber evaluado los olores en el área de disposición final de desechos provenientes del amoníaco, ácido sulfhídrico y compuestos orgánicos volátiles, siguiendo las normas establecidas según el INSHT, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, debido a que la sumatoria de las dosis de los compuestos químico evaluados dan un valor muy alto de acuerdo a los límites permisibles según la INSHT.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.- Conclusiones.

- Mediante la medición en campo se confirmó que las sustancias químicas que mayor olor causan en una curtiembre son el amoníaco, el ácido sulfhídrico y los compuestos orgánicos volátiles (COV's), estas sustancias se caracterizan por emanar olores fétidos que además de causar discomfort a la gente, también causan daño a la salud si son percibidos frecuentemente, incluso pueden causar la muerte si la concentración de estos compuestos es alta.
- Utilizando las normas establecidas en el INSHT, se usó el tipo de muestreo E, que estima el valor más probable de la media de la exposición de un agente químico en una jornada de trabajo de 8 horas, ya que el estudio se efectuó en tres fechas diferentes.
- Con la utilización del equipo de medición de gases IBRID MX6 se determinó la concentración en ppm de los compuestos químicos evaluados los cuales todos arrojaron resultados encima del TLV-TWA propuestos en el INSHT, lo cual se corrobora al momento de calcular la dosis total que sumo 4.42 que se encuentra en un crítico nivel de control.
- Se aceptó la hipótesis alternativa, por lo que es indispensable realizar una medida de control de la propagación de los olores que los compuestos químicos evaluados causan para salvaguardar la salud de los trabajadores de la Tenería Amazonas, ya que de lo contrario y de seguir laborando en estas condiciones, se encuentran propensos a contraer enfermedades graves, principalmente respiratorias.

5.2.- Recomendaciones.

- Realizar una evaluación microbiológica con el fin de identificar microorganismos patógenos presentes en el área de disposición final de desechos al igual que en los efluentes que también pueden causar daño a la salud de los trabajadores de la Tenería Amazonas.
- Concientizar a las autoridades de la tenería Amazonas a programar jornadas médicas para evaluar la salud de sus trabajadores poniendo énfasis en el estado de sus vías respiratorias, piel y ojos que son las partes más sensibles a la exposición de los agentes químicos analizados.
- Implementar medidas de seguridad por ejemplo equipos de protección individual (EPI's), como mascararas de protección de gases, vestimenta impermeable que cubra la mayor cantidad del cuerpo para que haya exposición a la piel, gafas especiales para proteger los ojos, entre otros equipos de seguridad.

CAPITULO VI

PROPUESTA.

1.- Propósito.

Reducir mediante la instalación de geomembrana HDPE la emisión de gases tóxicos producidos por el proceso de descomposición de los residuos sólidos los cuales provocan daños a la salud de los trabajadores y de esta manera mejorar las condiciones de la atmosfera de trabajo y por ende evitar problemas de salud. La OMS señala que mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire se pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cáncer de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma.

2.- Alcance.

Crear un ambiente de trabajo el cual tenga una buena calidad de aire es decir con concentraciones de contaminantes muy bajas, por ende, que la dosis de contaminantes sea baja evitando así problemas de salud que se producirían a corto o largo plazo en los trabajadores de la tenería si no se realizaría un control.

3.- Introducción.

Personal ejecutor.

- **Tutor:** Ing. Manolo Cordova
- **Ejecutor:** Acosta Freddy
Ramón Paúl

Ubicación

- Provincia: Tungurahua.
- Cantón: Ambato.
- Calles: Av tres carabelas y Seymour.

Beneficiarios:

- Tenería Amazonas.

Tiempo de estación de la ejecución.

- Mayo – Julio 2016

3.1.- Antecedentes de la propuesta.

Como antecedentes se ha determinado que el nivel de exposición de compuestos químicos en el área de disposición final de desechos es sumamente alto encontrándose por encima del nivel recomendado por el INSHT, por lo que es necesaria la implementación de un sistema para reducir en lo posible la emisión de estos compuestos químicos para reducir el nivel de contaminación.

3.1.1.- Medidas de control para disminuir olores.**3.1.1.1.- Técnicas de Ventilación**

Las técnicas de ventilación son una herramienta válida y eficaz para lograr mantener la concentración ambiental del agente por debajo de un valor predefinido. Las técnicas de ventilación tienen un abanico de aplicaciones muy extenso, pero las que tienen utilidad para el control de agentes químicos son la extracción localizada y la ventilación por dilución.

- La extracción localizada consiste en crear, mediante aspiración, una corriente de aire con la intención de captar los contaminantes ambientales (polvo, fibras, humo, vapores, etc.) lo más cerca posible de su zona de emisión al ambiente; de esta forma se evita que el contaminante se disperse en el ambiente pudiendo dar lugar a concentraciones peligrosas, sea por inhalación o por aproximarse al Límite Inferior de Inflamabilidad.

- La ventilación por dilución consiste en introducir en un local una cantidad de aire exterior suficiente para diluir el contaminante generado hasta valores de concentración ambiental no peligrosos para la seguridad y la salud. Con este sistema no se evita la contaminación del ambiente, simplemente se reduce su concentración. Se trata, por tanto, de un sistema de reducción de riesgos cuya aplicabilidad debe limitarse a los casos en que no es posible o no es viable un sistema de extracción localizada (**INSHT, 2001**)

3.1.1.2.- Biocubiertas

Las cubiertas hechas de residuos de plantas son llamadas biocubiertas. Una biocubierta consiste de una capa flotante de 20 a 30 cm de cáscara o tallos de maíz cortados. Los materiales que han sido usados como biocubiertas incluyen paja de avena o cebada, tallos de maíz cortados y hierba seca (**Chanstain, 2007**).

3.1.1.3.- Lagunas de Digestión Cubiertas

Un estanque en el suelo o tanque puede ser diseñado y operado como un digestor anaeróbico. Este tipo de digestores utilizan bacterias anaerobias para tratar los excrementos (**Chanstain, 2007**).

3.1.1.4.- Cubiertas de geomembrana.

Las cubiertas de geomembrana se hacen de material no orgánico que flota sobre la superficie de los desechos; de ahí el nombre de cubierta de geomembrana. Usualmente una geomembrana está hecha de capas de PVCA fundido o fibras de polipropileno. Las membranas son hechas de material que inhiben el paso de los rayos ultravioleta, para reducir la degradación por insolación a niveles aceptables (≈ 10 años). Están disponibles en diferente grosor y son similares en apariencia y textura (**Bicudo, Schmidt, & Jacobson, 2004**)

3.2.- Justificación.

La alternativa más viable para reducir la propagación de los olores causados por amoníaco, ácido sulfhídrico y COV's, en el área de disposición final de desechos es la instalación de una geomembrana HDPE en el área, debido a las propiedades de esta para evitar que los compuestos químicos se propaguen en el ambiente.

Las geomembranas de HDPE están hechas de resina de polietileno, negro de carbón y aditivos; los aditivos son coadyuvantes de elaboración y antioxidantes a largo plazo. Las geomembranas de HDPE son suaves en ambos lados, lisa en un lado y de textura en el otro, o texturas en ambos lados. La resina de polietileno utilizada para geomembranas de HDPE se prepara por polimerización de baja presión de etileno como monómero principal. Se añade negro de humo en una formulación de geomembrana HDPE para la estabilización general, sobre todo para la estabilización de luz UV. Los aditivos se introducen en una formulación de geomembrana HDPE para la prevención de la oxidación, la durabilidad a largo plazo, y como un lubricante o ayudante de proceso durante la fabricación (**Tobergte & Curtis, 2013**).

Para disminuir los olores se implementará medidas de control instalando una geomembrana HDPE en el área de disposición final de los desechos sólidos. En el trabajo de (**Chanstain, 2007**) sobre calidad del Aire y Control de Olores de Instalaciones de Producción Porcina, afirma que el control de olores en almacenamiento de sustancias que producen mal olor se puede controlar utilizando métodos comunes en los cuales se cubre la sección que causa mal olor utilizando ya sea geomembranas o biocubiertas.

La razón por la cual se optó por la utilización de una geomembrana de polietileno de alta densidad o por sus siglas en inglés HDPE son sus diversas propiedades que resultan ventajosas para el control de olores de desechos en la curtiduría:

- Excelente resistencia química
- Sobresaliente resistencia al agrietamiento
- Menor permeabilidad
- Mayor uso en el mercado

La principal ventaja de las geomembranas de HDPE es su mejor resistencia química a los hidrocarburos y solventes (IMPOPLAS, 2013). El Polietileno está formado por la polimerización de compuestos que contienen una adhesión no saturada entre dos átomos de carbón (Rowe y colaboradores, 2010). Esto da como resultado una alta cristalinidad que lo hace resistente a una amplia gama de productos químicos los cuales están presentes en el área de desechos de la curtiduría.

Los rollos de geomembrana se manejan con equipos que no dañe la membrana. Correas de tela están asociadas a las bobinas del material que se utilizarán para la descarga en el sitio de trabajo. El área de almacenamiento deberá ser razonablemente plana y libre de rocas afiladas u otros objetos que podrían dañar el material.

4.- Objetivo.

- Controlar los olores en el área de dispersión final de desechos en la Tenería Amazonas mediante la colocación de una geomembrana HDPE en el área para atenuar los compuestos químicos en el ambiente.

5.- Colocación de la geomembrana HDPE.

El dimensionamiento del área de disposición final de desechos se realizó cuidadosamente tomando en cuenta los parámetros que influyen para la colocación de la geomembrana, por lo que es factible la colocación de la misma.

La geomembrana HDPE se la consiguió en IsraRiegos, ubicada en la calle Primera Imprenta y Filomentor Cuesta. Los rollos disponibles de geomembrana HDPE de 500 micras que equivale a medio milímetro eran de siete metros, por lo que se compró 35 m² de geomembrana HDPE de dimensiones 7 m² por 5 m², que satisface la superficie del área de disposición final de desechos que es de 4 m² por 3 m².

La geomembrana de polietileno de alta densidad HDPE está hecha para resistir satisfactoriamente los residuos a controlar y a manejar las reacciones químicas entre sí. Con el objeto de respaldar que se cumpla con las especificaciones requeridas se adjunta en el Anexo C6 las especificaciones de la geomembrana utilizada.

Antes de instalar la geomembrana se constató que:

- La superficie preparada este en buenas condiciones y que no se haya deteriorado desde su construcción.
- Que no exista ningún material corto punzante que pueda dañar la geomembrana.
- Se deberá operar la geomembrana sin dañarla y evitando arrugas.

Si la superficie en la que se va a instalar la geomembrana es demasiado amplia, es decir la dimensión de los rollos fabricados no satisface el área que se desea cubrir, es necesario una soldadura mediante termofusión de la geomembrana para ampliar su capacidad de recubrimiento y posteriormente se realizan pruebas destructivas y no destructivas para garantizar la soldadura.

En el caso nuestro no fue necesario realizar soldadura por termofusión de la geomembrana ya que la superficie a cubrir es pequeña de aproximadamente 12m² por lo que la dimensión de la geomembrana fabricada satisface totalmente el recubrimiento del área de disposición final de desechos.

6.- Resultados.

A continuación se detallan mediante tablas los resultados obtenidos para la concentración de los diferentes compuestos químicos analizados después de realizar la medida de control respectiva.

Tabla 11 Media estimada promedio (Ci) para el Amoniaco después de colocada la geomembrana

Numero de muestra	Ci ppm
1	13,4
2	13,1
3	12,7
4	12,1
5	11,3
6	11,4
7	11,1
8	10,4
9	9,6
10	8,8
11	8,1
12	7,6
13	7,1
14	6,3
15	5,8
16	5,7
17	5,4
18	5,7
19	6
20	6,6
21	8
22	9,5
23	10,8
24	12,2
25	13,6
26	14,2
27	13,5
28	12,4
29	11,8
30	11,2
31	10
32	9
33	8,9
34	8,9
35	8,6
36	8
37	6,5
38	14,4
39	16,1
40	16
41	14,2
42	12,4
43	11,1
44	10,6
45	9,3
46	8,1
47	6,3
48	6
49	9,8
50	10,1
mL	2,25
SL2	0,092
SL	0,302
MG	9,57
GSD	1,354
Φ	1,05
M estimada	10,049

Tabla 12 Media estimada promedio (Ci) para el Ácido Sulhídrico después de colocada la geomembrana.

Numero de muestra	Ci ppm
1	3,1
2	2,1
3	2,4
4	2,6
5	2,7
6	3,2
7	2,1
8	2,5
9	2,7
10	0,9
11	2,8
12	2,9
13	2,9
14	2,6
15	2,5
16	2,5
17	2,5
18	2,4
19	2,3
20	2,1
21	2
22	1,8
23	1,6
24	1,6
25	2
26	2,7
27	3,2
28	3,7
29	4
30	4,1
31	4
32	3,8
33	3,5
34	3
35	2,6
36	2,3
37	2
38	1,7
39	1,6
40	1,4
41	1,2
42	1,1
43	0,4
44	0,6
45	2,5
46	3,1
47	1,4
48	1,2
49	0,8
50	0,5
mL	0,72
SL2	0,275
SL	0,525
MG	2,054
GSD	1,69
Φ	1,2
M estimada	2,48

Tabla 13 Media estimada promedio (Ci) para el Nitrobenceno después de colocada la geomembrana.

Numero de muestra	Ci ppm
1	0,4
2	1,4
3	2,2
4	2,3
5	2,2
6	2
7	1,8
8	1,7
9	1,5
10	1,4
11	1,3
12	1,2
13	1,2
14	1,2
15	1,2
16	1,2
17	1,2
18	1,1
19	1,1
20	1
21	1
22	1
23	0,9
24	0,9
25	0,8
26	0,7
27	0,6
28	0,5
29	0,4
30	0,4
31	0,4
32	0,3
33	0,3
34	0,5
35	0,7
36	0,6
37	0,6
38	0,6
39	0,7
40	0,7
41	0,7
42	0,7
43	0,7
44	0,7
45	0,7
46	0,8
47	0,8
48	0,7
49	0,7
50	0,8
mL	-0,15
SL2	0,253
SL	0,503
MG	0,86
GSD	1,654
Φ	1,13
M estimada	0,97

Tabla 14 Media estimada promedio (Ci) para el Metilmercaptano después de colocada la geomembrana.

Numero de muestra	Ci ppm
1	0,2
2	0,4
3	0,5
4	0,6
5	0,6
6	0,5
7	0,5
8	0,5
9	0,5
10	0,4
11	0,4
12	0,3
13	0,3
14	0,3
15	0,2
16	0,2
17	0,2
18	0,2
19	0,2
20	0,2
21	0,1
22	0,1
23	0,1
24	0,1
25	0,2
26	0,3
27	0,4
28	0,5
29	0,6
30	0,6
31	0,6
32	0,5
33	0,4
34	0,4
35	0,4
36	0,4
37	0,3
38	0,3
39	0,3
40	0,3
41	0,3
42	0,3
43	0,2
44	0,2
45	0,2
46	0,1
47	0,1
48	0,1
49	0,1
50	0,1
MI	-1,3
SL2	0,35
SL	0,59
MG	0,271
GSD	1,8
Φ	1,2
M estimada	0,326

Tabla 15 Media estimada promedio (Ci) para el Butilmercaptano después de colocada la geomembrana.

Numero de muestra	Ci ppm
1	0,2
2	0,3
3	0,4
4	0,5
5	0,4
6	0,4
7	0,3
8	0,2
9	0,1
10	0,1
11	0,1
12	0,1
13	0,1
14	0,2
15	0,2
16	0,2
17	0,2
18	0,4
19	0,5
20	0,6
21	0,5
22	0,4
23	0,4
24	0,3
25	0,3
26	0,2
27	0,2
28	0,2
29	0,2
30	0,1
31	0,1
32	0,1
33	0,4
34	0,5
35	0,5
36	0,5
37	0,4
38	0,4
39	0,3
40	0,3
41	0,3
42	0,2
43	0,1
44	0,1
45	0,1
46	0,2
47	0,2
48	0,2
49	0,2
50	0,2
mL	-1,448
SL2	0,32
SL	0,566
MG	0,235
GSD	1,761
Φ	1,17
M estimada	0,275

Se realizó una segunda toma de muestras un mes después de realizado el control en el área de disposición final de desechos utilizando nuevamente en ambos casos el equipo

Ibrid MX6 con la finalidad de constatar que la aplicación de la geomembrana disminuye la emisión de los compuestos químicos que causan daño.

Tabla 16 Media estimada promedio (Ci) para el Amoniaco después de colocada la geomembrana en el segundo muestreo.

Numero de muestra	Ci ppm
1	14,8
2	13,1
3	12,8
4	14,5
5	18,2
6	21,5
7	22,2
8	22
9	19,1
10	15,7
11	12,5
12	10,3
13	9
14	8,1
15	7,5
16	7,8
17	8,3
18	8,4
19	8,6
20	9,1
21	10,3
22	12,3
23	14
24	15,9
25	15,9
26	13,9
27	12,6
28	13,5
29	13,2
30	12,4
31	12,4
32	12,3
33	13,1
34	13,5
35	13,7
36	14
37	14,4
38	15,5
39	16,8
40	17,8
41	17,9
42	17,2
43	15,1
44	10,2
45	11
46	9,6
47	8,3
48	8,8
49	10,4
50	10,1
mL	2,54
SL2	0,81
SL	0,285
MG	12,68
GSD	1,33
Φ	1,05
M estimada	13,31

Tabla 17 Media estimada promedio (Ci) para el Ácido Sulhídrico después de colocada la geomembrana en el segundo muestreo.

Numero de muestra	Ci ppm
1	2,8
2	4,3
3	4,9
4	5,3
5	5,1
6	4,3
7	3,6
8	3,2
9	2,7
10	2
11	1,2
12	0,7
13	1,4
14	2
15	2,4
16	2,5
17	2,7
18	2,9
19	3,1
20	3,1
21	3,2
22	3,2
23	3
24	3
25	3,4
26	4
27	4,8
28	4,6
29	3,9
30	3,2
31	2,8
32	2,8
33	2,4
34	2
35	1,8
36	2,5
37	3,2
38	3,1
39	2,6
40	1,9
41	1,3
42	1,5
43	2,7
44	4,1
45	4,8
46	4,7
47	4,4
48	4,8
49	4,7
50	4,8
mL	1,081
SL2	0,182
SL	0,427
MG	2,95
GSD	1,533
Φ	1
M estimada	2,95

Tabla 18 Media estimada promedio (Ci) para el Nitrobenceno después de colocada la geomembrana en el segundo muestreo.

Numero de muestra	Ci ppm
1	1,6
2	1,5
3	1,1
4	0,9
5	0,8
6	0,9
7	1,1
8	1,2
9	1,1
10	0,9
11	0,7
12	1
13	0,9
14	0,8
15	1
16	0,8
17	0,3
18	0,2
19	0,9
20	1,2
21	1,7
22	1,9
23	1,9
24	1,8
25	1,5
26	1,1
27	0,8
28	0,4
29	0,1
30	0,6
31	1,1
32	1,3
33	1,6
34	1,8
35	2,5
36	2,7
37	2,2
38	1,6
39	1,2
40	0,9
41	0,8
42	0,7
43	0,7
44	0,6
45	0,8
46	0,8
47	0,9
48	0,9
49	1,1
50	1,3
mL	-0,0195
SL2	0,347
SL	0,56
MG	0,98
GSD	1,8
Φ	1,1
M estimada	1,21

Tabla 19 Media estimada promedio (Ci) para el Metilmercaptano después de colocada la geomembrana en el segundo muestreo.

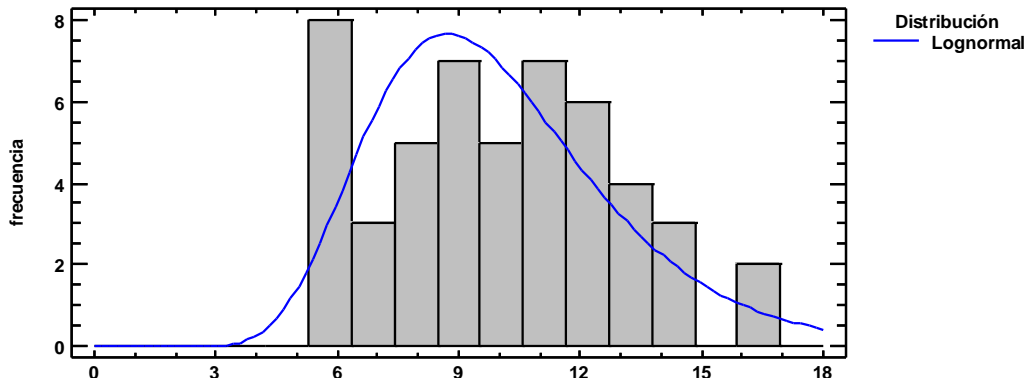
Numero de muestra	Ci ppm
1	0,5
2	0,6
3	0,7
4	0,7
5	0,7
6	0,7
7	0,5
8	0,4
9	0,4
10	0,4
11	0,4
12	0,4
13	0,4
14	0,3
15	0,2
16	0,3
17	0,4
18	0,3
19	0,2
20	0,1
21	0,2
22	0,2
23	0,3
24	0,4
25	0,3
26	0,2
27	0,1
28	0,2
29	0,6
30	0,8
31	0,7
32	0,7
33	0,7
34	0,7
35	0,7
36	0,6
37	0,6
38	0,6
39	0,6
40	0,7
41	0,7
42	0,6
43	0,6
44	0,5
45	0,4
46	0,3
47	0,3
48	0,1
49	0,1
50	0,2
mL	-0,95
SL2	0,346
SL	0,59
MG	0,39
GSD	1,8
Φ	1,19
M estimada	0,46

Tabla 20 Media estimada promedio (Ci) para el Butilmercaptano después de colocada la geomembrana en el segundo muestreo.

Numero de muestra	Ci ppm
1	0,2
2	0,3
3	0,4
4	0,5
5	0,4
6	0,3
7	0,4
8	0,4
9	0,2
10	0,5
11	0,4
12	0,7
13	0,6
14	0,6
15	0,7
16	0,5
17	0,6
18	0,6
19	0,7
20	0,5
21	0,4
22	0,3
23	0,2
24	0,2
25	0,2
26	0,2
27	0,2
28	0,3
29	0,5
30	0,5
31	0,5
32	0,5
33	0,5
34	0,6
35	0,3
36	0,5
37	0,4
38	0,3
39	0,1
40	0,1
41	0,2
42	0,3
43	0,2
44	0,4
45	0,6
46	0,3
47	0,5
48	0,4
49	0,2
50	0,3
mL	-1,03
SL2	0,228
SL	0,478
MG	0,356
GSD	1,613
Φ	1,17
M estimada	0,417

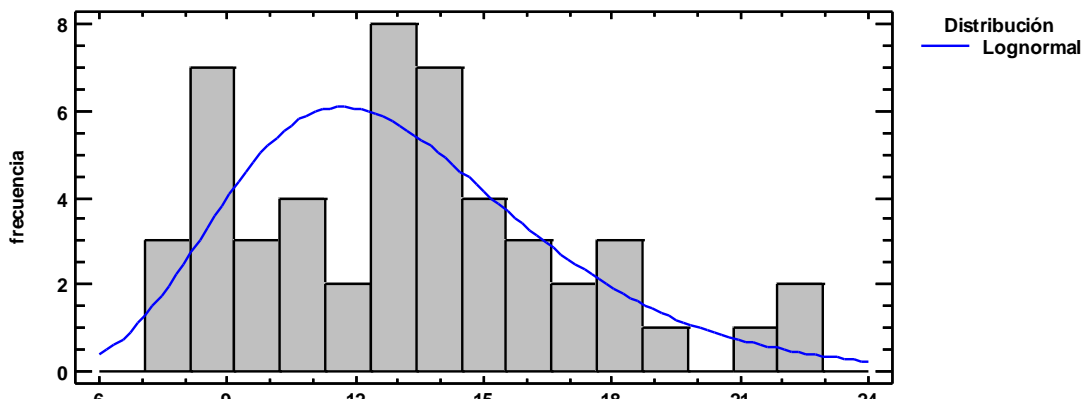
Para constatar que los datos obtenidos siguen una distribución logarítmica normal, se realizó la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para cada compuesto químico en cada una de las réplicas.

Gráfico 17 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Amoniaco en su primera réplica colocada la geomembrana.



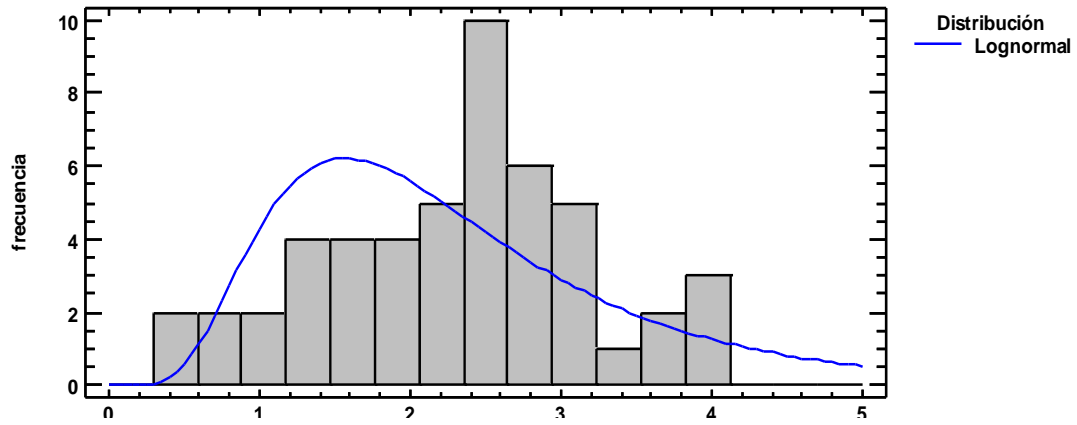
Valor-p= 0.810

Gráfico 18 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Amoniaco en su segunda réplica colocada la geomembrana.



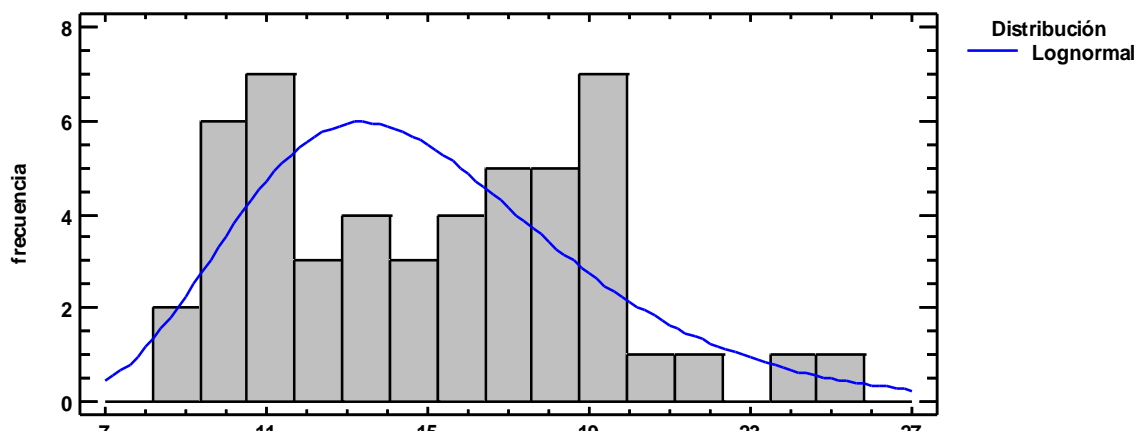
Valor-p= 0.503

Gráfico 19 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Ácido Sulfhídrico en su primera réplica colocada la geomembrana.



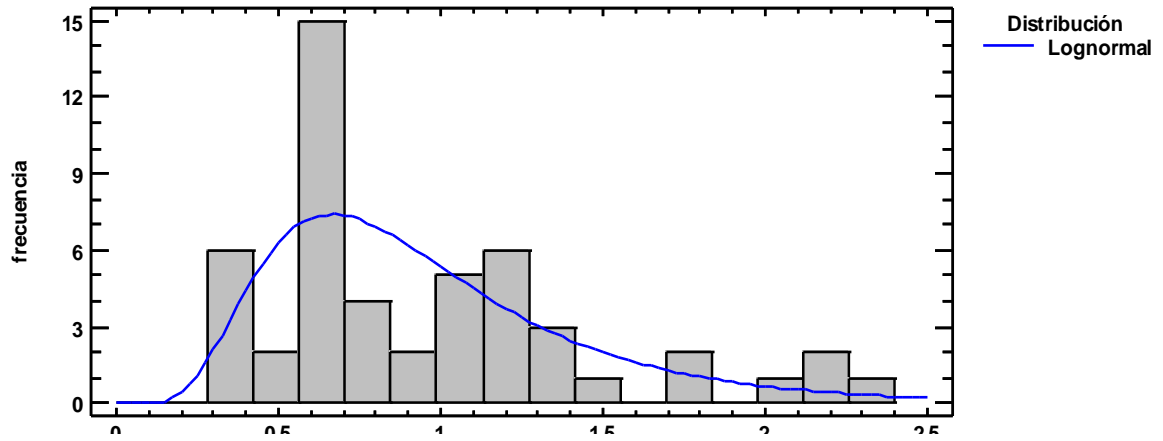
Valor-p= 0.092

Gráfico 20 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Ácido Sulfhídrico en su segunda réplica colocada la geomembrana.



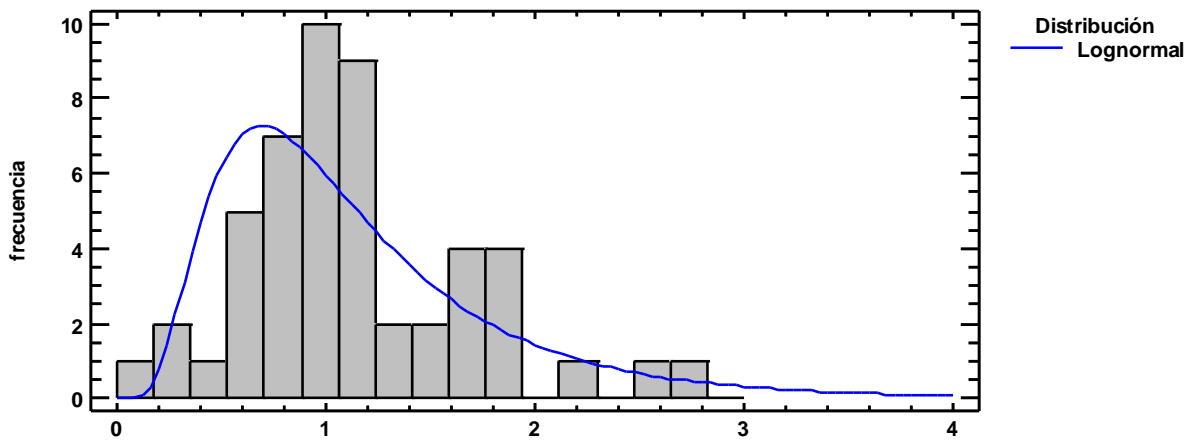
Valor-p= 0,491

Gráfico 21 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Nitrobenceno en su primera réplica colocada la geomembrana.



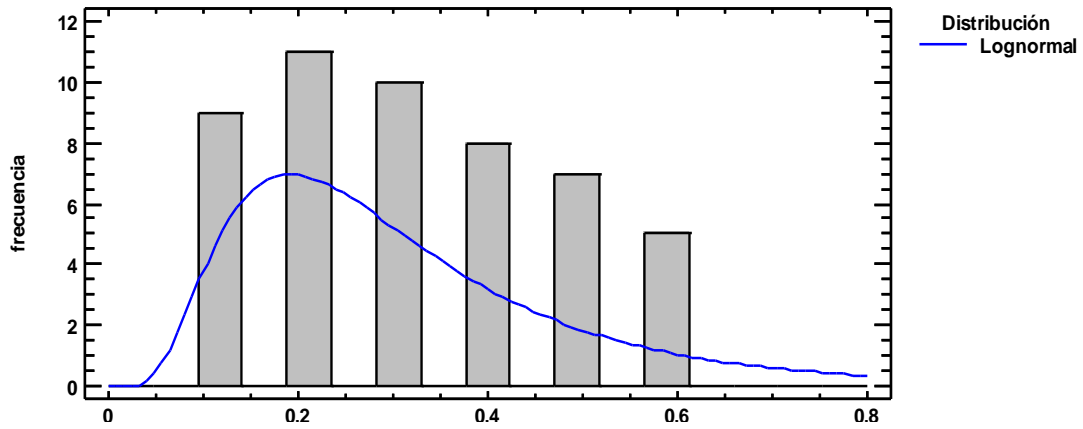
Valor-p= 0.517

Gráfico 22 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Nitrobenceno en su segunda réplica colocada la geomembrana.



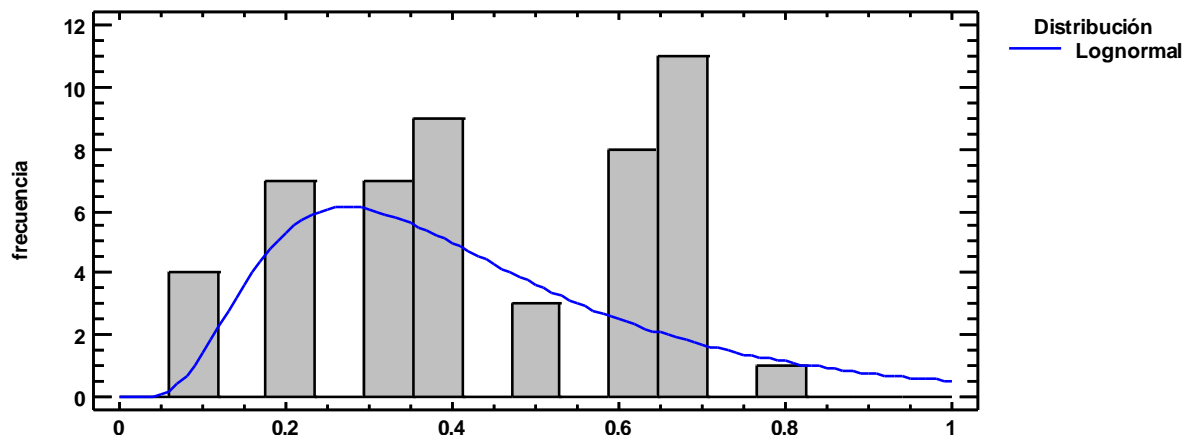
Valor-p= 0.0654

Gráfico 23 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Metilmercaptano en su primera réplica colocada la geomembrana.



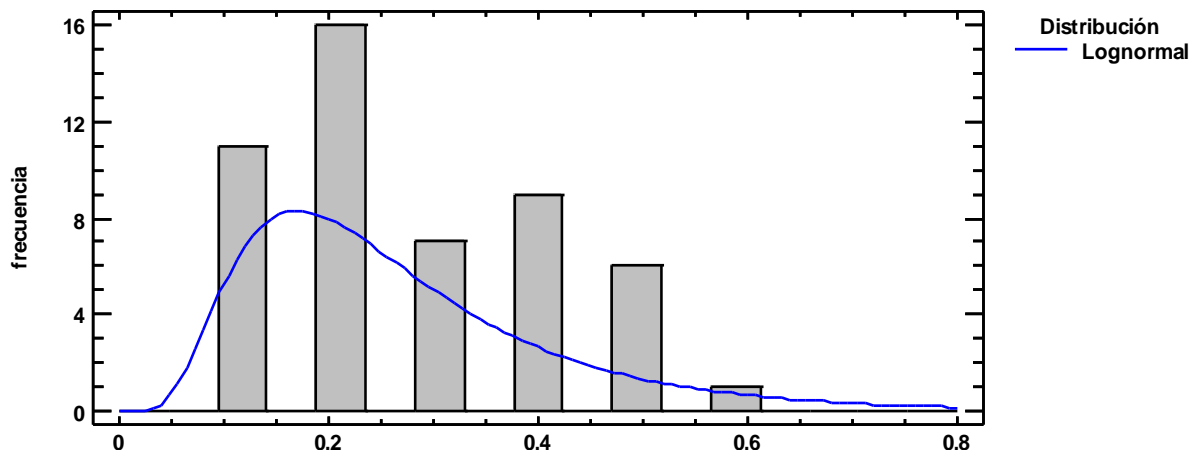
Valor-p= 0.121

Gráfico 24 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Metilmercaptano en su segunda réplica colocada la geomembrana.



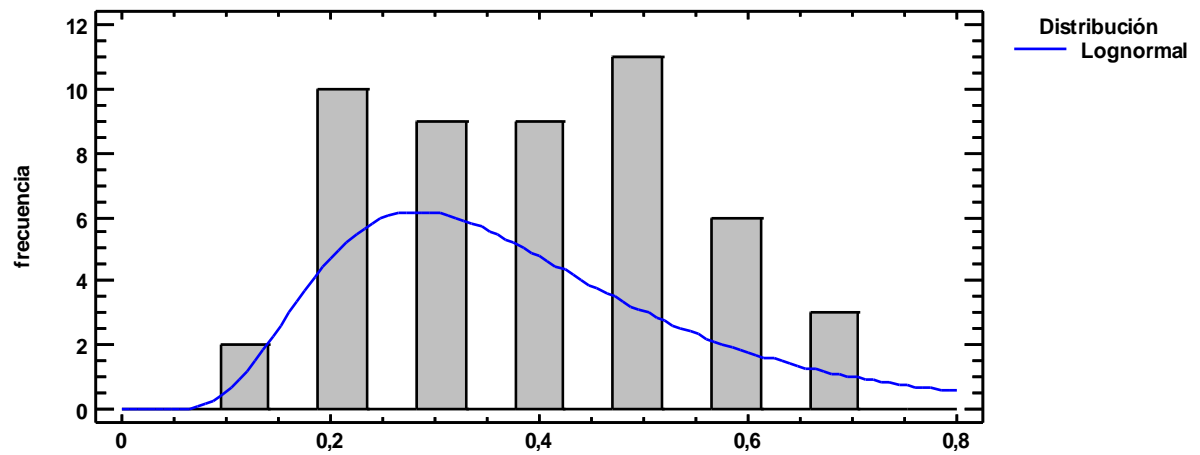
Valor-p= 0.104

Gráfico 25 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Butilmercaptano en su primera réplica colocada la geomembrana.



Valor-p= 0.118

Gráfico 26 Histograma de prueba de Kolmogorov-Smirnov para el Butilmercaptano en su segunda réplica colocada la geomembrana.



Valor-p= 0.094

El INSHT en su norma NTP 347: Contaminantes químicos: evaluación de la concentración ambiental, indica que la variabilidad observada entre los resultados obtenidos a partir de muestreos efectuados en un mismo puesto de trabajo en momentos distintos, es también elevada. Actualmente se considera generalmente admitido que dichos resultados se distribuyen según una ley de probabilidad logarítmico normal, si bien pueden presentarse excepciones. Por ello es prudente verificar la hipótesis de lognormalidad empleando una prueba estadística para verificar el ajuste.

Debido a esto se optó por realizar un análisis en el programa StatGraphics el cual mediante la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov nos indicó si los datos de las concentraciones de los diferentes gases siguen una probabilidad logarítmica normal.

Tabla 21 Resultados obtenidos para C8 y D de cada compuesto químico evaluado después de colocada la geomembrana en el primer análisis.

Compuesto químico	Media estimada	C ₈	D
Amoniaco (NH ₃)	10,05	1,88	0,075
Ácido Sulfhídrico (H ₂ S)	2,48	0,47	0,05
Nitrobenceno (C ₆ H ₅ NO ₂)	0,97	0,182	0,182
Metilmercaptano (CH ₄ SH)	0,33	0,06	0,12
Butilmercaptano (C ₄ H ₁₀ SH)	0,27	0,05	0,102
		Suma total de la dosis	0,53

Tabla 22 Resultados obtenidos para C8 y D de cada compuesto químico evaluado después de colocada la geomembrana en el segundo análisis.

Compuesto químico	Media estimada	C ₈	D
Amoniaco (NH ₃)	13,31	2,5	0,1
Ácido Sulfhídrico (H ₂ S)	2,95	0,55	0,06
Nitrobenceno (C ₆ H ₅ NO ₂)	1,21	0,22	0,22
Metilmercaptano (CH ₄ SH)	0,46	0,09	0,17
Butilmercaptano (C ₄ H ₁₀ SH)	0,42	0,08	0,15
		Suma total de la dosis	0,70

Como se puede observar la dosis obtenida en el primer muestreo es de 0,53, mientras que en el segundo muestreo fue de 0,7. La variabilidad de los resultados obtenidos no es significativa y se da debido a factores externos como el ambiente donde se encuentra el área de disposición final que a pesar de estar cerrado pueden presentarse ciertas corrientes de aire, el equipo mismo en sí, la distancia de medición, la concentración y el estado de descomposición de la materia orgánica.

No obstante, la dosis calculada en ambas mediciones se encuentran dentro del rango permitido por la INSHT que garantiza que el control con la colocación de una geomembrana en el área de disposición final de desechos de la Tenería Amazonas, disminuye considerablemente la emisión de olores al ambiente que agregando el hecho que los trabajadores solo están expuestos a esta área 1 hora y 30 minutos que no representa un daño grave a la salud de los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Akyüz, F., İzzet, A., Universitesi, B., Meslek, G., & Deri, Y. (n.d.). Odor : an Important Problem in Leather Industry. *Agriculture*, pp7-3.

Bicudo, J. R., Schmidt, D. R., & Jacobson, L. D. (2004). Using Covers to Minimize Odor and Gas Emissions from Manure Storages. *Agriculture & Natrual Resources*, (2), 5-3.

Chanstain, I. D. P. (2007). Calidad del Aire y Control de Olores de Edificios e Instalaciones. *Agricultural and Natural Resource Engineering Applications*, (20), 20-8

Chou, D. C. H. S. J. (2003). Hydrogen sulfide : Human health aspects. *World Health Organization*, (53), 41-21.

Cihacek, L., & Bremner, J. (1993). Characterization of the sulfur retained by soils exposed to hydrogen sulfide. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, (24), 85-92.

Colman, E., Lespade, P., Aguilar, M., Matamoros, N., & Massolo, L. (2008). Calidad del aire (covs, mcovs y mohos) en áreas urbanas e industriales de la region capital, provincia de buenos aires. *Centro de investigaciones del medio ambiente*, 8.

Colorado State University. (2008). Ammonia Best Managment Practices. *Oregon State University Extension Service*. (1), 5

Corporation, K., & Fujii, T. (2002). Material Safety Data Sheet of Nitrobenzene. *Anochemia*, 1(800), 1-6.

Cruz, J. A. (2007). Industria del Cuero y las Curtiembres. *VirtualPro*, 14 -16.

Domene, M. (2013). *Archivos Seguridad Laboral*. Obtenido de <http://archivosseguridadlaboral-manueldomene.blogspot.com/2013/05/compuesto-organico-volatil-cov-peligro.html>

Esparza, E., & Gamboa, N. (2013). Contaminación debida a la industria curtiembre. *Revista de Química*, 15(1), 41–63.

Gonzalez Alvarez, J. (27 de Diciembre de 2005). ¿Que es el Mercaptano?. *Diario de Leon*, pp. 9.

Gordillo, G. (2013). Técnicas ambientales de producción más limpia en la industria de curtiembre (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

GreenPeace. (2011). Cueros tóxicos: nuevas evidencias de contaminación en la cuenca mataza-riachuelo. *Greenpeace Argentina*, 1–27.

IMPOPLAS. (2013). Geomembranas HDPE y PVC. *Impoplas Distribuidores de plasticos*, (02), 1–3.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2011). Documentación Toxicológica Para El Establecimiento Del Límite De Exposición Profesional Del Nitrobenceno. *Documentación Límites Exposición Profesional*, (1), 7-2.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2003). Guía técnica para evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos presentes en los lugares de trabajo. *Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo*, (104), 169.

Kanagaraj, J., Velappan, K. C., Chandra Babu, N. K., & Sadulla, S. (2006). Solid wastes generation in the leather industry and its utilization for cleaner environment - A review. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 65(7), 541–548.

Key Technology, I. (2014). Ammonia Awareness Program. *Key Technology, Inc*, 1–4.

Kolaphur. (2013). Mercaptans. *Synthesis and Characterisation of Pyrimidine-2-thiol*, (2)1, 19–32.

MDH. (2010). Volatile Organic Compounds (VOCs) in Your Home Volatile Organic Compounds - VOCs – page 2. *Minnesota MDH fact sheet*, 1–3.

Ministry of Environment & Forests, & India, G. of. (2008). Guidelines on Odour Pollution & Its Control. *East*, (May), 57.

Rames, C., Chokalingam, R., Venkatasubramaniam, S., & Asit, M. (2012). Odour Removal in Leather Tannery. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 02(02), 199–203.

Rowe, R. K., Islam, M. Z., Brachman, R. W. I., Arnepalli, D. N., & Ewais, a. R. (2010). Antioxidant Depletion from a High Density Polyethylene Geomembrane under Simulated Landfill Conditions. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 136(7), 930–939.

Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013). Geomembranes. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

WHO. (2000). Air quality guidelines for Europe. *Environmental Science and Pollution Research*, 3(1), 23–23.

ANEXOS

ANEXO A.
CERTIFICADOS.



SHOWA BEST GLOVE

INDUSTRIAL SCIENTIFIC

QUITO: Mariano Pozo N73-77 (Ponciano Alto) Telefax: (593) 22804919 / 22804920
 GUAYAQUIL: Ciudadela Albatros, Mz 8, Villa 6, Telefax: (593) 42296791

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Cliente: MANOLO CÓRDOVA

N° 008889

Descripción del Equipo: MULTIGAS MX6

Fabricante: INDUSTRIAL SCIENTIFIC

N° DE Serie: 130935W-001

Sistema Fijo:

Sistema Portátil:

Condiciones ambientales del laboratorio: HR: 45% Temp.: 24,4 °C

CALIBRACIÓN DE ALARMAS:

Oxígeno	Tóxico 1	Lo	TWA	Tóxico 2	Lo	TWA
Lo	HI	STEL		HI	STEL	
HI						
Combustible	Tóxico 3	Lo	100 ppm TWA 100 ppm	Tóxico 4	Lo	TWA
Lo	PID	HI	200 ppm STEL 200 ppm	HI	HI	STEL
HI						

CALIBRACIÓN CON GASES: (Aprobados N.I.S.T)

SENSOR A SER CALIBRADO			RESPUESTA DEL SENSOR (SPAN)	VALOR ESTIMADO DE CALIBRACIÓN (Set Point)	CILINDRO DE CALIBRACIÓN		RESULTADO DE CALIBRACIÓN	
SENSOR	GAS USADO	SPAN GAS			N° PARTE FABRICANTE	N° LOTE (N.I.S.T)	PASA	NO PASA
N° SERIE								
OXIGENO								
COMBUSTIBLE								
TOXICO 1								
TOXICO 2								
TOXICO 3	ISOBUTILENO	100ppm	202,8	100	18102939	1411696	X	
01002892					ISC			
TOXICO 4								

Validez del Certificado: 12MESES

Lugar y Fecha de Emisión: Quito, 14-02-2016

Comentarios: Ninguno

LABORATORIO EMM

Realizado por: BYRON GAMBOA

Recibido por:

Manolo Córdova

ANEXO B.

NORMATIVAS.

Anexo B1 (NTP 108)

Año: 1984



NTP 108: Criterios toxicológicos generales para los contaminantes químicos



Toxicological criteria for chemical pollutants
Critères toxicologiques pour les contaminants chimiques

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

José Bartual Sánchez
Doctor en Ciencias Químicas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA

Introducción

El posible efecto nocivo de los contaminantes químicos sobre la salud, debido a su presencia en los ambientes laborales, debe ser considerado en el marco de la acción tóxica que en general pueden ejercer las sustancias químicas.

En términos amplios, se entiende por acción tóxica o toxicidad a la capacidad relativa de un compuesto para ocasionar daños mediante efectos biológicos adversos, una vez ha alcanzado un punto susceptible del cuerpo. Esta posible acción tóxica significa que la exposición a los contaminantes comporta un riesgo, el cual se puede definir como la probabilidad de que produzcan los efectos adversos señalados, bajo las circunstancias concretas de la exposición.

La toxicidad es pues uno de los factores que determinan el riesgo, pero éste responde además a otros varios factores, como la intensidad y la duración de la exposición, la volatilidad del compuesto y el tamaño de las partículas. El concepto de toxicidad se refiere a los efectos biológicos adversos que pueden aparecer tras la interacción de la sustancia con el cuerpo, mientras que el concepto del riesgo incluye además la probabilidad de que se produzca una interacción efectiva.

En consecuencia, la toxicidad y el riesgo se concretarán en cada circunstancia particular en función de los efectos biológicos y las propiedades fisicoquímicas del compuesto implicado, así como de las características que presente la exposición al mismo. Estos efectos, propiedades y características constituyen por tanto unos datos cuyo conocimiento será imprescindible para poder efectuar la evaluación del riesgo y establecer una prevención del mismo.

En esta Nota se presenta un resumen de conceptos y definiciones básicas en Toxicología, en relación con los datos indicados, que pueden servir como criterios de utilidad en Prevención.

Substancias tóxicas. Clasificación

El número de sustancias capaces de mostrar algún efecto tóxico es muy elevado, pues incluye la mayor parte de los compuestos conocidos. Lógicamente, el grupo de sustancias tóxicas con importancia industrial es más reducido pero, no obstante, en la actualidad ya son muy numerosos los compuestos que tienen asignado un límite de concentración en ambientes laborales.

Las sustancias tóxicas pueden clasificarse de acuerdo con varios criterios. Uno de los criterios de clasificación es la estructura química responsable de la toxicidad, ya que ésta no siempre es debida a la composición global, sino que frecuentemente está originada por la presencia de la molécula de un elemento determinado o de un grupo funcional característico. De este modo los tóxicos pueden clasificarse según elementos químicos, grupos funcionales o bien compuestos definidos, tal como se indica a continuación:

Elementos químicos: Compuestos de Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Cobre, Cromo, Fósforo, Manganeseo, Mercurio, Níquel, Plomo, etc.

Grupos Funcionales: Compuestos con grupos aldehído, amido, amino, carboxilo, éster, éter, isocianato, nitrilo, nitró, etc.

Compuestos definidos: Ácido nítrico, cloroformo, dióxido de azufre, fenol, fosgeno, monóxido de carbono, sílice, etc.

Consecuencia de este hecho es que al establecer niveles máximos admisibles, las cantidades correspondientes se suelen referir a la entidad responsable de la acción nociva, sea elemento químico, grupo funcional o compuesto definido -por ejemplo concentración en mg/m³ de benceno, grupo isocianato o plomo- sin que importe, cuando no se especifica, la composición complementaria del tóxico.

Otro criterio de clasificación son las propiedades físicas, particularmente el estado físico en condiciones normales, por su importancia sobre la vía y mecanismo de penetración del tóxico en el organismo. Siguiendo este criterio los tóxicos pueden clasificarse en los tres grupos clásicos:

Gases: Penetran fácilmente en el cuerpo por inhalación y suelen absorberse sin dificultad. Su penetración a través de la piel o por ingestión no suele ser frecuente.

Líquidos: Pueden ser ingeridos accidentalmente pero, en la práctica, el mayor riesgo se produce por inhalación de sus vapores, que se comportan como gases, y también de sus aerosoles. El contacto con la piel puede producir su absorción o efectos locales que pueden llegar a ser muy importantes, principalmente en zonas delicadas como los ojos.

Sólidos: Pueden ser inhalados en forma de polvo o aerosol, pero su penetración profunda en el aparato respiratorio sólo se produce cuando las partículas tienen un diámetro inferior a cinco micras. Su ingestión es muy infrecuente y la acción a través de la piel es menos importante que la de los líquidos. En el caso de los sólidos es particularmente importante la característica de su posible o imposible solubilización en los fluidos biológicos, ya que condiciona el tipo de efecto tóxico.

También constituye un criterio de clasificación el uso o utilización industrial de las sustancias químicas. Una utilización determinada puede incluir un amplio número de compuestos, pero suele presuponer unas características comunes que se traducen en una similitud del efecto tóxico y además también suele propiciar unas condiciones particulares de exposición que conllevan un riesgo específico. Tal es el caso, por ejemplo, de los abrasivos, disolventes, pesticidas, pigmentos inorgánicos, tintes, etc.

Exposición y dosis

La presencia de un contaminante en el medio ambiente en el que se halla un individuo origina la exposición de éste al contaminante en cuestión. La consecuencia de esta exposición -exposición externa- es que cierta cantidad *M* contaminante podrá alcanzar o incorporarse al organismo del individuo, produciendo determinados efectos sobre el mismo.

El concepto de exposición, como magnitud, integra dos factores variables diferentes; la concentración o nivel de presencia del contaminante en el medio y el tiempo o duración de la propia exposición. No obstante, ambos factores tienen interés propio, por lo cual se dice que la exposición es más o menos intensa según sea la magnitud de la concentración del contaminante, y se clasifican las exposiciones en agudas, subagudas y crónicas según su duración y frecuencia.

Cuando la exposición externa produce una incorporación de tóxico al organismo, se origina de hecho una efectiva exposición interna al mismo. En esta situación, la cantidad del contaminante que incorpore el individuo constituye la dosis absorbida o dosis interna. La cantidad de tóxico que, como consecuencia de aquella dosis, alcance un determinado compartimento u órgano del cuerpo del individuo constituirá la dosis local recibida por el mismo y será la causante de los efectos del tóxico en dicho punto.

Efecto tóxico. Definición y clasificaciones

Como se ha dicho anteriormente, la capacidad de producir efectos biológicos adversos, característica de los tóxicos, se manifiesta una vez que éstos alcanzan un punto del cuerpo susceptible a su acción. Por tanto, la acción tóxica se producirá en algún momento durante el transcurso de la presencia del tóxico en el organismo, siguiendo las fases de exposición, absorción, distribución, biotransformación y eliminación. El efecto adverso se concretará a nivel celular en forma de algún cambio biológico, que terminará por afectar al órgano al que pertenecen las células.

Se denomina **concentración crítica** para una célula aquella concentración local del tóxico a la cual se originan cambios funcionales adversos, reversibles o irreversibles, en la propia célula. A su vez, la **concentración crítica** para un órgano es la concentración media en el órgano a la que el tipo de células más sensibles del mismo alcanza la concentración crítica. De este modo, se denomina **órgano crítico** al órgano particular que es el primero en alcanzar la concentración crítica del tóxico, bajo unas circunstancias específicas de exposición.

En general suelen distinguirse varios tipos principales de efectos tóxicos:

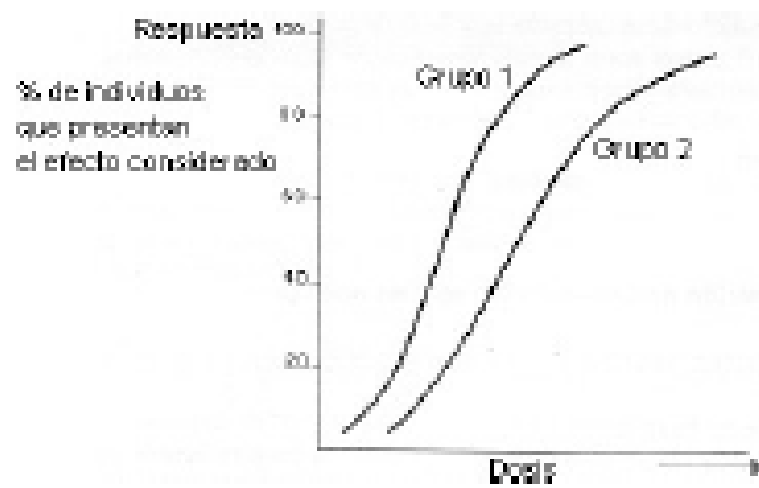
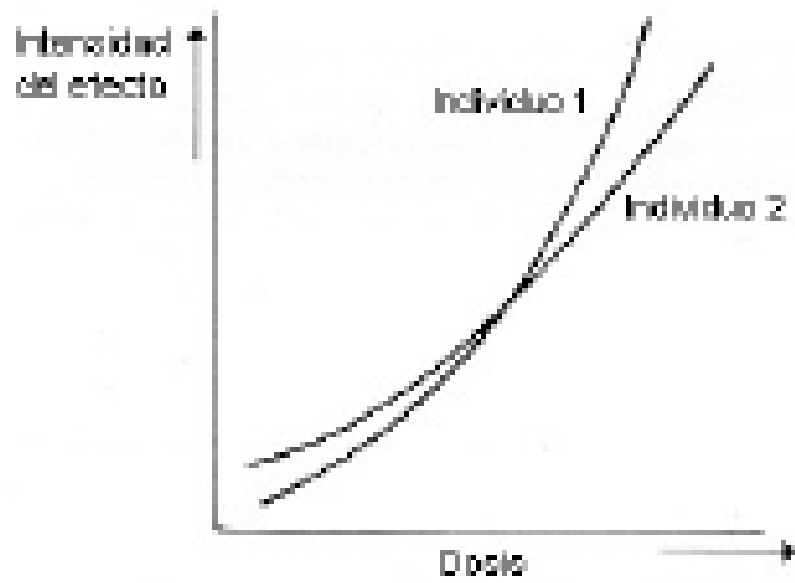
Corrosivo: Efecto de destrucción de los tejidos sobre los que actúa el tóxico.

Irritativo: Efecto de irritación de la piel o las mucosas en los puntos en los que se produce el contacto con el tóxico.

Neumooniónico: Efecto de fibrosis pulmonar producido por partículas sólidas de determinadas sustancias insolubles en los fluidos biológicos.

Asfixiante: Efecto de anoxia producido por desplazamiento del oxígeno del aire (asfixiantes físicos) o por alteración de los mecanismos oxidativos biológicos (asfixiantes químicos).

Sensibilizante: Efecto debido a una reacción de tipo alérgico del organismo ante la presencia del tóxico, que puede manifestarse de múltiples formas (asma, dermatitis).



Cancerígeno, mutágeno y teratógeno: Efecto de producción de cáncer, modificaciones hereditarias y malformaciones en la descendencia, respectivamente, debidas básicamente a la inducción de cambios en los cromosomas de las células.

Sistémico: Alteraciones en órganos y sistemas específicos debidas a la acción sobre los mismos del tóxico, una vez absorbido y distribuido por el cuerpo; incluye, por tanto, los efectos sobre el sistema nervioso, sistema hematopoyético, hígado, riñones, etc.

Frecuentemente se utiliza para clasificar a las sustancias tóxicas el tipo de efecto que producen. Así, el calificativo de "tóxico" se ha venido aplicando tradicionalmente, de modo restrictivo, a las sustancias que presentan efectos sistémicos, en tanto las restantes sustancias tóxicas se suelen calificar según su efecto principal (irritantes, neurotóxicos, asfixiantes, etc). No obstante, estos calificativos pueden originar confusiones, dado que muchos tóxicos son capaces de producir a la vez varios tipos de efectos.

Existen también algunos conceptos que permiten establecer divisiones generales de los efectos tóxicos. Así, pueden considerarse entre los efectos las siguientes dualidades:

Locales y generales: Los primeros aparecen en el lugar de contacto del tóxico con el cuerpo y los segundos se manifiestan en puntos apartados de dicho lugar.

Agudos y crónicos: Responden a una distinción desde el punto de vista clínico según la duración o evolución de las manifestaciones.

Reversibles e irreversibles: Hace referencia a la posibilidad de recuperación del estado normal tras la remisión de los cambios biológicos producidos por el tóxico.

Acumulativos y no acumulativos: Diferencia entre los tóxicos que actúan por acumulación en el organismo, al ser eliminados muy lentamente, y aquellos otros, cuya eliminación es mucho más rápida, que actúan cuando la exposición es suficientemente intensa.

Estocásticos (cuantales) y no estocásticos (graduados): En el primer grupo, la posibilidad de que se produzca el efecto aumenta con la dosis de tóxico recibida (cancerígenos). En el segundo, es la intensidad o gravedad del efecto la que depende de la dosis (irritativos, sistémicos).

Cuando un individuo sufre una exposición combinada, o sea, una exposición simultánea a una mezcla de sustancias tóxicas, pueden presentarse tres tipos de efectos combinados:

Independientes: Cada uno de los tóxicos concurrentes produce un efecto distinto a través de un modo de acción diferente.

Sinérgicos: El efecto combinado es mayor que el de cada uno de los componentes de la mezcla. Los efectos sinérgicos pueden ser de dos clases:

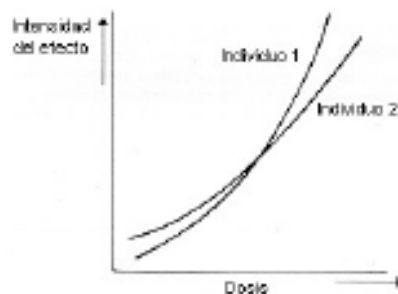
- Aditivos, cuando la magnitud del efecto combinado es igual a la suma de los efectos producidos separadamente por cada uno de los tóxicos.
- Potenciados, cuando el efecto combinado es más que aditivo.

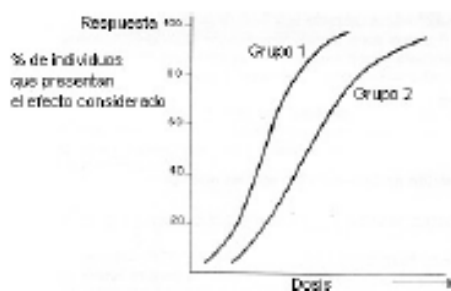
Antagónicos. El efecto combinado es inferior al aditivo.

Relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta

Se denomina relación dosis-efecto a la correspondencia entre la dosis de exposición y la magnitud de un efecto específico en un individuo determinado, y se entiende como relación dosis-respuesta a la correspondencia entre la dosis de exposición y la proporción de individuos, dentro de un grupo de sujetos definido, que presentan un efecto específico con una magnitud determinada.

Ambas relaciones pueden representarse de modo gráfico, constituyendo las denominadas curvas de dosis-efecto y dosis-respuesta. El conocimiento completo de estas relaciones permite la determinación de la dosis máxima con la que no se observa respuesta en condiciones definidas, es decir, el nivel umbral de respuesta, de evidente interés en Prevención.





Índices de toxicidad

El principal recurso para establecer de modo experimental la toxicidad de los compuestos químicos lo constituyen las pruebas de toxicidad con animales. Menos utilizadas son las pruebas de experimentación humana y las pruebas de actividad "in vitro" (prueba de Ames y otras). También la epidemiología aporta datos de importancia pero menos específicos y normalizables.

En las pruebas de toxicidad con animales se utilizan ejemplares que permitan una experimentación relativamente asequible y cuya respuesta general a los efectos de los tóxicos sea extrapolable al hombre.

Una de las pruebas más utilizadas consiste en determinar la dosis letal media para exposiciones agudas, DL 50, que es la dosis, expresada en miligramos de tóxico por kilogramo de peso del ejemplar, que administrada de una vez por vía oral a un grupo concreto de animales produce la muerte del 50% de los mismos en un periodo de 14 días tras el tratamiento.

Otra prueba importante consiste en determinar la concentración letal media, CL 50, que es la concentración del tóxico en aire que al ser inhalada durante un periodo de 4 horas (en la versión principal de esta prueba) produce el fallecimiento del 50% de los animales, en un periodo de 14 días tras el tratamiento.

Estas determinaciones pueden realizarse con algunas variantes, ya sea modificando la duración o frecuencia de la exposición utilizando la vía de entrada dérmica, variando los animales de experimentación, o bien manteniendo un periodo de observación de los efectos más prolongado. En cualquier caso los valores DL 50 y CL 50, con especificación de las condiciones en que han sido determinados, constituyen los índices de toxicidad más amplios de que se dispone, en base a los cuales algunos autores han propuesto la clasificación de los tóxicos en tres o cuatro grupos exponentes del orden de severidad del efecto nocivo -como por ejemplo sustancias muy tóxicas, tóxicas, nocivas y de baja peligrosidad- pero sin que exista hasta el momento un criterio unánime al respecto.

Niveles admisibles de exposición

Desde el punto de vista de la prevención de los riesgos higiénicos, los índices de toxicidad DL 50, e incluso los índices CL 50, no son de gran utilidad práctica, ya que no permiten deducir unos niveles admisibles de exposición.

Para establecer unas adecuadas medidas preventivas sería preciso conocer las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta de cada posible contaminante, principalmente en el punto referente a valores umbral de respuesta, para poder deducir los niveles máximos de concentración ambiental que no producen efectos nocivos ni desagradables bajo una exposición crónica. El conocimiento de estas relaciones no es fácil, ni es siempre posible la determinación de los umbrales de respuesta, dado el amplio margen de la sensibilidad del organismo humano.

Por estos motivos, los indicados niveles deben establecerse en función de toda la información alternativa disponible, sea toxicológica, epidemiológica o clínica.

De este modo se han elaborado varias listas de niveles ambientales admisibles, que obedecen a criterios y datos no siempre coincidentes. La lista de más amplia aceptación en los países occidentales es la debida a la "American Conference of Governmental Industrial Hygienists" (ACGIH) de U.S.A. y que se denomina "Threshold Limit Values" (TLV) o sea Valores límites umbral. Otras listas importantes son los valores MAK (Concentraciones máximas admisibles) de la República Federal Alemana, los valores MAC de la U.R. S.S. y los valores límites de Suecia.

La relación de los TLV americanos incluye tres categorías de valores:

TLV-TWA: medidas ponderadas en el tiempo

Se trata de concentraciones medias ponderadas en el tiempo, para jornadas normales de 8 horas o 40 horas semanales, a las cuales la mayoría de los trabajadores puede estar expuesta repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos.

TLV-STEL: Límites de exposición para cortos periodos de tiempo

Son concentraciones medias ponderadas para periodos de 15 minutos a las que pueden estar expuestos los trabajadores, durante cualquier periodo continuo de esta duración en el transcurso de la jornada de trabajo, sin sufrir una irritación intolerable, un cambio crónico o irreversible en los tejidos o una narcosis en grado suficiente como para que se incremente la predisposición al accidente, se

dificulten las reacciones de defensa o se reduzcan más de 4 de estas situaciones por día, estando espaciadas como mínimo en 50 minutos y no excediéndose el TLV-TWA diario.

TLV-C: Valores techo

Concentraciones no sobrepasables en ningún instante.

La relación de los TLV, además de estos tres tipos de valores, incluye para determinadas sustancias la notación "Vía dérmica" (Skin) para indicar que es posible una entrada importante en el organismo a través de la piel, la cual si se produce efectivamente invalida el valor TLV asignado. Finalmente, en un apéndice, se relacionan los compuestos de los que se posee alguna evidencia de producir efectos cancerígenos, tanto los que tienen valor TLV asignado como los que no lo tienen.

Los valores TLV, como cualquier otro valor de nivel ambiental admisible para exposiciones laborales, no deben ser utilizados como índice relativo de riesgo o toxicidad, ni en la evaluación o control de la contaminación ambiental extralaboral. Estos valores solo representan las condiciones bajo las que cabe esperar, de acuerdo con los conocimientos de que se dispone, que la casi totalidad de trabajadores pueden estar expuestos repetidamente, día tras día, sin manifestar efectos adversos. Un pequeño porcentaje de trabajadores puede, no obstante, experimentar efectos adversos debido a la amplia variabilidad de la susceptibilidad individual.

Otro modo de realizar una valoración específica de la exposición, con finalidad preventiva, se basa en el establecimiento de los denominados Valores límites biológicos o B. L.V. (Biologic Limit Values). Estos valores representan cantidades máximas de contaminantes (o sus efectos) a los que el trabajador puede estar expuesto sin peligro para su salud o bienestar, estimadas mediante determinaciones efectuadas en sus tejidos, fluidos biológicos o aire exhalado. Estas determinaciones biológicas pueden proporcionar dos tipos de información útil para el control de la exposición del trabajador: una estimación de la exposición interna al tóxico, cuya correlación con los efectos es mejor que la que presenta la exposición externa, o una medida de la respuesta individual del trabajador. El primer caso corresponde a las determinaciones del contaminante o sus metabolitos, y el segundo a las determinaciones de algún tipo de efecto.

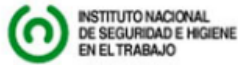
Los valores límites biológicos de exposición, y los procedimientos para determinar la conformidad con los mismos, tienen ventajas e inconvenientes respecto a la utilización de valores ambientales, pero pueden ser considerados como un medio efectivo de control de la salud del trabajador.

Bibliografía

- (1) AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS
TLVs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents In the Work Environment with Intended Changes for 1983-84.
Cincinnati, A. C. G. I. H., 1983
- (2) INTERNATIONAL LABOUR OFFICE
Occupational Exposure Limits for Airborne Toxic Substances (2ª ed.)
Geneva, I. L. O., 1980
- (3) LAUWERYS, R.
Toxicologie Industrielle et Intoxications professionnelles (2ª ed.)
Paris, Masson, 1982
- (4) ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD
Métodos utilizados para establecer niveles admisibles de exposición profesional a los agentes nocivos. Ginebra, O.M.S., 1977
- (5) WORLD HEALTH ORGANIZATION
Principles and Methods for Evaluating the Toxicity of Chemicals. Part. I.
Geneva, W.H.O., 1978

Anexo B2 (NTP 320)

Año: 1997



NTP 320: Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas



Seuils Olfactives et Sécurité de Substances Chimiques Dangereuses
Odors Thresholds and Safety of Dangerous Chemical Substances

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

Jesús Carlos Arenaz Erburu
Licenciado en Medicina

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Objetivo

Teniendo en cuenta que el aparato del sentido olfativo es en el hombre el más sensible y el más importante de los sistemas de receptividad química, el objetivo de esta NTP consiste en determinar el grado de seguridad que nos puede aportar la detección olfatoria de 216 sustancias químicas, a todas las cuales se les ha asignado en la bibliografía una concentración ambiental a partir de la cual comienzan a olerse, en relación a situaciones de riesgo agudo o crónico para la seguridad y la salud de las personas en el medio laboral.

Hay que indicar que la utilización de la información apuntada en este documento es estrictamente orientativa.

Umbral olfativo

El umbral olfativo (U.O.) de una sustancia química dada se define como el valor de la concentración de esa sustancia para el cual el 50% de las personas sometidas al estudio (las cuales no son ni mucho ni poco sensibles a diferentes sustancias olorosas de referencia y están exentas de patología que afecte a la olfacción, entre otros criterios de selección) perciben su olor.

Los valores referidos en esta NTP son valores medios de entre los varios existentes para cada una de las sustancias que se señalan en la bibliografía, debiendo tenerse en cuenta que los U.O. se determinan en condiciones de laboratorio, por lo general distintas de las que encontramos en el medio laboral y sin otro tipo de sustancias olorosas presentes en el medio ambiente, situación que sí puede ocurrir en el lugar de trabajo.

Variabilidad del umbral olfativo

En la práctica, fuera del laboratorio, hay que tener presente la variabilidad del U.O. para las sustancias químicas, ya que habrá personas que detecten el olor por debajo del U.O. y las habrá que no lo perciban por encima de él, en función de ciertos factores de variabilidad en la percepción olfativa, como la diferente sensibilidad del aparato olfativo, el estado de distracción o atención del sujeto, la habituación a los olores, enfermedades que interfieren con la olfacción, variaciones en la temperatura y humedad del aire, existencia de corrientes de aire, la edad, el sexo, etc.

En tal sentido, los Umbrales Olfativos no pueden ser utilizados como límites de seguridad absolutos para detectar las sustancias químicas por el olor antes de alcanzar concentraciones peligrosas.

Seguridad de los umbrales olfativos

La seguridad que nos puede aportar la detección olfatoria se ha analizado en relación a cuatro aspectos distintos, recogiendo los resultados en el listado que se acompaña y que se describe con detalle en el listado de sustancias químicas:

1. Para determinar el grado de seguridad que la detección de una sustancia por el olor puede reportar antes de alcanzar una concentración que suponga riesgo de explosión, se ha relacionado el valor de su U.O. con su límite inferior de explosividad (L.I.E.).

- Para establecer la seguridad que nos pueda aportar el U.O. frente a riesgos crónicos o agudos para la salud, se ha puesto éste en relación con los Valores Límite Umbrales o T.L.V. de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (A.C.G.I. H) establecidos para el año 1992-1993 (concentraciones de sustancias que se encuentran en suspensión en el aire por debajo de las cuales se cree que casi todos los trabajadores pueden exponerse repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos para la salud), pudiendo ser éstos un T.L.V.-T.W.A. (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) o bien un T.L.V.-C (concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante la exposición en el trabajo). Para los gases asfixiantes simples, que no poseen T.L.V., se ha determinado un nivel límite del 14% de volumen en aire, es decir 140.000 partes por millón (p.p.m.) ya que a esta concentración es de esperar que el contenido de oxígeno en el aire sea inferior al 18% (nivel mínimo de contenido de oxígeno en el aire para considerarlo como apto en cuanto al aporte de oxígeno al organismo).
- Frente al riesgo de irritación en humanos, la seguridad aportada por la detección olfatoria de una sustancia química se expresa en la relación entre su U.O. y la concentración a la que comienza la irritación en el hombre ([Irrit.]), bien a nivel de la piel, ocular, nasal, garganta, sistema respiratorio, etc.
- Para establecer el grado de seguridad que puede reportar la detección olorosa de una sustancia química frente al riesgo inmediato para la vida o la salud en el hombre, se ha puesto en relación su U.O. con la concentración inmediatamente peligrosa para la vida o la salud (I.P.V.S.) de esa sustancia (concentración máxima a la cual, en caso de fallo o inexistencia de equipo respiratorio se podría escapar en un plazo de 30 minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud).

Factor de seguridad

Para que la detección olfatoria sea un elemento de protección o seguridad, es necesario que exista un margen de seguridad entre el U. O. y las concentraciones que puedan dar lugar a los riesgos agudos o crónicos explicados en el apartado anterior.

Con el fin de disminuir algunos efectos de las variaciones individuales en la detección olfativa se aplica un factor de seguridad de forma que si T.L.V./U.O.; [Irrit.]/U.O.; I.P.V.S./U.O. o L.I.E./U.O. es mayor o igual de 1.000, se puede decir que existe aceptable nivel de seguridad por la olfacción pues más del 50% de individuos olerán la sustancia antes de alcanzar unos niveles de concentración que puedan suponer el tipo de riesgos agudos o crónicos descritos anteriormente. Esto ocurre para los valores señalados con un asterisco (*) en el listado final de sustancias químicas, no así para los valores que no lo llevan, en cuyo caso significa que la relación es inferior a mil y no se ofrece suficiente seguridad, ya que menos del 50% de personas olerían la sustancia antes de llegar a las concentraciones peligrosas para la seguridad, la salud o la vida.

Listado de sustancias químicas

En el listado final se señalan 216 sustancias químicas a las cuales se ha asignado en la bibliografía un U.O. y que además la mayoría poseen un T.L.V. Se da el nombre de la sustancia con su fórmula molecular y una característica del olor (semejanza con ciertos productos, con fenómenos o elementos de la naturaleza, etc.) según se describe en la bibliografía.

Posteriormente se acompañan para esas 216 sustancias los valores de las concentraciones de su U.O. señalados en el año 1986, de 165 L.I.E., de 200 valores T.L.V., 119 [Irrit.] y 102 I.P.V.S., expresadas todos ellos en partes por millón (p.p.m.), excepto el L.I.E. que está expresado en unidades de % de volumen en aire.

Notaciones:

(--) Indica que no se ha encontrado el dato correspondiente al valor de la concentración o al carácter del olor; (N.I.) Indica que la sustancia es no inflamable; (N.C.) Indica que la sustancia es no combustible; (A) Indica que se trata de un gas asfixiante simple; (C) Indica que se trata de un T.L.V.-C.

Con el fin de facilitar el cambio de unidades, si fuera preciso, se dan las fórmulas para pasar de partes por millón (p.p.m.) a miligramos por metro cúbico (mg/m³) y de % en volumen a p.p.m., así como los pesos atómicos de los componentes de las sustancias para poder conocer el peso molecular de cada una de ellas.

$$\text{mg/m}^3 = \text{p.p.m.} \times \text{Peso molecular de la sustancia}/24,45$$

$$1 \% \text{ en volumen} = 10.000 \text{ p.p.m.}$$

Pesos atómicos de los componentes de las sustancias químicas referenciadas:

As (75); B (11); Br (80); C (12); Cl (35); F (19); H (1); I (127); N (14); Ni (59); O (16); Os (190); P (31); S (32); Se (79); Si (28).

Así, ej.: Peso molecular de NH₃ = 14 + 3 x 1 = 17

Listado de sustancias

Acetatos

De acetileno a butilamina

De butiltolueno a diisopropilamina

De dimetilacetamida a hidróximetilpentanona

De hidruro de selenio a octanona

De óxido de carbono a xilidinas

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O. (ppm)	L.I.E. % en Vol.	TLV-TWA (ppm)	[Irrit.] (ppm)	I.P.V.S. (ppm)
ACETATO DE n-BUTILO. $C_8H_{16}O_2$	Dulce	0,39	1,4*	150	99	10000*
ACETATO DE ETILO. $C_4H_8O_2$	A laca de uñas	3,9	2,2*	400	97	10000*
ACETATO DE 2-ETOXIETILO. $C_6H_{12}O_3$	Dulce	0,056	1,7*	5	—	—
ACETATO DE ISOBUTILO. $C_6H_{12}O_2$	Dulce	0,64	2,4*	150	284	7500*
ACETATO DE ISOPENTILO. $C_7H_{14}O_2$	A plátano	0,025	1*	100*	—	3000*
ACETATO DE ISOPROPILO. $C_5H_{10}O_2$	Afrutado	2,7	1,7*	250	91	16000*
ACETATO DE METILO. $C_3H_6O_2$	Afrutado	4,6	3,1*	200	10065*	10000*
ACETATO DE n-PENTILO. $C_7H_{14}O_2$	A plátano	0,054	1,1*	100	99*	4000*
ACETATO DE sec-PENTILO. $C_7H_{14}O_2$	Afrutado	0,002	1,1*	125*	—	9000*
ACETATO DE n-PROPILO. $C_5H_{10}O_2$	Dulce	0,67	2*	200	—	8000*
ACETATO DE VINILO. $C_4H_6O_2$	Amargo	0,5	2,6*	10	—	—

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O. (ppm)	L.I.E. % en Vol.	TLV-TWA (ppm)	[Irrit.] (ppm)	I.P.V.S. (ppm)
ACETILENO. C_2H_2	A gas	620	2,5	14000(A)	—	—
ACETONA. C_3H_6O	Dulce.	13	2,6*	750	200	20000*
ACETONITRILLO. C_2H_3N	A éter	170	4,4	40	521	4000
ACIDO ACÉTICO. $C_2H_4O_2$	Picante	0,48	5,4*	10	10	1000*
ACIDO ACRÍLICO. $C_3H_4O_2$	Rancio	0,094	5,3*	2	—	—
ACIDO BUTÍRICO. $C_4H_8O_2$	Amargo	0,001	0,2*	—	—	—
ACIDO FÓRMICO. CH_2O_2	Penetrante	49	18*	5	14	30
ACIDO PROPIONICO. $C_3H_6O_2$	Amargo	0,16	2,1*	10	—	—
ACRILATO DE n-BUTILO. $C_7H_{12}O_2$	Rancio	0,035	1,2*	10	—	—
ACRILATO DE ETILO. $C_5H_8O_2$	Terroso	0,0012	1,8*	5*	4*	2000*
ACRILATO DE METILO. $C_4H_6O_2$	Penetrante	0,0048	2,8*	10*	74*	1000*
ACRILONITRILLO. C_3H_3N	A ajo	17	3,1*	2	—	500
ACROLEÍNA. C_3H_4O	Picante	0,16	2,8*	0,1	0,54	5
ALCANFOR. $C_{10}H_{16}O$	A almendras	0,27	0,6*	2	1,7	32
ALCOHOL FURFURÍLICO. $C_5H_8O_2$	A alcohol	8	1,8*	10	—	250
ALDEHIDO ACÉTICO. C_2H_4O	Afrutado	0,05	4*	100*	50*	10000*
ALDEHIDO FÓRMICO. CH_2O	Picante	0,83	7*	0,3(C)	1,2	30
2-AMINOETANOL. C_2H_5NO	Amoniaco	2,6	5,5*	3	5,3	1000
2-AMINOPROPANO. C_3H_7N	Amoniaco	1,2	2,3*	5	9,9	4000*
AMONIACO. NH_3	Irritante	5,2	16*	25	103,5	500
ANHÍDRIDO ACÉTICO. $C_2H_2O_3$	Amargo	0,13	2,9*	5(C)	4,8	1000*
ANHÍDRIDO MALEICO. $C_4H_2O_3$	Picante	0,32	1,4*	0,25	1,36	—
ANHÍDRIDO FTÁLICO. $C_8H_4O_3$	Sofocante	0,053	1,7*	1	5	1652*
ANILINA. C_6H_5N	Picante	1,1	1,3*	2	—	100
ARSENAMINA. AsH_3	A ajo	0,5	N.I.	0,05	—	6
BENCENO. C_6H_6	Dulce	12	1,4*	10	2817	3000
BENCENOTIOL. C_6H_6S	A podrido	0,0009	—	0,5	—	—
p-BENZOQUINONA. $C_6H_4O_2$	Acido	0,084	—	0,1	0,45	68
1-1'-BIFENILO. $C_{12}H_{10}$	A mantequilla	0,00063	0,6*	0,2	1,1*	—
BROMO. Br_2	Penetrante	0,051	N.I.	0,1	0,32	10
BROMOCLOROMETANO. CH_2BrCl	Dulce	400	—	200	—	5000
BROMOETANO. C_2H_5Br	A éter	3,1	—	5	6489*	3500*

BROMO.Br ₂	Penetrante	0,051	N.I.	0,1	0,32	10
BROMOCLOROMETANO.C ₂ H ₄ BrCl	Dulce	400	—	200	—	5000
BROMOETANO.C ₂ H ₅ Br	A éter	3,1	—	5	6489*	3500*
BROMURO DE HIDRÓGENO.BrH	Irritante	2	N.I.	3(C)	3	50
1,3-BUTADIENO.C ₄ H ₆	A goma	1,6	2*	10	—	20000*
BUTANO.C ₄ H ₁₀	A gas	2700	1,9	800	—	—
n-BUTANOL.C ₄ H ₁₀ O	A alcohol	0,83	1,4*	50(C)	25	8000*
sec-BUTANOL.C ₄ H ₁₀ O	A alcohol	2,6	1,7*	100	—	10000*
BUTANONA.C ₄ H ₈ O	Dulce	5,4	1,8*	200	200	—
1-BUTANOTIOL.C ₄ H ₁₀ S	Fétido	0.00097	—	0,5	—	2500*
2-BUTENAL.C ₄ H ₆ O	Picante	0,12	2,1*	2	8	400*
n-BUTILAMINA.C ₄ H ₁₁ N	Amargo	1,8	1,7*	5(C)	10	2000*

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O. (ppm)	L.I.E. % en Vol.	TLV-TWA (ppm)	[Irrit.] (ppm)	I.P.V.S. (ppm)
p-ter-BUTILTOLUENO.C ₁₁ H ₁₆	A gasolina	5	—	10	7,9	1000
2-BUTOXETANOL.C ₈ H ₁₈ O ₂	Dulce	0,1	1,1*	25	—	700*
CIANOACRILATO DE 2-METILO.C ₈ H ₉ NO ₂	—	2,2	—	2	2,64	—
CIANURO DE HIDRÓGENO.CNH	Almen. amargas	0,58	5,4*	10(C)	—	—
CICLOHEXANO.C ₆ H ₁₂	Dulce	25	1,3	300	305	10000
CICLOHEXANOL.C ₆ H ₁₂ O	Alcanforado	0,15	2,4*	50	48,8	3500*
CICLOHEXANONA.C ₆ H ₁₀	Dulce	0,88	1,1*	25	24,9	5000*
CICLOHEXENO.C ₆ H ₁₀	Dulce	0,18	1,2*	300*	—	10000*
CICLOHEXILAMINA.C ₆ H ₁₃ N	—	2,6	1,5*	10	—	—
CICLOPENTADIENO.C ₅ H ₆	A pino	1,9	—	75	—	2000*
CLORO.Cl ₂	Sofocante	0,31	N.I.	0,5	3,1	30
CLOROACETOFENONA.C ₈ H ₇ ClO	Irritante	0,035	—	0,05	7,9	16
CLOROBENCENO.C ₆ H ₅ Cl	A almendras	0,68	1,3*	10	202,7	2400*
2-CLORO-1,3-BUTADIENO.C ₄ H ₅ Cl	A goma	15	2,5*	10	—	400
1-CLORO-2,3 EPOXIPROPANO.C ₃ H ₅ ClO	A cloroformo	0,93	2,3*	2	65,8	250
CLOROETANO.C ₂ H ₅ Cl	A éter	4,2	3,8*	1000	—	20000*
CLOROTILENO.C ₂ H ₃ Cl	Dulce	3000	4	5	—	—
CLOROFORMO.CHCl ₃	Sofocante	85	N.I.	10	—	1000
CLOROMETANO.CH ₃ Cl	Dulce	10	0,81	50	508,4	10000*
3-CLOROPROPENO.C ₃ H ₃ Cl	Picante	1,2	2,9*	1	23,9	300
alfa-CLOROTOLUENO.C ₇ H ₇ Cl	Picante	0,044	1,1*	1	7,9	10
o-CLOROTOLUENO.C ₇ H ₇ Cl	Picante	0,32	1*	50	—	—
CLORURO DE HIDRÓGENO.ClH	Picante	0,77	N.I.	5(C)	32,8	100
CRESOLES.C ₇ H ₈ O	A alquitrán	0,0028	1,1*	5*	—	250*
DECABORANO.B ₁₀ H ₁₂	Picante	0,06	—	0,05	—	20
1,2-DIAMINOETANO.C ₂ H ₈ N ₂	Amoniacal	1	2,7*	10	101,6	2000*
DIBORANO.B ₂ H ₆	Dulce repulsivo	2,5	0,8*	0,1	—	40
DICICLOPENTADIENO.C ₁₀ H ₁₂	Dulce	0,0057	—	5	0,49	—
1,2-DICLOROBENCENO.C ₆ H ₄ Cl ₂	Alcanforado	0,3	2,2*	25	24,9	1000*
1,4-DICLOROBENCENO.C ₆ H ₄ Cl ₂	Alcanforado	0,18	—	75	39,9	1000*
1,2-DICLOROETANO.C ₂ H ₄ Cl ₂	A cloroformo	88	6,2	10	—	1000
1,1-DICLOROETILENO.C ₂ H ₃ Cl ₂	A cloroformo	190	7,3	5	—	—
1,2-DICLOROETILENO.C ₂ H ₃ Cl ₂	Irritante	17	8,7*	200	—	4000
DICLOROMETANO.CH ₂ Cl ₂	Dulce	250	15,5	50	2383	5000
1,2-DICLOROPROPANO.C ₃ H ₅ Cl ₂	Dulce	0,25	3,4*	75	—	2000*
DICLORURO DE CARBONIL.COCl ₂	A heno	0,9	N.C.	0,1	1,97	2
DIETILAMINA.C ₄ H ₁₁ N	A pescado	0,13	1,8*	10	50,1	2000*
2-DIETILAMINOETANOL.C ₈ H ₁₉ ON	Amoniacal	0,011	6,7*	10	—	—
DIFLUORURO DE OXÍGENO.F ₂ O	Fétido	0,1	—	0,05(C)	—	—
2,4-DIISOCIANATO DE TOLUENO.C ₇ H ₇ N ₂ O ₂	Afrutado	0,17	0,9*	0,005	0,56	10
DIISOPROPILAMINA.C ₆ H ₁₅ N	A pescado	1,8	1,1*	5	24,1	1000

2,4-DIISOCIANATO DE TOLUENO.C ₉ H ₉ N ₂ O ₂	Afrutado	0,17	0,9*	0,005	0,56	10
DIISOPROPILAMINA.C ₃ H ₉ N	A pescado	1,8	1,1*	5	24,1	1000

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O. (ppm)	L.I.E. % en Vol.	TLV-TWA (ppm)	[Irrit.] (ppm)	LP.V.S. (ppm)
N,N- DIMETILACETAMIDA.C ₄ H ₉ NO	A quemado	47	2	10	—	400
DIMETILAMINA.C ₂ H ₇ N	Amoniaca	0,34	2,8*	5	—	2000
N,N DIMETILANILINA.C ₉ H ₁₁ N	Aceitoso	0,013	1*	5	—	100*
N,N DIMETILFORMAMIDA.C ₃ H ₇ ON	A pescado	2,2	2,2*	10	—	3500*
2,6-DIMETIL-4-HEPTANONA.C ₉ H ₁₈ O	Dulce	0,11	0,8*	25	25,7	2000*
1,1-DIMETILHIDRAZINA.C ₂ H ₆ N ₂	Amoniaca	1,7	2*	0,5	—	50
1,4-DIOXANO.C ₄ H ₈ O ₂	A éter	24	2	25	219,8	2000
DIÓXIDO DE AZUFRE.SO ₂	Sofocante	1,1	N.I.	2	1,9	100
DIÓXIDO DE CARBONO.CO ₂	—	74000	N.I.	5000	—	50000
DIÓXIDO DE CLORO.CIO ₂	A cloro	9,4	—	0,1	5,4	10
DIÓXIDO DE NITRÓGENO.NO ₂	Irritante	0,39	N.I.	3	10,6	50
1,2-EPOXIPROPANO.C ₃ H ₄ O	Dulce	44	1,9	20	473,6	2000
ESTIRENO.C ₈ H ₈	Dulce	0,32	1,1*	50	—	5000*
ETANO.C ₂ H ₆	—	120000	3	140000(A)	—	—
ETANOL.C ₂ H ₅ O	A alcohol	84	3,3	1000	5041,7	—
ETANOTIOL.C ₂ H ₅ S	A podrido	0,00076	2,8*	0,5	—	2500*
ÉTER.C ₄ H ₁₀ O	Dulzón	8,9	1,85*	400	98,96	—
ETILAMINA.C ₂ H ₇ N	Amoniaca	0,95	3,5*	10	97,6	4000*
ETILBENCENO.C ₈ H ₁₀	Aceitoso	2,3	1,2*	100	200	2000
ETILENIMINA.C ₂ H ₄ N	Amoniaca	1,5	3,6*	0,5	113,5	100
ETILENO.C ₂ H ₄	A hierba	290	2,7	140000(A)	—	—
ETILIDENNORBORNENO.C ₉ H ₁₆	Aromático	0,014	—	5(C)	6,1	—
4-ETILMORFOLINA.C ₉ H ₁₃ NO	Amoniaca	1,4	1*	5	39	2000*
2-ETOXIETANOL.C ₄ H ₁₀ O ₂	Dulce	2,7	1,8*	5	—	—
FENOL.C ₆ H ₅ OH	A medicina	0,04	1,7*	5	47,3	250
FLÚOR.F ₂	Picante	0,14	N.C.	1	32,1	25
FLUÓRURO DE HIDRÓGENO.FH	Irritante	0,042	N.I.	3(C)	5,07	30
FORMATO DE ETILO.C ₄ H ₈ O ₂	Aromático	31	2,7	100	326,7	8000
FORMATO DE METILO.C ₃ H ₆ O ₂	A éter	600	5,9	100	3562	5000
FOSFINA.PH ₃	A ajo	0,51	1*	0,3	7,67	200
FOSFITO DE TRIMETILO.C ₃ H ₉ O ₃ P	Picante	0,0001	—	2*	—	—
2-FURFURALDEHIDO.C ₅ H ₄ O ₂	Almendras	0,078	2,1*	2	12,2	250*
HALOTANO.C ₂ HBrClF ₃	—	33	N.I.	50	—	—
HEPTANO.C ₇ H ₁₆	A gasolina	150	1,05	400	—	5000
2-HEPTANONA.C ₇ H ₁₄ O	Dulce	0,35	1*	50	—	4000*
HEXAFLUOROCICLOPENTADIENO.C ₅ Cl ₂	—	0,03	—	0,01	—	—
HEXAFLUOROETANO.C ₂ Cl ₄	Alcanforado	0,15	N.C.	1	—	300*
HEXANO.C ₆ H ₁₄	A gasolina	130	1,2	50	51	5000
2-HEXANONA.C ₆ H ₁₂ O	A pintura	0,076	1,2*	5	—	5000*
HIDRAZINA.N ₂ H ₄	Amoniaca	3,7	4,7*	0,1	—	80
4-HIDROXI-4-METIL-2-PENTANONA.C ₆ H ₁₂ O ₂	Dulce	0,28	1,8*	50	50,5	—

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O. (ppm)	L.I.E. % en Vol.	TLV-TWA (ppm)	[Irrit.] (ppm)	LP.V.S. (ppm)
HIDRURO DE SELENIO. SeH_2	A ajo	0,3	—	0,05	1,8	—
2,2'-IMINODIETANOL. $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{NO}_2$	Amoniaco	0,27	—	3	—	—
1-H-INDENO. C_9H_8	—	0,015	—	3	—	—
ISOBUTANOL. C_4H_{10}	A húmedo	1,6	1,2*	50	98,96	8000*
ISOCIANATO DE METILO. $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$	Intenso	2,1	5,3*	0,02	21,4	20
ISOFORONA. $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}$	Penetrante	0,2	0,8*	5(C)	8,84	800*
ISOPROPENILBENCENO. C_9H_{10}	Aromático	0,29	1,9*	50	198,6	—
ISOPROPILBENCENO. C_9H_{12}	Penetrante	0,088	0,9*	50	—	8000*
LACTATO DE n-BUTILO. $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_3$	—	7	—	5	—	—
METACRILATO DE METILO. $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$	A plástico	0,083	2,1*	100*	170,1*	4000*
METANOL. CH_3O	Agrio	100	6	200	17477,9	25000
METANOTIOL. CH_3S	A podrido	0,0016	3,9*	0,5	—	400*
METILAMINA. CH_3N	A pescado	3,2	5*	5	23,6	10
n-METILANILINA. $\text{C}_7\text{H}_7\text{N}$	—	1,7	—	0,5	—	—
3-METIL-1-BUTANOL. $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	Dulce	0,042	1,2*	100*	99,8*	—
3-METIL-2-BUTANONA. $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$	Dulce	1,9	1,8*	200	—	—
METILCICLOHEXANO. C_7H_{14}	Como benceno	630	1,2	400	—	10000
2-METILCICLOHEXANOL. $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}$	A aceite de coco	500	1,3	50	503	—
o-METILESTIRENO. C_8H_{10}	Desagradable	10	0,7	50	49,6	5000
5-METIL-2-HEXANONA. $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}$	—	0,012	—	50*	—	—
METILHIDRAZINA. CH_2N_2	—	1,7	2,5*	0,2(C)	—	50
2-METIL-2,4-PENTANEDIOL. $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2$	—	50	1	25(C)	51,7	—
4-METIL-2-PENTANOL. $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$	Dulce	0,07	1*	25	23,92	2000*
4-METIL-2-PENTANONA. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$	Dulce	0,68	1,2*	50	100	3000*
4-METIL-3-PENTENO-2-ONA. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$	Dulce	0,45	1,4*	15	24,9	5000*
2-METIL-2-PROPANOL. $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	A alcohol	47	2,4	100	—	8000
2-METIL-2-PROPENONITRILO. $\text{C}_4\text{H}_6\text{N}$	—	7	2*	1	2,18	—
2-METOXIETANOL. $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	A alcohol	2,3	2,5*	5	118,2	—
1-METOXI-2-PROPANOL. $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	Aromático	10	1,9*	100	976,69	—
MORFOLINA. $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}$	A pescado	0,01	1,8*	20	—	8000*
NAFTALENO. C_{10}H_8	A alquitrán	0,084	0,9*	10	14,3	500*
NITRATO DE n-PROPILO. $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_3$	A éter	50	2	25	—	2000
NITROBENCENO. $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	A betún	0,018	1,8*	1	45,6	200*
NITROETANO. $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$	Afrutado	2,1	4*	100	100,9	1000
NITROMETANO. CH_3NO_2	Afrutado	3,5	7,3*	100	200,2	1000
1-NITROPROPANO. $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$	Afrutado	11	2,2*	25	98,79	2300
2-NITROPROPANO. $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$	—	70	2,6	10	—	2300
NITROTOLUENO. $\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2$	Aromático	0,045	1,6*	2	—	200*
NONANO. C_9H_{20}	A gasolina	47	0,8	200	—	—
OCTANO. C_8H_{18}	A gasolina	48	1	300	310,38	5000
3-OCTANONA. $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}$	Intenso	6	—	25	49,58	—

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O. (ppm)	L.I.E. % en Vol.	TLV-TWA (ppm)	[Irrit.] (ppm)	I.P.V.S. (ppm)
ÓXIDO DE CARBONO.CO	—	100000	12,5	25	—	1500
ÓXIDO DE DIFENILO.C ₁₂ H ₁₀ O	A geranios	0,0012	0,8*	1	—	—
ÓXIDO DE DIISOPROPILO.C ₈ H ₁₈ O	Dulce	0,017	—	250*	301,4*	10000*
ÓXIDO DE ETILENO.C ₂ H ₂ O	Dulce	430	3	1	—	800
OZONO.O ₃	A tréboles	0,045	N.I.	0,1(C)	1,01	10
PENTABORANO.B ₅ H ₉	Picante	0,96	0,42*	0,005	—	3
PENTANAL.C ₅ H ₁₀ O	—	0,028	—	50*	—	—
n-PENTANO.C ₅ H ₁₂	Dulce	400	1,5	600	—	15000
2-PENTANONA.C ₅ H ₁₀ O	A acetona	11	1,5*	200	—	5000
3-PENTANONA.C ₅ H ₁₀ O	A acetona	2	1,6*	200	—	—
PIRIDINA.C ₅ H ₅ N	A quemado	0,17	1,8*	5	27,8	3600*
PROPANO.C ₃ H ₈	A gas	16000	2,3	140000(A)	—	20000
1-PROPANOL.C ₃ H ₇ O	A alcohol	2,6	2,1*	200	5594,7*	4000*
2-PROPANOL.C ₃ H ₇ O	A alcohol	22	2,5	400	199,37	12000
PROPILENO.C ₃ H ₆	Aromático	76	2	140000*(A)	—	—
SILICATO DE ETILO.CH ₂ SiO ₂	Dulce	17	1,3	10	698,4	1000
SULFURO DE CARBONO.CS ₂	A éter	0,11	1,3*	10	—	500*
SULFURO DE HIDRÓGENO.SH ₂	Huevo podrido	0,0081	4*	10*	10,04*	300*
TETRACARBONIL NÍQUEL.C ₂ O ₂ Ni	A hollín	0,3	2*	0,05	—	—
1,1,2,2-TETRACLOROETANO.C ₂ H ₂ Cl ₄	A cloroformo	1,5	N.I.	1	189,6	150
TETRACLOROETILENO.C ₂ Cl ₄	A éter	27	N.I.	50	104,67	500
TETRACLOROMETANO.CCL ₄	Dulce	96	N.I.	5	—	300
TETRAHIDROFURANO.C ₄ H ₈ O	A éter	2	1,8*	200	—	20000*
TETRÓXIDO DE OSMIO.O ₂ Os	Picante	0,0019	—	0,0002	—	0,09
TIOBISMETANO.C ₂ H ₆ S	A podrido	0,001	0,22	0,5	—	—
TOLUENO.C ₇ H ₈	Como benceno	2,9	1,2*	50	199	2000
TOLUIDINA.C ₇ H ₇ N	Aromático	0,25	1,5*	2	—	—
TRIBROMOMETANO.CHBBr ₃	Dulce	1,3	—	0,5	1980*	—
1,2,4-TRICLOROBCENENO.C ₆ H ₃ Cl ₃	Aromático	1,4	2,6*	5(C)	5,38	—
1,1,1-TRICLOROETANO.C ₂ H ₃ Cl ₃	Dulce	120	7,5	350	994,8	1000
TRICLOROETILENO.C ₂ HCl ₃	A éter	28	12,5*	50	160,76	1000
TRICLOROFLUOROMETANO.CCl ₃ F	Dulce	5	N.I.	1000(C)	—	10000*
TRICLORONITROMETANO.CCl ₂ NO ₂	Penetrante	0,78	—	0,1	0,31	4
TRICLOROTRIFLUOROETANO.C ₂ Cl ₃ F ₃	Dulce	45	—	1000	—	4500
TRIEILAMINA.C ₃ H ₉ N	A pescado	0,48	1,2*	10	48,3	1000*
TRIIÓDOMETANO.CHI ₃	A éter	0,005	—	0,6	—	—
TRIMETILAMINA.C ₃ H ₉ N	A pescado	0,00044	2*	5*	—	—
TRIMETILBENCENO.C ₆ H ₁₂	—	0,55	—	25	—	—
VINIL CARBINOL.C ₃ H ₆ O	A mostaza	1,1	2,5*	2	5,26	150
XILENOS.C ₈ H ₁₀	Dulce	1,1	1,1*	100	100,1	1000
XILIDINAS.C ₈ H ₁₁ N	Aromático	0,056	1,5*	5	—	150*

Consideraciones finales

Hay que hacer notar que el sulfuro de hidrógeno (SH₂) se deja de oler a partir de una concentración de 100 a 150 p.p.m. por lo que en este caso no sería adecuado guiarse taxativamente con los datos referenciados en este documento.

A pesar de emplear el factor de seguridad tal y como se ha visto, puede haber factores de variación individual en la percepción de los olores que no queden reducidos por el empleo de aquel, sobre todo los efectos de la habituación, por lo que se recomienda usar con precaución las indicaciones señaladas en esta NTP

Bibliografía

- (1) ROUSSELIN, X. et FALCY, M.
Le Nez, les Produits Chimiques et la sécurité
Cahiers de Notes Documentaires n° 124, 3° Trimestre. 1986
- (2) JOHN E. AMOORE and EARL HAUTALA.
Odor as an Aid to Chemical Safety: Odor Threshold Compared with Threshold Limit Values and Volatilities for 214 Industrial Chemicals in Air and Water Dilution
J. of App. Toxic. Vol. 3, n° 6, 1983
- (3) JON H. RUTH.
Odor Thresholds and Irritation Levels of Several Chemical Substances: A Review
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. (47). March 1986
- (4) PATTY'S INDUSTRIAL HYGIENE and TOXICOLOGY
Vol. 1, Part B. 4th Ed. 842-847. U.S. 1991
- (5) S. FUCHS.
Les Odeurs dans L'Industrie.
Cahiers de Notes Documentaires, n° 56, 3° Trimestre, 1969
- (6) WILLIAM F. GANONG.
Manual de Fisiología Médica
Ed. El Manual Moderno S.A. 6ª Ed. México D.F. 1978
- (7) WILLIAM F. CAIN and AMOS TURK
Smell of Danger: An Analysis of LP-GAS Odorization
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. (46). March 1985
- (8) WINDHOLZ M., BUDARI S., F. BLUMETTIL R. et al.
The Merck Index and Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals
U.S.A. Tenth Ed. 1983
- (9) NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH
Pocket Guide to Chemical Hazards
N.I.O.S.H. Pub. n° 90-117. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. June 1990
- (10) DUTCH INSTITUTE FOR THE WORKING ENVIRONMENT AND THE DUTCH CHEMICAL INDUSTRY ASSOCIATION
Chemical Safety Sheets. Working Safety with Hazardous Chemicals. 1991
- (11) ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
Extremely Hazardous Substances
Superfund Chemical Profiles. Vol I, II. 1988
- (12) CONFERENCIA AMERICANA DE HIGIENISTAS INDUSTRIALES DEL GOBIERNO
TLVs Valores Límite e Índices Biológicos de Exposición para 1992-1993
Dirección General de Trabajo. España
- (13) PIQUE ARDANUY, T.
Concentración "Inmediatamente Peligrosa para la Vida o la Salud" (IPVS)
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Nota Técnica de Prevención 292. 1991
- (14) AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION
Odor Thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards. 1989.
- (15) TOUZA H., ROJAS D. y PEREZ R.
Manual Práctico de Toxicología
Ed. Ciencias Médicas. La Habana. Cuba. 1988.
- (16) LEWIS J. and L. TATKEN R.
Registry of Toxic Effects of Chemical Substances
National Institute for Occupational Safety and Health. Vol. I, II. U. S. 1979
- (17) LIDA N. OSBERN and ROBERTO. CRAPO.
Dung Lung: A Report of Toxic Exposure to Liquid Manure
Annals of Internal Medicine. 95:312-314. Salt Lake City, Utah. U.S. 1981

Anexo B3 (NTP 347)

Año: 1992



NTP 347: Contaminantes químicos: evaluación de la concentración ambiental



Contamination chimique: évaluation de la concentration dans l'air
Chemical contamination: air concentration assesment

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

Emilio Castejón Vilella
Ingeniero Industrial Licenciado en Farmacia

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Introducción

Aunque en los años cincuenta y sesenta algunos estudiosos se interesaron en el desarrollo de modelos que explicaran la variabilidad observada en los resultados de las tomas de muestras ambientales efectuadas por los higienistas industriales, no fue hasta la década de los setenta cuando el tema empezó a preocupar a los higienistas profesionales. La razón de ello fue que en 1970 el Congreso de los Estados Unidos de América aprobó la ley de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Occupational Safety and Health Act) introduciendo la posibilidad de que las mediciones ambientales efectuadas por la Administración pudieran ser la base, si se demostraba que se superaban los límites prescritos reglamentariamente, para la imposición de sanciones a las empresas.

El problema se planteaba en los siguientes términos: puesto que la ley (americana) exige que la concentración legal de referencia sea respetada **dentro de cualquier jornada laboral**, para que un inspector pueda sancionar a la empresa es necesario que pueda **demostrar** que la concentración promedio durante la jornada en la cual se ha realizado la inspección ha superado lo legalmente admitido. Si el inspector ha efectuado una medición durante la totalidad de la jornada, el resultado obtenido en la medición sólo viene afectado por la incertidumbre inherente a los sistemas de muestreo y análisis empleados, incertidumbre que está habitualmente bien cuantificada, por lo que es sencillo calcular el intervalo dentro del cual puede encontrarse la concentración media real y concluir si existe o no infracción; pero cuando, cualesquiera que sean las razones, la toma de muestra no puede cubrir la totalidad de la jornada y, por tanto, los resultados obtenidos son representativos únicamente de una parte de aquella, aparece una nueva incógnita: ¿son los datos obtenidos durante una parte de la jornada, extrapolables a la totalidad de la misma?

Las condiciones bajo las cuales los resultados de una medición que no fuera de jornada completa podían permitir efectuar afirmaciones con respecto a la concentración media diaria y el riesgo de error de dichas afirmaciones, fueron objeto de múltiples publicaciones durante los primeros años setenta, si bien posteriormente el interés por el tema decayó, debido a que el problema era sobre todo norteamericano y originado por una legislación extremadamente peculiar.

En los últimos años, sin embargo, han aparecido una serie de nuevos estudios que replantean el problema desde una perspectiva más amplia e incluyen algunos aspectos que pueden resultar de interés general en la práctica diaria de la Higiene Industrial.

Variabilidad de las concentraciones ambientales

La elevada variabilidad de los resultados de varias tomas de muestra efectuadas en el mismo puesto de trabajo en distintos periodos de tiempo, es bien conocida de los higienistas industriales. Dicha variabilidad es atribuible por un lado, al método experimental de toma de muestras y análisis empleado que, como es lógico, tiene errores inherentes a su propia naturaleza experimental. Este factor de variabilidad es, sin embargo, poco relevante (1) en comparación con el resto de causas que contribuyen al fenómeno y que suelen agruparse bajo el nombre de «causas ambientales»; entre ellas se encuentran las variables propias del proceso de producción (continuo, discontinuo), la variabilidad en la secuencia de operaciones que realiza el trabajador, las características cambiantes de las materias primas, los sistemas de ventilación, etc. La magnitud de la variabilidad observada es relevante tanto para los resultados de los muestreos efectuados en distintos periodos de tiempo a un mismo trabajador, como respecto a las diferencias observadas entre distintos trabajadores.

Con respecto a las diferencias observadas entre distintos trabajadores, y a fin de reducir el número de muestras necesarias para la evaluación de un colectivo, se ha propuesto la clasificación de los mismos en los llamados "grupos homogéneos de exposición" en base a las similitudes existentes entre los puestos de trabajo respectivamente ocupados. La experiencia demuestra (2) que dicho

método es ineficaz y conduce a la definición de grupos homogéneos de exposición con un alto grado de heterogeneidad, debido a que las variables usualmente empleadas para definir la homogeneidad de exposición del grupo (puesto de trabajo, tipo de contaminante, naturaleza del proceso, movilidad del trabajador, etc.) se relacionan sólo marginalmente con las diferencias existentes entre las exposiciones de distintos trabajadores que ocupan puestos "aparentemente" equivalentes. Los esquemas basados únicamente en la "observación" deberían pues complementarse con una utilización juiciosa de los resultados de tomas de muestras efectuadas en trabajadores seleccionados aleatoriamente, tal como recomienda el borrador final de la norma europea EN 689(3).

La variabilidad observada entre los resultados obtenidos a partir de muestreos efectuados en un mismo puesto de trabajo en momentos distintos, es también elevada. Actualmente se considera generalmente admitido que dichos resultados se distribuyen según una ley de probabilidad logarítmico normal (4), si bien pueden presentarse excepciones. Por ello es prudente verificar la hipótesis de lognormalidad empleando una prueba estadística para verificar el ajuste. En la referencia (5), Waters ha recogido varias de dichas pruebas.

Una de las condiciones importantes para que se cumpla la hipótesis de lognormalidad de los resultados de las tomas de muestra ambientales es que éstas sean de duración **aproximadamente igual**. En efecto, (2), distintos estudios teóricos y experimentales han mostrado que muestras de distinta duración tomadas en el mismo ambiente de trabajo siguen distribuciones lognormales de la misma media pero de desviación standard tanto mayor cuanto más corto sea el tiempo de muestreo. En todo lo que sigue, pues, nos referiremos exclusivamente a los resultados relativos a tomas de muestra de duración sensiblemente idéntica.

Cuando una variable aleatoria, en este caso los resultados de las mediciones ambientales, sigue una ley de distribución logarítmico-normal, ello implica, por definición, que los logaritmos de dicha variable siguen una distribución normal o de Gauss. Ambas distribuciones se caracterizan mediante parámetros relacionados por expresiones matemáticas sencillas.

A efectos prácticos, los dos parámetros de mayor interés son la media aritmética y la desviación standard de las concentraciones μ_c y σ_c respectivamente. Como medida de dispersión es usual emplear, en lugar de la desviación standard, σ_c , el valor de la desviación standard geométrica, GSD (Geometric Standard Deviation) cuyos valores numéricos son más fáciles de manejar pues oscilan entre 1 y 5, aproximadamente. La GSD se define como:

$$GSD = \exp(\sigma_L)$$

donde $\exp(\sigma_L)$ significa e^{σ_L} y σ_L es la desviación standard de la distribución de los logaritmos naturales de las concentraciones.

Incluso para valores de GSD relativamente bajos, la variabilidad "natural" de la distribución lognormal es considerable, lo que explica la dispersión habitualmente hallada en los resultados de las tomas de muestra ambientales. Para ilustrar cuantitativamente este hecho, en la tabla que se inserta a continuación (6) se indica, en el supuesto de que la media aritmética real de la concentración fuese 10 ppm, la amplitud del intervalo en el que se encontrarían el 50% de las muestras obtenidas para distintos valores de GSD; ello implica, naturalmente, que el 50% restante se encontrarían fuera de dicho intervalo.

GSD	INTERVALO, ppm	
1,25	8,6	- 11,6
1,50	7,6	- 13,2
1,75	6,8	- 14,6
2,00	6,3	- 16,0
2,25	5,8	- 17,3
2,50	5,4	- 18,6

Puesto que los valores límite de la concentración ambiental de los contaminantes suelen estar definidos como medias aritméticas de la concentración durante un cierto periodo, uno de los objetivos importantes de toda medición ambiental consiste en determinar, con un margen de error conocido, la media aritmética de la distribución de las concentraciones.

Ello plantea dos principales problemas a resolver: la estimación, a partir de los resultados experimentales, del valor más probable de la media aritmética de la distribución de concentraciones y la determinación de un intervalo de confianza en cuyo interior se encuentre, con una probabilidad conocida (nivel de confianza), el valor real de dicha media aritmética.

Estimación de la media

El problema de estimar el valor de la media aritmética de la concentración a partir de los valores de las mediciones efectuadas fue tratado originalmente por Bar Shalom (7) y, más recientemente, por Selvin y Rappaport (8) y Attfield y Hewett (9), quienes, dicho sea de paso, a nuestro juicio no añaden nada nuevo a lo dicho hace casi treinta años por Bar Shalom.

Desde un punto de vista práctico, el problema puede enfocarse del siguiente modo: sean $c_1, c_2 \dots c_n$, un grupo de medidas independientes (véase el apartado "Dimensión temporal del muestreo: el problema de la autocorrelación" de esta NTP) de duración aproximadamente igual, t_1, t_2, \dots, t_n , sus respectivos logaritmos naturales y m_L la media de estos últimos:

$$m_L = \frac{(\sum l_j)}{n} \quad (a)$$

La estimación μ^*_c de la media aritmética de la distribución (supuesta lognormal) de la que se han tomado las muestras, viene dada por la expresión:

$$\mu^*_c = (g_c) \phi(n, s^*_L) \quad (b)$$

donde g_c es la media geométrica de las concentraciones de la muestra que, por definición, vale:

$$g_c = \exp(m_L)$$

y s^*_L es la estimación de la desviación standard σ_L de la ley de distribución normal que siguen los logaritmos de las concentraciones, que se calcula mediante la expresión:

$$s^*_L = \sqrt{\frac{\sum (m_L - \bar{m}_L)^2}{(n-1)}} \quad (c)$$

La función ϕ se expresa mediante un desarrollo en serie, por lo que su cálculo es engorroso. Por ello, en la figura 1 se da su valor para distintos valores de n y GSD, habiendo tomado para el cálculo los cinco primeros términos de la serie, lo que da una aproximación suficiente (9). Quienes deseen evitar interpolaciones o, simplemente, obtener mayor exactitud, pueden recurrir a la expresión original:

$$\phi = 1 + \frac{n-1}{n} t + \frac{(n-1)^3}{n^2(n+1)} \frac{t^2}{2!} + \frac{(n-1)^5}{n^3(n+1)(n+3)} \frac{t^3}{3!} + \dots$$

donde:

$$t = \frac{(s^*_L)^2}{2}$$

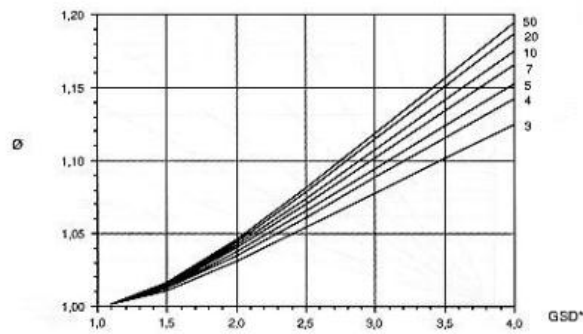


Fig. 1: Valores de ϕ en función de la estimación de la desviación standard geométrica GSD* y del número de muestras n

Ejemplo: Se han tomado cinco muestras de duración aproximadamente igual en momentos elegidos aleatoriamente (ver el apartado 5 de esta NTP). Los resultados obtenidos y sus respectivos logaritmos naturales fueron los siguientes:

$c, \text{mg/m}^3$	$\ln(c)$
2	0,693
3	1,099
4	1,386
5	1,609
6	1,792

A partir de los datos anteriores, la ecuación (a) da $m_L = 1,316$ y en consecuencia será $g_c = 3,728$; de la ecuación (c) se obtiene $s^*_L = 0,434$

Puesto que el valor obtenido de s^*_L es la estimación de σ_L , la estimación GSD* de la GSD de la distribución de concentraciones, valdrá:

$$\text{GSD}^* = \exp(s^*_L) = 1,543$$

Con este valor, y teniendo en cuenta que el número de muestras es $n = 5$, la figura 1 da $\phi = 1,02$.

En consecuencia, de la ecuación (b) se obtiene:

$$\mu^*_L = (g_c) \phi(n, s^*_L) = 3,728 \times 1,015 = 3,803$$

que es el valor más probable de la media aritmética de la concentración.

Intervalo de confianza de la media

La mejor estimación de la media, aun siendo un dato útil, es insuficiente para calibrar adecuadamente la situación. Tan importante como estimar la media es calcular su intervalo de confianza, que se define como aquel intervalo en el que existe una probabilidad conocida (nivel de confianza) de que se encuentre el verdadero valor de la variable.

Aunque los estudios fundamentales son relativamente antiguos (10), no ha sido hasta muy recientemente que se han publicado datos prácticos que permitan calcular con sencillez el intervalo de confianza de la media aritmética de la concentración a partir de los resultados de las mediciones ambientales (11).

El procedimiento operatorio es extremadamente sencillo; a partir de los valores c_1, c_2, \dots, c_n se calculan, tal como se ha indicado, su media aritmética m_L y la estimación de la desviación standard s^*_L . A partir de estos valores se calcula la media geométrica g_c de los valores c_1, \dots, c_n y la estimación de la desviación standard geométrica (GSD*):

$$g_c = \exp(m_L)$$

$$GSD^* = \exp(s^*_L)$$

En la figura 2 se representa, en función de GSD* y para distintos valores del número de muestras tomado, n, el valor del factor de corrección F_{SUP} por el que hay que multiplicar el valor de g_c obtenido para obtener el extremo superior del intervalo de confianza de la media aritmética con un nivel de confianza del 95%.

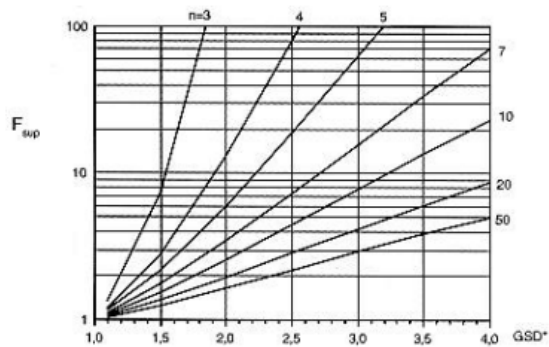


Fig. 2: Valores del factor de corrección F_{sup} para el cálculo del extremo superior del intervalo de confianza de la media (nivel de confianza, 95%)

Análogamente, la figura 3 da los valores del factor de corrección F_{INF} por el que hay que multiplicar el valor de g_c para obtener el extremo inferior del intervalo de confianza de la media aritmética.

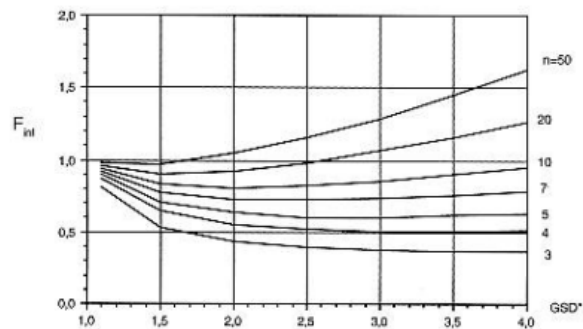


Fig. 3: Valores del factor de corrección F_{inf} para el cálculo del extremo inferior del intervalo de confianza de la media (nivel de confianza, 95%)

Ejemplo: supongamos los valores de concentración del ejemplo anterior; tendremos:

$$m_L = 1,316 \text{ g}_c = 3,728 \text{ GSD}^* = 1,543$$

Entrando en la figura 2, con un valor de GSD = 1,543 y $n = 5$, da $F_{inf} = 3,4$; análogamente, empleando la figura 3 con los mismos valores de la desviación standard geométrica GSD y de n , se obtiene $F_{inf} = 0,7$.

Los extremos del intervalo de confianza, a un nivel de confianza del 95%, serán:

$$C_{sup} = g_c \times F_{sup} = 3,728 \times 3,4 = 12,675$$

$$C_{inf} = g_c \times F_{inf} = 3,728 \times 0,7 = 2,610$$

Con los resultados experimentales obtenidos podemos afirmar que, con un nivel de confianza del 95% (es decir, en un 95% de los casos), el verdadero valor de la media se encontrará entre 2,610 y 12,675.

Dimensión temporal del muestreo: el problema de la autocorrelación

Si en un puesto de trabajo tomamos una muestra de, por ejemplo, quince minutos de duración y al cabo de varias horas o días repetimos la experiencia, la variabilidad «natural» de la distribución lognormal nos permite augurar una probabilidad elevada de que ambos resultados difieran apreciablemente.

En cambio, si las tomas de muestra se realizan de forma sucesiva, la intuición nos dice que, si no se han producido cambios detectables en el proceso, es poco probable que la diferencia entre ambos resultados sea importante. En otras palabras, el resultado de la primera medición "condiciona" el de la segunda si ambas se encuentran próximas en el tiempo: se dice que entre ambos resultados existe autocorrelación.

Los resultados experimentales confirman la intuición, si bien el grado de autocorrelación tiende a disminuir a medida que crece la duración de las muestras.

El fenómeno tiene un interés práctico notable, ya que si los resultados de las tomas de muestra efectuadas están correlacionados entre sí (autocorrelacionados), la validez de los cálculos que hemos visto en los párrafos anteriores (que se basan en la hipótesis de que los datos siguen la ley lognormal) se reduce notablemente.

Ello se debe a que los resultados de las mediciones ambientales sólo se distribuyen siguiendo una ley lognormal si son «independientes», es decir, si unos no condicionan a otros. En otras palabras, si existe autocorrelación no puede suponerse que los datos siguen una ley lognormal.

La existencia de autocorrelación puede introducir sesgos notables en los resultados de los cálculos que hemos visto en los apartados anteriores (que se basan en la hipótesis de que los datos siguen efectivamente una ley lognormal). Si el grado de autocorrelación es significativo, ello no sólo reduce la exactitud en la estimación de la media, sino que conduce a subestimar la magnitud de la desviación standard de la distribución, reduciendo así erróneamente la amplitud calculada del intervalo de confianza (el intervalo real es más amplio que el calculado).

El tema ha sido ampliamente debatido en los últimos años, ya que mientras algunos autores (12, 13) encuentran que el efecto es poco importante para muestras consecutivas y duraciones de tiempo de muestreo superiores a una hora, otros (14) llegan a una conclusión absolutamente opuesta, hallando altos niveles de autocorrelación incluso entre muestras de jornada completa tomadas en días consecutivos.

Mientras la balanza no se incline definitivamente en uno u otro sentido, se impone la prudencia y, por ello, se recomienda tomar muestras de duración lo más próxima posible a una jornada completa y seleccionar aleatoriamente las fechas de muestreo o, al menos, no efectuar las tomas de muestra en días consecutivos. El número de muestras a tomar dependerá de la amplitud del intervalo de confianza que se esté dispuesto a tolerar.

Bibliografía

(1) NICAS, M., SIMMONS, B.P., SPEAR, R.C
Environmental versus Analytical Variability in Exposure Measurements
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 52(12): 553-557 (1991)

(2) RAPPAPORT, S.M, KROMHOUT, H., SYMANSKI, E.
Variation of Exposure between Workers in Homogeneous Exposure Groups
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 54: 654-662 (1993)

(3) COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Workplace atmospheres: Guidance for the assessment of exposure by inhalation to chemical agents for comparison with limit values and measurement strategy
Final draft prEN689. April 1994

(4) RAPPAPORT, S.M.

Assessment of long-term exposures to toxic substances in air
Ann. Occup. Hyg. Vol 35. No. 1: 61-121 (1991)

(5) WATERS, A.M., SELVIN, S. RAPPAPORT, S.M.

A measure of Goodness-of-Fit for the Lognormal Model Applied to Occupational Exposures
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 52(11): 493-502 (1991)

(6) CASTELLÀ, J.L.

Estadística y mediciones ambientales. NTP-140
INSHT. Barcelona, 1985

(7) BAR-SHALOM, Y., SEGALL, A., BUDENAERS, D.

Decision and estimation procedures for air contaminants
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 37(10):469-473 (1976)

(8) SELVIN, S., RAPPAPORT, S.M.

A Note on the Estimation of the Mean Value from a Lognormal Distribution
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 50(12): 627-630 (1989)

(9) ATTFIELD, M.D., HEWETT, P.

Exact Expressions for the Bias and Variance of Estimators of the Mean of a Lognormal Distribution
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 53(7): 432-435 (1992)

(10) LAND, C.E.

Standard Confidence Limits for Linear Functions of the Normal Mean and Variance J.
Am. Stat. Assoc. 68(344): 960-963 (1973)

(11) AMSTRONG, B.G.

Confidence Intervals for Arithmetic Means of Lognormally Distributed Exposures
Am.Ind. Hyg. Assoc. J. 53(8): 481-485 (1992)

(12) FRANCIS, M., SELVIN, S., SPEAR, R., RAPPAPORT, S.

The effect of Autocorrelation on the Estimation of Worker's Daily Exposures
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 50(1): 37-43 (1989)

(13) KUMAGAI, S., MATSUNAGA, I., KUSAKA, Y.

Autocorrelation of Short-Term and Daily Average Exposure Levels in Workplaces
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 54(7): 341-350 (1993)

(14) BURINGH, E., LANTING, R.

Exposure Variability in the Workplace: Its Implications for the Assessment of Compliance
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 52(1): 6-13 (1991)

Anexo B4 (NTP 526)

Año: 1999



NTP 526: Valores límite de exposición profesional en la Unión Europea y en España



Valeurs limites dans les expositions professionnelles à l'Union Européenne et en Espagne
Occupational exposure limits in the European Union and in Spain

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactores:

Alicia Huici Montagud
Doctora en Ciencias Biológicas

Rosa Ferrer Panzano
Licenciada en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

La Comisión Europea debe proponer objetivos europeos en forma de valores límite de exposición profesional indicativos y vinculantes, que los Estados miembros deberán tener en cuenta en el momento de establecer sus respectivas legislaciones. El proceso empleado para ello se ha descrito en la NTP 526.

El objetivo de esta NTP es informar sobre los valores límite indicativos y vinculantes fijados en la Unión Europea según las Directivas 91/322/CEE, 96/94/CE y 95/24/CE, 1999/38/CE, 91/382/CEE y su situación legal en España.

Valores límite de exposición profesional en la Unión Europea

La Directiva del Consejo 98/24/CE define el valor límite de exposición profesional (LEP), "a menos que se indique lo contrario", como el límite de la concentración media ponderada cronológicamente (en el tiempo) de un agente químico en el aire en la zona de respiración de un trabajador con relación a un período de referencia específico. También define el valor límite biológico (VLE) como el límite de concentración en el medio biológico adecuado del agente que se trate, su metabolito u otro indicador de efecto.

Los valores límite de exposición profesional establecidos por la Comisión Europea son, en su mayoría, LEP indicativos lo que significa que los estados miembros de la UE deben tenerlos en cuenta al establecer sus respectivas legislaciones nacionales e informar convenientemente a las organizaciones de trabajadores y de empresarios sobre estos valores y su correspondiente base científica. En el cuadro 1 se presentan las dos listas publicadas (hasta 1999) de valores LEP indicativos.

Cuadro 1. LEP Indioativos según las directivas 88/94/CE y 91/322/CEE

EINECS (1)	CAS (2)	NOMBRE DEL AGENTE	VALORES LIMITE				NOTACIÓN (3)
			8 horas (4)		Corto plazo (5)		
			mg/m ³ (6)	ppm (7)	mg/m ³ (8)	ppm (9)	
200-834-7	75-04-7	Etilamina	9,4	5	-	-	-
200-871-9	75-45-6	Clorodifluorometano	3600	1000	-	-	-

201-176-3	79-09-4	Ácido propiónico	31	10	62	20	-
202-436-9	95-63-6	1,2,4-Trimetilbenceno	100	20	-	-	-
202-704-5	98-82-8	Cumeno	100	20	250	50	piel
203-470-7	107-18-6	Alcohol alílico	4,8	2	12,1	5	piel
203-603-9	108-65-6	Acetato de 2-metoxi-1-metil-etilo	275	50	550	100	piel
203-604-4	108-67-8	Mestileno	100	20	-	-	-
203-767-1	110-43-0	Heptan-2-ona	238	50	475	100	piel
204-428-0	120-82-1	1,2,4-Triclorobenceno	15,1	2	37,8	5	piel
204-662-3	123-92-2	Acetato de isopentilo	270	50	540	100	-
204-697-4	124-40-3	Dimetilamina	3,8	2	9,4	5	-
204-826-4	127-19-5	N,N-Dimetilacetamida	36	10	72	20	piel
208-394-8	526-73-8	1,2,3-Trimetilbenceno	100	20	-	-	-
210-946-8	626-38-0	Acetato de 1-metilbutilo	270	50	540	100	-
211-047-3	628-63-7	Acetato de pentilo	270	50	540	100	-
	620-11-1	Acetato de 3-pentilo	270	50	540	100	-
	625-16-1	Acetato de amilo terc.	270	50	540	100	-
231-595-7	7647-01-0	Cloruro de hidrógeno	8	5	15	10	-
231-633-2	7664-38-2	Ácido ortofosfórico	1	-	2	-	-
231-978-9	7783-07-5	Seleniuro de hidrógeno	0,07	0,02	0,17	0,05	-
233-113-0	10035-10-6	Bromuro de hidrógeno	-	-	6,7	2	-
252-104-2	34590-94-8	(2-Metoximetil-etoxi) propanol	308	50	-	-	piel

1. EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances. (Catálogo europeo de sustancias químicas comercializadas)
2. CAS: Número de registro del Chemical Abstract Service.
3. Una notación piel asignada al LEP indica la posibilidad de una penetración cutánea significativa.
4. Medios o calculados respecto a un periodo de referencia de 8 horas como valor promedio en el tiempo.
5. Un valor límite que no debe superar la exposición y se refiere a un periodo de 15 minutos, salvo indicación diferente.
6. mg/m^3 = miligramos por metro cúbico de aire a 20°C y 101,3 Kpa.
7. ppm = partes por millón en volumen de aire (m^3/m^3).

EINECS (1)	CAS (2)	NOMBRE DEL AGENTE	VALORES LÍMITE (3)	
			mg/m^3 (4)	ppm (5)
2 001 933	54-11-5	Nicotina (6)	0,5	-
2 005 791	64-18-6	Ácido fórmico	9	5
2 005 807	64-19-7	Ácido acético	25	10
2 006 596	67-56-1	Metanol	260	200
2 008 352	75-05-8	Acetonitrilo	70	40
2 018 659	88-89-1	Ácido pícrico (6)	0,1	-
2 020 495	91-20-3	Naftaleno	50	10
2 027 160	98-95-3	Nitrobenceno	5	1

2 035 852	108-46-3	Resorcinol (6)	45	10
2 037 163	109-89-7	Dietilamina	30	10
2 038 099	110-86-1	Piridina (6)	15	5
2 046 969	124-38-9	Dióxido de carbono	9000	5000
2 056 343	144-62-7	Ácido oxálico (6)	1	-
2 069 923	420-04-2	Cianamida (6)	2	-
2 151 373	1305-62-0	Dihidróxido de calcio (6)	5	-
2 152 361	1314563	Pentaóxido de difósforo (6)	1	-
2 152 424	1314-80-3	Pentasulfuro de difósforo (6)	1	-
2 152 932	1319-77-3	Cresoles (todos los isómeros) (6)	22	5
2 311 161	7440-06-4	Platino (metálico) (6)	1	-
2 314 843	7580-67-8	Hidruro de litio (6)	0,025	-
2 317 781	7726-95-6	Bromo (6)	0,7	0,1
2 330 603	10026-43-9	Pentacloruro de fósforo (6)	1	-
2 332 710	10102-43-9	Monóxido de nitrógeno	30	25
	8003-34-7	Feltre	5	-
		Bario (compuestos solubles como Ba) (6)	0,5	-
		Plata (compuestos solubles como Ag) (6)	0,01	-
		Estaño (compuestos inorgánicos como Sn) (6)	2	-

1. EINECS: European Inventory of Existing Chemical Substances. (Inventario europeo de las sustancias existentes de carácter comercial).
2. CAS: Chemical Abstract Service Number.
3. Medidos o calculados en relación con un periodo de referencia de 8 horas.
4. mg/m^3 = miligramos por metro cúbico de aire a 20°C y a una presión de 101,3 Kpa.(760 mm de mercurio).
5. ppm = partes por millón en volumen de aire (ml/m^3).
6. Los datos científicos de que se dispone acerca de sus efectos en la salud son especialmente limitados.

Por otra parte, en el caso de los LEP vinoulantes, los valores nacionales no pueden ser menos restrictivos que los comunitarios. Por lo que se refiere a los VLB solamente existe la categoría de obligatorios. Cualquier decisión nacional en cuanto a valores límite, ya sean éstos indicativos o vinculantes, debe ser comunicada a la Comisión y revisada por ésta.

En el cuadro 2 se incluyen los valores vinculantes establecidos hasta 1989, que provienen de la mencionada Directiva 98/24/CE (plomo, LEP y VLB, que sustituyen la anterior normativa específica) y de las de cancerígenos (90/394/CEE y su segunda modificación, 1999/38/CE). También se ha incluido el valor para el amianto (Directiva 91/382/CEE, traspuesta por la O.26.7.93; BOE 5.8.93), que, aunque cancerígeno, no ha sido modificado por las directivas específicas y al que cabe considerar carácter "vinculante". (Ver Cuadro 2)

Cuadro 2. Valores límite vinoulantes

Según Directiva 98/24/CE:		Valor límite de exposición profesional 8h (1)		Valor límite de exposición profesional. Corto plazo (2)	
		mg/m^3 (3)	ppm (4)	mg/m^3	ppm
Plomo inorgánico y sus derivados	LEP	0,15			
	VLB	70 $\mu\text{g Pb}/100 \text{ ml}$ de sangre			

1. Medido o calculado en relación con un periodo de referencia de 8 horas, promedio ponderado en el tiempo.
2. Valor límite por encima del cual no debe producirse exposición, relacionado con un periodo de 15 minutos, a menos que se especifique otra cosa.
3. mg/m^3 = miligramos por metro cúbico de aire a 20°C y 101,3 Kpa.
4. ppm = partes por millón por volumen en el aire (ml/m^3).

Según Directiva 89/38/CE (2ª modificación de la D 80/384/CEE):

Nombre del agente	EINECS (1)	CAS (2)	Valores límite		Observaciones	Medidas transitorias
			ml/m^3 (3)	ppm (4)		
Benceno	200-753-7	71-43-2	3,25 (5)	1 (5)	- Piel (6)	- Valor límite: 3 ppm (= $9,75 \text{ ml}/\text{m}^3$) [hasta 3 años después de la fecha citada en el apartado 1 del artículo 2 de la Directiva 97/42/EC (*)]
Cloruro de vinilo monómero	200-831	75-01-4	7,77 (5)	3 (5)	-	-
Serrines de maderas duras	-	-	5,00 (5) (7)	-	-	-

(1) EINECS: European Inventory of Existing Chemical Substances. (Catálogo europeo de sustancias químicas comercializadas).

(2) CAS: Chemical Abstract Service Number

(3) mg/m^3 = miligramos por metro cúbico de aire a 20°C y 101,3 Kpa (760 mm de mercurio).

(4) ppm = partes por millón en volumen de aire (ml/m^3).

(5) Medido o calculado en relación con un periodo de referencia de 8 horas.

(6) Aportación considerable al peso total del cuerpo por vía de la exposición dérmica posible.

(7) Fracción inhalable; si los serrines de maderas duras se mezclan con otros serrines, el valor límite se aplicará a todos los serrines presentes en la mezcla.

(*) DO L 179 de 8.7.1997, p.4-6.

Según Directiva 81/382/CEE:		CPP = concentración promedio permisible (*) fom/m^3
AMIANTO	CRISOTILO	0,60
	RESTANTES VARIEDADES DE AMIANTO	0,30

(*) Traspuesta por la O.26.7.93 (BOE 5.8.93).

Valores límite de exposición profesional en España

En España, excepto para aquellos compuestos que disponían de reglamentación específica (plomo, amianto y cloruro de vinilo monómero, aparte de prohibiciones y limitaciones de uso), se han venido aplicando los límites propuestos por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), dado el carácter obsoleto de los límites de exposición establecidos por el Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas de 1961. Sin embargo, la Directiva 98/24/CE (DOCE L 131 de 5.5.98, págs.11-23), a traspasar antes del 2001, determina la obligación de los países comunitarios de disponer, a criterio de cada país, de Límites de Exposición nacionales, vinculantes o indicativos.

Para difundir en España los trabajos del SCOEL y del TPC, se creó en 1991 una Comisión Especial para Valores Límite del Consejo General del INSHT y, posteriormente, en 1995, un Grupo Técnico que elaboró un documento en el que se recogen los valores de referencia propuestos por el INSHT para la evaluación y control de riesgos originados por la exposición de los trabajadores a medio millar de agentes, teniendo prevista también la inclusión de valores límite biológicos. Este documento, editado por primera vez en 1999, se pretende que sea un documento "vivo", actualizado al menos anualmente, que se adapte ágilmente al progreso científico y técnico. La Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo aprobó en 1995 asimismo, la creación de un Grupo de Trabajo para, entre otras cosas "el estudio de la futura guía del INSHT sobre valores límite y su aplicación a los lugares de trabajo". Como resultado de las propuestas de este grupo, la Comisión acordó unánimemente recomendar:

1. Que se apliquen en los lugares de trabajo los límites de exposición indicados en la Guía del INSHT titulada "Documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España" y que su aplicación se realice con los criterios establecidos en dicho documento.
2. Que el INSHT publique y dé la mayor divulgación posible al citado Documento indicando en su preámbulo la información favorable de esta Comisión respecto a la aplicación de la misma en los lugares de trabajo.

3. Que el INSHT revise anualmente dicho documento, comunique a la Comisión las ampliaciones o modificaciones que considere necesario efectuar y, en caso de información favorable de ésta, las integre en la publicación a que se hace referencia en el apartado anterior.

En los párrafos siguientes se describen los aspectos conceptuales más relevantes del citado documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España.

Definiciones

- a. **Agente químico:** todo elemento o compuesto químico, por sí solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencional y se haya comercializado o no.
- b. **Puesto de trabajo:** con este término se hace referencia tanto al conjunto de actividades que están encomendadas a un trabajador concreto como al espacio físico en que éste desarrolla su trabajo.
- c. **Zona de respiración:** el espacio alrededor de la cara del trabajador del que éste toma el aire que respira. Con fines técnicos, una definición más precisa es la siguiente: semiesfera de 0,3 m de radio que se extiende por delante de la cara del trabajador, cuyo centro se localiza en el punto medio del segmento imaginario que une ambos oídos y cuya base está constituida por el plano que contiene dicho segmento, la parte más alta de la cabeza y la laringe.
- d. **Periodo de referencia:** periodo especificado de tiempo, establecido para el valor límite de un determinado agente químico. El periodo de referencia para el límite de larga duración es habitualmente de 8 horas, y para el límite de corta duración, de 15 minutos.
- e. **Exposición:** cuando este término se emplea sin calificativos hace siempre referencia a la vía respiratoria, es decir, a la exposición por inhalación. Se define como la presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración del trabajador. Se cuantifica en términos de la concentración del agente obtenida de las mediciones de exposición, referida al mismo periodo de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable. En consecuencia, pueden definirse dos tipos de exposición:
 1. **Exposición diaria (ED):** es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias.
 2. **Exposición de corta duración (EC):** es 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 especifique un periodo de referencia inferior, en la lista de Valores Límite. Lo habitual es determinar las 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 forma, las concentraciones muestrales obtenidas coincidirán con las EC buscadas.
- f. **Indicador Biológico (IB):** se entiende por indicador biológico un parámetro apropiado en un medio biológico del trabajador, que se mide en un momento determinado, y está asociado, directa o indirectamente, con la exposición global, es decir, por todas las vías de entrada, a un agente químico. Como medios biológicos se utilizan el aire exhalado, la orina, la sangre y otros. Según cuál sea el parámetro, el medio en que se mida y el momento de la toma de muestra, la medida puede indicar la intensidad de una exposición reciente, la exposición promedio diaria o la cantidad total del agente acumulada en el organismo, es decir, la carga corporal total.

Se distinguen dos tipos de Indicador biológico:

1. **Indicador biológico de dosis:** es un parámetro que mide la concentración del agente químico o de alguno de sus metabolitos en un medio biológico del trabajador expuesto.
2. **Indicador biológico de efecto:** es un parámetro que puede identificar alteraciones bioquímicas reversibles, inducidas de modo característico por el agente químico al que está expuesto el trabajador.

Valores límite ambientales (VLA)

Son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire, y representan condiciones a las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 semanales, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

Se habla de la mayoría y no de la totalidad puesto que, debido a la amplitud de las diferencias de respuesta existentes entre los individuos, basadas tanto en factores genéticos como en hábitos de vida, un pequeño porcentaje de trabajadores podría experimentar molestias a concentraciones inferiores a los VLA, e incluso resultar afectados más seriamente, sea por agravamiento de una condición previa o desarrollando una patología laboral.

Los VLA sirven exclusivamente para la evaluación y el control de los riesgos por inhalación de los agentes químicos incluidos en la lista de valores. Cuando uno de estos agentes se puede absorber por vía cutánea, sea por la manipulación directa del mismo, sea a través del contacto de los vapores con las partes desprotegidas de la piel, y esta aportación pueda resultar significativa para la dosis absorbida por el trabajador, el agente en cuestión aparece señalado en la lista 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 prevenir la absorción cutánea.

El valor límite para los gases y vapores se establece originalmente en mg/m^3 (ppm), valor independiente de las variables de temperatura y presión atmosférica.

El valor límite para la materia particulada no fibrosa se expresa en mg/m^3 o submúltiplos y el de fibras, en fibras/m^3 o $\text{fibras}/\text{cm}^3$, en ambos casos para las condiciones reales de temperatura y presión atmosférica del puesto de trabajo. Esto significa que las concentraciones medidas en estas unidades, en cualesquiera de las condiciones de presión y temperatura, no requieren ninguna corrección para ser comparadas con los valores límite aplicables.

Tipos de Valores Límite Ambientales

Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)

Es el valor de referencia para la Exposición Diaria (ED), tal y como ésta ha sido definida en el apartado e.1).

Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración (VLA-EC)

Es el valor de referencia para la Exposición de Corta Duración (EC), tal y como ésta ha sido definida en el apartado e.2). El VLA-EC no debe ser superado por ninguna EC a lo largo de la jornada laboral.

Para aquellos agentes químicos que tienen efectos agudos reconocidos pero cuyos principales efectos tóxicos son de naturaleza crónica, el VLA-EC constituye un complemento del VLA-ED y, por tanto, la exposición a estos agentes habrá de valorarse en relación con ambos límites.

En cambio, a los agentes químicos de efectos principalmente agudos como, por ejemplo, los gases irritantes, sólo se les asigna para su valoración un VLA-EC.

Límites de Desviación (LD)

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, y tienen un fundamento estadístico.

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

Bibliografía

- (1) INSHT, Límites de exposición profesional para agentes químicos en España Madrid, 1999. ISBN 84-7425-525-2.
- (2) Commission of the European Communities, Occupational exposure limits; EUR13776. Luxembourg, 1992. ISBN 92-826-3507-4.
- (3) Monografías técnicas sobre seguridad y salud en el trabajo núm.1. Documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España 1999. Documento GT/LEP N03, 30 de septiembre de 1998. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.
- (4) Directivas mencionadas:
D91/322/CEE. DOCE L 177 de 5.7.91, 22-24.
D96/94/CE. DOCE L 338 de 28.12.96, 86-88.
D98/24/CE. DOCE L 131 de 5.5.98, 11-23.
D1999/38/CE DOCE L 138 de 1.6.99, 66-69.
D91/382/CEE DOCE L 206 de 29.7.91, 16-18.

Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS

Chemical agents: a qualitative and simplified assessment of inhalation risk (III). INRS based method
Agents chimiques: évaluation qualitative et simplifiée du risque par inhalation (III). Méthode basé dans INRS

Redactores:

M^a Encarnación Sousa Rodríguez
Licenciada en Ciencias Químicas

José N. Tejedor Traspaderne
Licenciado en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL
DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

En la NTP 750 (sustituida por NTP 935 y 936) se inició el estudio de las metodologías simplificadas de evaluación del riesgo por inhalación de agentes químicos y, en concreto, del modelo COSHH Essentials. Como continuación, en la NTP 872 se expusieron las medidas preventivas aplicables en función del nivel de riesgo potencial. En esta ocasión se presenta un método de evaluación que no está basado en un modelo de control banding y que parte del método desarrollado por el Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Presenta una serie de modificaciones con respecto al método original del INRS que pretenden que la evaluación sea más completa, es decir, que se realice en base a un mayor número de variables, sin aumentar por ello la complejidad de la misma.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha extendido el uso de metodologías simplificadas para evaluar el riesgo de exposición por inhalación a agentes químicos sin recurrir a costosas mediciones ambientales. Esto es posible porque el RD 374/2001 establece una excepción para las mediciones cuando el empresario sea capaz de demostrar claramente por otros medios de evaluación que se ha logrado una adecuada prevención y protección. Por lo tanto, si de la aplicación de un método simplificado se concluye que el riesgo es bajo, se podría decir que no serían necesarias tales mediciones. Por otra parte, en la etapa de "Estimación inicial" de la norma UNE-EN 689 también tienen cabida dichos métodos, ya que esta primera etapa de la norma contempla la evaluación de la situación de riesgo en base al análisis de una serie de variables que afectan a la concentración ambiental y otras relacionadas con el trabajador.

Este tipo de métodos son útiles para realizar un diagnóstico inicial de la situación de riesgo químico, siendo posible finalizar la evaluación cuando el riesgo sea bajo. En el resto de los casos habrá que adoptar medidas correctoras o realizar una evaluación detallada, a veces con mediciones ambientales. Además, aportan como ventaja que el análisis de los factores de riesgo se puede realizar de una forma sistemática, lo que aumenta la posibilidad de que distintas personas lleguen a la misma conclusión.

La evaluación simplificada del riesgo por inhalación de agentes químicos que se propone se realiza a partir de las siguientes variables:

- Riesgo potencial.
- Propiedades físico-químicas (la volatilidad o la pulverulencia, según el estado físico).

- Procedimiento de trabajo.
- Medios de protección colectiva (ventilación).
- Un factor de corrección (FC_{VLA}), cuando el valor límite ambiental (VLA) del agente químico sea muy pequeño, inferior a $0,1 \text{ mg/m}^3$.

Para cada variable se establecen unas clases y una puntuación asociada a cada clase. La puntuación del riesgo se hace a partir de la puntuación obtenida para estas cuatro variables y el factor de corrección que sea aplicable. El esquema a seguir se encuentra en la figura 1.

El método original del INRS considera el peligro del agente químico, en lugar del riesgo potencial, porque la cantidad y la frecuencia ya se tienen en cuenta en un proceso previo que denominan jerarquización. Sin embargo, dado que en este procedimiento se aborda únicamente la evaluación del riesgo por inhalación se ha convenido emplear, para determinar el riesgo por inhalación, la variable riesgo potencial que engloba el peligro, la cantidad absoluta y la frecuencia de utilización. Además, se ha introducido un factor de corrección en función del VLA, que no se utilizaba en el procedimiento del INRS, para los agentes químicos que tienen un VLA muy bajo, inferior a $0,1 \text{ mg/m}^3$, ya que en estos casos es fácil que se llegue a alcanzar en el ambiente una concentración próxima al valor de referencia, aunque su tendencia a pasar al ambiente sea baja, pudiéndose subestimar el riesgo.

Con independencia de aquellas situaciones en las que la legislación indica cuándo, cómo y dónde deben efectuarse mediciones ambientales para determinar la exposición, como ocurre con el amianto, existen una serie de casos en los que el procedimiento aquí descrito no es aplicable, tal es el caso de medicamentos y productos de

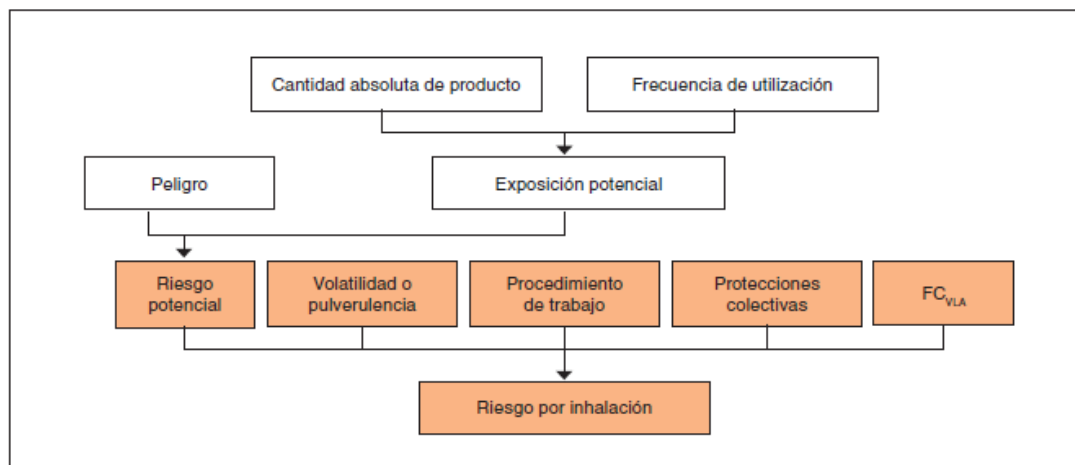


Figura 1. Esquema para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación

Clase de peligro	Frases R	Frases H	VLA mg/m ³ (1)	Materiales y procesos
1	Tiene frases R, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	Tiene frases H, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	> 100	
2	R37 R36/37, R37/38, R36/37/38 R67	H335 H336	> 10 ≤ 100	Hierro / Cereal y derivados / Grafito Material de construcción / Talco Cemento / Composites Madera de combustión tratada Soldadura Metales-Plásticos Material vegetal-animal
3	R20 R20/21, R20/22, R20/21/22 R33 R48/20, R48/20/21, R48/20/22, R48/20/21/22 R62, R63, R64, R65 R68/20, R68/20/21, R68/20/22, R68/20/21/22	H304 H332 H361, H361d, H361f, H361fd H362 H371 H373 EUH071	> 1 ≤ 10	Soldadura inoxidable Fibras cerámicas-vegetales Pinturas de plomo Muelas Arenas Aceites de corte y refrigerantes
4	R15/29 R23 R23/24, R23/25, R23/24/25 R29, R31 R39/23, R39/23/24, R39/23/25, R39/23/24/25 R40, R42 R42/43 R48/23, R48/23/24, R48/23/25, R48/23/24/25 R60, R61, R68	H331 H334 H341 H351 H360, H360F, H360FD, H360D, H360Df, H360Fd H370 H372 EUH029 EUH031	> 0,1 ≤ 1	Maderas blandas y derivados Plomo metálico Fundición y afinaje de plomo
5	R26, R26/27, R26/28, R26/27/28 R32, R39 R39/26 R39/26/27, R39/26/28, R39/26/27/28 R45, R46, R49	H330 H340 H350 H350i EUH032 EUH070	≤ 0,1	Amianto (2) y materiales que lo contienen Betunes y breas Gasolina (3) (combustible) Vulcanización Maderas duras y derivados (4)

(1) Cuando se trate de materia particulada, este valor se divide entre 10
(2) Posee legislación específica y requiere de evaluación cuantitativa obligatoria por ser cancerígeno.
(3) Se refiere únicamente al trabajo en contacto directo con este agente.
(4) Se refiere a polvo de maderas considerado como cancerígeno.

Tabla 1.- Clases de peligro en función de las frases R o H, los valores límite ambientales y los materiales y procesos.

descomposición térmica. Este hecho puede ocurrir, por ejemplo, en el tratamiento térmico de plásticos (indicado, para algunos casos, con las notas "I" y "m" en el documento Límites de exposición profesional para agentes químicos en España); cuando se puedan formar nitrosaminas, porque existan productos precursores (indicados con la nota "f") y agentes nitrosantes; cuando se puedan formar hidrocarburos policíclicos aromáticos; cuando se pueda formar fosgeno a partir de hidrocarburos clorados, etc.

2. DETERMINACIÓN DEL RIESGO POTENCIAL

Como se ha adelantado, el cálculo del riesgo potencial se hace a partir del peligro, la cantidad absoluta de agente químico y la frecuencia de utilización, según se indica en la figura 1. Este esquema es similar al utilizado por el INRS para la jerarquización de riesgos, con la diferencia de que aquí las cantidades que se utilizan son absolutas. El motivo de que se utilice la cantidad absoluta en lugar de la relativa es porque no se pretende jerarquizar el riesgo potencial, sino obtener una estimación semicuantitativa.

Clase de peligro

Las clases de peligro se establecen siguiendo los criterios de la tabla 1. Para asignar una clase de peligro a un agente químico es necesario conocer sus frases R o H. Cuando un producto, sustancia o mezcla, no tiene asignadas frases R o H, la atribución a una clase de peligro u otra se puede hacer a partir de los VLA expresados en mg/m³, dando preferencia a los valores límite de larga duración frente a los de corta duración.

En el caso de que tampoco tenga asignado ningún tipo de VLA:

- Si se trata de una sustancia, se le asigna la clase de peligro 1.
- Si se trata de una mezcla o preparado comercial, se le asigna la clase de peligro 1.
- Si son mezclas no comerciales que vayan a ser empleadas en la misma empresa en otros procesos, se utilizarán las frases R o H de los componentes. Para no sobreestimar el riesgo se deben tener en cuenta las concentraciones de los componentes, tal y como se hace para las mezclas comerciales.

Para los materiales o productos comercializados no sujetos a la normativa de etiquetado, como son la madera, aleaciones, electrodos, etc., la clase de peligro se establece en función del agente químico emitido por el proceso. De esta forma, la clase de peligro se atribuye a partir de la última columna de la tabla 1.

Clase de exposición potencial

Se determina a partir de las clases de cantidad (tabla 2) y de frecuencia (tabla 3), según se indica en la tabla 4.

Clase de riesgo potencial y puntuación

A partir de las clases de peligro y de exposición potencial se determina la clase de riesgo potencial siguiendo el criterio de la tabla 5.

Una vez establecida la clase de riesgo potencial, ésta se puntúa de acuerdo con la tabla 6.

Clase de cantidad	Cantidad/día
1	< 100 g ó ml
2	≥ 100 g ó ml y < 10 Kg ó l
3	≥ 10 y < 100 Kg ó l
4	≥ 100 y < 1000 Kg ó l
5	≥ 1000 Kg ó l

Tabla 2. Clases de cantidad en función de las cantidades por día.

Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente
Día	≤ 30'	> 30' - ≤ 120'	> 2 - ≤ 6 h	> 6 horas
Semana	≤ 2 h	> 2-8 h	1-3 días	> 3 días
Mes	1 día	2-6 días	7-15 días	> 15 días
Año	≤ 15 días	> 15 días - ≤ 2 meses	> 2 - ≤ 5 meses	> 5 meses
Clase →	1	2	3	4
0: El agente químico no se usa hace al menos un año. El agente químico no se usa más.				

Tabla 3.- Clases de frecuencia de utilización.

Clase de cantidad						
5	0	4	5	5	5	
4	0	3	4	4	5	
3	0	3	3	3	4	
2	0	2	2	2	2	
1	0	1	1	1	1	
	0	1	2	3	4	Clase de frecuencia

Tabla 4. Determinación de las clases de exposición potencial.

Clase de exposición potencial						
5	2	3	4	5	5	
4	1	2	3	4	5	
3	1	2	3	4	5	
2	1	1	2	3	4	
1	1	1	2	3	4	
	1	2	3	4	5	Clase de peligro

Tabla 5.- Clases de riesgo potencial.

Clase de riesgo potencial	Puntuación de riesgo potencial
5	10.000
4	1.000
3	100
2	10
1	1

Tabla 6. Puntuación para cada clase de riesgo potencial.

3. DETERMINACIÓN DE LA VOLATILIDAD O PULVERULENCIA

La tendencia del agente químico a pasar al ambiente se establece en función del estado físico. Para los sólidos se establecen tres clases de pulverulencia, según los criterios de la tabla 7.

Para los líquidos existen tres clases de volatilidad, en función de la temperatura de ebullición y la temperatura de utilización del agente químico siguiendo lo indicado en la figura 2. En caso de duda se debe optar por la categoría superior, para tomar la opción más desfavorable. Si el proceso se desarrolla a distintas temperaturas, para calcular la volatilidad debe usarse la temperatura más alta.

A los gases, a los humos y a los líquidos o sólidos en suspensión líquida que se utilicen en operaciones de pulverización (spraying) se les atribuye siempre clase 3.

Existen algunos agentes químicos que tienen una presión de vapor lo suficientemente grande como para poder estar presentes en el ambiente en forma de materia particulada y en forma de vapor simultáneamente, contribuyendo con cada una de ellas de forma significativa a la exposición. Estos compuestos están señalados con la nota "FIV" en el documento Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. En estos casos, la aplicación de éste o cualquier otro método simplificado puede subestimar el riesgo. Esto es frecuente en la apli-

Descripción del material sólido	Clase de pulverulencia
Material en forma de polvo fino, formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (p.e. azúcar en polvo, harina, cemento, yeso...).	3
Material en forma de polvo en grano (1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (p.e. azúcar consistente cristalizada).	2
Material en pastillas, granulado, escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.	1

Tabla 7. Determinación de la clase de pulverulencia para los materiales sólidos.

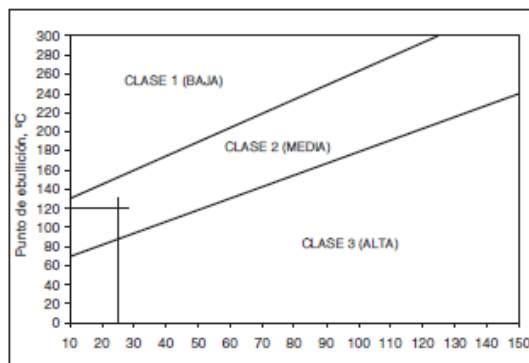


Figura 2. Establecimiento de las clases de volatilidad para líquidos.

cación de plaguicidas y, en general, en operaciones de pulverización (spraying) o en las que intervienen cambios de temperatura que puedan afectar al estado físico del agente en cuestión.

En estos casos, se calcula la volatilidad del compuesto como un sólido, es decir, teniendo en cuenta la pulverulencia, y como un líquido, utilizando en este caso la presión de vapor a la temperatura de trabajo, en lugar de la temperatura de ebullición y la temperatura de trabajo, y se considera la más alta de las dos. En la tabla 8 se muestra como asignar la clase de volatilidad en función de la presión de vapor, Pv.

Presión de vapor a la temperatura de trabajo	Clase de volatilidad
$P_v < 0,5 \text{ KPa}$	1
$0,5 \text{ KPa} \leq P_v < 25 \text{ KPa}$	2
$P_v \geq 25 \text{ KPa}$	3

Tabla 8. Clase de volatilidad en función de la presión de vapor

Cuando el producto a evaluar se trata de una mezcla susceptible de formar un azeótropo, se tomará esta temperatura como punto de ebullición. En caso contrario, se utilizarán los de los componentes de forma individual. Si se trata de una mezcla comercial, se toma como punto de ebullición el que se indique en la ficha de datos de seguridad (FDS). Si la FDS da un intervalo de destilación, se tomará la temperatura más baja.

En el caso de disoluciones, se toma como punto de ebullición el que se indique en la FDS. Si no se indica, se puede tomar como punto de ebullición, el del disolvente.

En la tabla 9 se dan las volatilidades para los tratamientos químicos de superficie y baños electrolíticos más usuales

La clase de volatilidad o pulverulencia asignada a cada agente químico se puntúa siguiendo el criterio de la tabla 10.

Clase de volatilidad o pulverulencia	Puntuación de volatilidad o pulverulencia
3	100
2	10
1	1

Tabla 10. Puntuación atribuida a cada clase de volatilidad o pulverulencia.

4. DETERMINACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Otro de los parámetros que hay que considerar en la evaluación es el procedimiento de utilización del agente químico.

En la figura 3 se dan algunos ejemplos de estos sistemas, el criterio para asignar la clase de procedimiento y su correspondiente puntuación.

Proceso	Tipo	Componentes	Temperatura de trabajo	Volatilidad
Electrolisis cianurada	Cinc	Cloruro de cinc	20-50° C	1
Desengrase	Alcalino	Sales alcalinas de sodio	60-75 ° C 75-95 ° C	1 2
Decapado	Cobre	Ácido sulfúrico	50-70 ° C 70-85 ° C	1 2
Electropulido	Acero inoxidable	Ácido sulfúrico fosfórico	20-60 ° C 60-80 ° C	1 2
Electrolisis cianurada	Cadmio y cobre	Sales de cianuro e hidróxido sódico	45-70 ° C	1
Electrolisis ácida	Cinc	Cloruro de cinc	20-50 ° C	1
Desengrase	Disolventes clorados	Tricloroetileno y percloroetileno	85-120 ° C	2
Decapado	Aluminio	Crómico y sulfúrico Hidróxido sódico	60 ° C 60 ° C	2
Electrolisis ácida	Níquel	Sulfato de níquel	20-35 ° C	2
Decapado	Aluminio	Ácido nítrico	20-30 ° C	3
Decapado	Hierro y acero	Ácido clorhídrico	20 ° C	3
Electrolisis ácida	Cromo	Ácido crómico	30-60 ° C	3
Tratamiento superficie	Anodizado de aluminio	Ácido crómico y sulfúrico	35 ° C	3

Tabla 9. Asignación de la clase de volatilidad para algunos ejemplos de tratamientos químicos de superficie y baños electrolíticos.


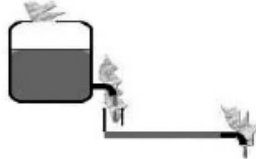
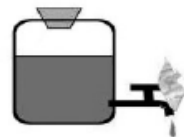
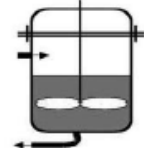
Dispersivo	Abierto	Cerrado/ abierto regularmente	Cerrado permanente
 <p>Ejemplos: Pintura a pistola, taladro, muela, vaciado de sacos a mano, de cubos... Soldadura al arco... Limpieza con trapos. Máquinas portátiles (sierras, cepillos...)</p>	 <p>Ejemplos: Conductos del reactor, mezcladores abiertos, pintura a brocha, a pincel, puesto de acondicionamiento (toneles, bidones...). Manejo y vigilancia de máquinas de impresión...</p>	 <p>Ejemplos: Reactor cerrado con cargas regulares de agentes químicos, toma de muestras, máquina de desengrasar en fase líquida o de vapor...</p>	 <p>Ejemplos: Reactor químico.</p>
Clase 4	Clase 3	Clase 2	Clase 1
Puntuación de procedimiento			
1	0,5	0,05	0,001

Figura 3. Determinación de la clase de procedimiento y puntuación para cada clase.

5. DETERMINACIÓN DE LA PROTECCIÓN COLECTIVA

En función de la protección colectiva utilizada se establecen cinco clases que se puntúan de acuerdo con lo indicado en la figura 4.

6. CORRECCIÓN EN FUNCIÓN DEL VLA

Según se ha indicado anteriormente, el procedimiento aplicado como se ha descrito hasta aquí, puede subes-

timar el riesgo cuando se aplica a sustancias que tienen un valor límite muy bajo, ya que es fácil que se llegue a alcanzar en el ambiente una concentración próxima al valor de referencia, aunque su tendencia a pasar al ambiente sea baja.

Por este motivo se hace necesario aplicar un factor de corrección, FC, en función de la magnitud del VLA, en mg/m³. En la tabla 11, se dan los valores de estos FC_{VLA}, en el caso de que el compuesto tenga VLA. Si el compuesto no tiene VLA, se considerará que el FC_{VLA} es 1.

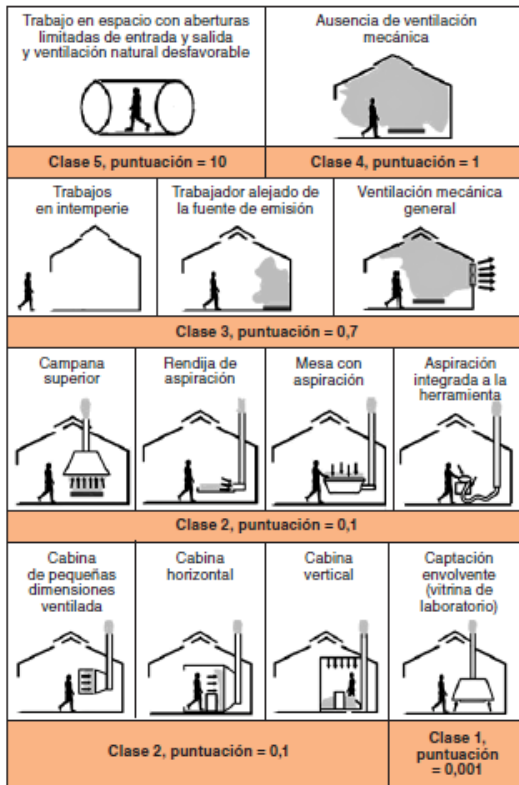


Figura 4. Determinación de las clases de protección colectiva y puntuación para cada clase.

VLA	FC _{VLA}
VLA > 0,1	1
0,01 < VLA ≤ 0,1	10
0,001 < VLA ≤ 0,01	30
VLA ≤ 0,001	100

Tabla 11. Factores de corrección en función del VLA.

7. CÁLCULO DE LA PUNTUACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN

Una vez que se han determinado las clases de riesgo potencial, de volatilidad, de procedimiento y de protección colectiva y que se han puntuado de acuerdo a los criterios anteriormente indicados, se calcula la puntuación del riesgo por inhalación (P_{inh}) aplicando la siguiente fórmula:

$$P_{inh} = P_{riesgo\ pot} \cdot P_{volatilidad} \cdot P_{procedimiento} \cdot P_{protec.\ colac.} \cdot FC_{VLA}$$

Con esa puntuación se caracteriza el riesgo utilizando la tabla 12.

En el caso de riesgo moderado, se puede optar por implantar las medidas de control adecuadas, o corregir

las existentes, y volver a aplicar este procedimiento para ver si se ha logrado reducir el riesgo o, continuar la evaluación de acuerdo con la Norma UNE-EN 689, con la etapa de "Estudio Básico", para decidir si son necesarias medidas adicionales y mediciones periódicas. De cualquier forma, habrá que comprobar periódicamente el buen funcionamiento de las medidas de control.

8. CONCLUSIONES

La utilización de estos métodos simplificados no pretende sustituir ni eliminar la evaluación cuantitativa de los riesgos, pero sí nos permite retratar la situación de riesgo en la que nos encontramos y a la que habrá que hacer frente ya sea mediante la implantación de medidas de control o mediante una evaluación detallada. Sólo en aquellos casos en los que el riesgo sea bajo podremos dar por finalizada la evaluación tras la aplicación de los mismos. Además, presentan como ventaja frente a la evaluación con mediciones que son también aplicables a sustancias que no tienen establecido un VLA.

El método que se expone en esta NTP tiene en cuenta variables que no se consideran en otros métodos y que influyen considerablemente en la concentración de agente químico que pueda alcanzarse en el aire, como son el procedimiento de trabajo y los sistemas de ventilación existentes. Por otra parte, como se trata un método semicuantitativo, la puntuación puede ayudar en la toma de decisiones. Por ejemplo, si un contaminante da como resultado prioridad 2 con una puntuación muy cercana a 100, puede ser rentable la toma de muestras porque hay posibilidades de estar por debajo del VLA pero si por el contrario la puntuación fuera cercana a 1000, es muy improbable que esto suceda y puede decidirse tomar medidas correctoras inmediatas.

También es relativamente fácil saber cuáles han sido los motivos que llevan a una puntuación elevada, por lo que, en el caso de ser necesarias medidas correctoras, muchas veces bastará con saber qué variables han sido las determinantes para alcanzar la puntuación de riesgo, lo que ayuda en la toma de decisiones para implantar medidas de protección colectiva, cambios en el procedimiento etc.

Aunque estos métodos son relativamente sencillos de aplicar *a priori*, es recomendable que sea un higienista el que los maneje ya que su capacidad y conocimientos le van a conducir a una interpretación más exhaustiva de cada variable, aportando una mayor rigurosidad al método y a los resultados obtenidos.

Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
> 1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
> 100 y ≤ 1.000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)
≤ 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

Tabla 12. Caracterización del riesgo por inhalación.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006.

Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, y modificaciones posteriores, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

Norma UNE-EN 689:1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición. AENOR 1996.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE (INRS).

Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique. ND 2233-200-05.

Disponible en [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/nd%202233/\\$file/nd2233.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/nd%202233/$file/nd2233.pdf)

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT).

Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. (Publicación anual).

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición durante el trabajo a agentes cancerígenos o mutágenos.

Madrid. INSHT. 2005

ACGIH.

Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales.

Valencia. Generalitat Valenciana. 1992.

ANEXO C.

FICHAS

TÉCNICAS DE



SEGURIDAD

Anexo C1 Ficha Técnica de Seguridad Química del Amoniaco

Fichas Internacionales de Seguridad Química

HIDROXIDO AMONICO (disolución 10-35%)

ICSC: 0215

 <p style="text-align: center;"> HIDROXIDO AMONICO (disolución 10-35%) Hidrato amónico (disolución 10-35%) Agua amoniacal (disolución 10-35%) NH_4OH Masa molecular: 35.1 </p> <p> N° CAS 1336-21-6 N° RTECS BQ9625000 N° ICSC 0215 N° NU 2672 N° CE 007-001-01-2 </p> 			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION	(Véanse Notas).		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION		¡HIGIENE ESTRICTA!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• INHALACION	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, jadeo, dolor de garganta.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria. Mantener los recipientes bien cerrados.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Corrosivo, enrojecimiento, quemaduras cutáneas graves, dolor, ampollas.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Corrosivo, enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	corrosivo, calambres abdominales, dolor abdominal, dolor de garganta, vómitos (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto en caso de un derrame grande. Ventilar. Neutralizar con precaución el líquido derramado con un ácido diluido, tal como ácido sulfúrico diluido, eliminar el residuo con agua abundante. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de alimentos y piensos (véanse Peligros químicos). Mantener en lugar fresco, bien cerrado y bien ventilado (véanse Notas).	Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. símbolo C símbolo N R: 34-50 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61 Nota B Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: III CE:	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			

ICSC: 0215 Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 2005

Fichas Internacionales de Seguridad Química

HIDROXIDO AMONICO (disolución 10-35%)

ICSC: 0215

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Disolución incolora de amoníaco en agua muy volátil, de olor acre.</p> <p>PELIGROS FISICOS</p> <p>PELIGROS QUIMICOS Reacciona con muchos metales y sus sales dando lugar a la formación de compuestos explosivos. Ataca a muchos metales formando gas inflamable de hidrógeno. La disolución en agua es una base fuerte y reacciona violentamente con ácidos.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV: (como NH₃) 25 ppm como TWA; 40 ppm como STEL (ACGIH 2004) MAK: 20 ppm, 14 mg/m³; Categoría de limitación de pico: I(2), Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2004)</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor o aerosol y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación de altas concentraciones del vapor puede originar edema laríngeal, inflamación del tracto respiratorio y neumonía. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al vapor o aerosol.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: (25%) 38°C Punto de fusión: (25%) -58°C Densidad relativa (agua = 1): (25%) 0.9 Solubilidad en agua: Miscible</p>	<p>Presión de vapor, kPa a 20°C: (25%) 48 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.6-1.2</p>
DATOS AMBIENTALES	<p>La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.</p>	
NOTAS		
<p>El vapor de amoníaco es inflamable y explosivo bajo ciertas condiciones. Tener en cuenta que se puede desprender amoníaco a partir de dicho producto. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. NO llenar completamente las botellas con la sustancia. Las disoluciones de hidróxido amónico pueden generar presión, quitar los tapones de las botellas con cuidado. Otros números NU: NU 1005 Amoníaco anhidro licuado o amoníaco en disolución acuosa de densidad relativa inferior a 0.880 a 15 °C, con más del 50% de amoníaco; NU 2073: Amoníaco en disoluciones acuosas 35-50%. También consultar ICSC 0414 Amoníaco.</p> <p style="text-align: right;"> Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-80S2672 Código NFPA: H 3; F 1; R 0; </p>		
INFORMACION ADICIONAL		
<p>FISQ: 4-134 HIDROXIDO AMONICO (disolución 10%-35%)</p>		<p>Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.insht.es/</p>
<p>ICSC: 0215</p>		<p>HIDROXIDO AMONICO (disolución 10-35%)</p>
<p>© CCE, IPCS, 2005</p>		



NOTA LEGAL IMPORTANTE:

Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales.

© INSHT

Anexo C2 Ficha Técnica de Seguridad Química de Ácido Sulhídrico

Fichas Internacionales de Seguridad Química

SULFURO DE HIDRÓGENO		ICSC: 0165 Abril 2000	
CAS: RTECS: NU: CE Índice Anexo I: CE / EINECS:	7783-06-4 MX1225000 1053 016-001-00-4 231-977-3	Hidruro de azufre Ácido sulfhídrico H ₂ S Masa molecular: 34.1	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con agua pulverizada, polvo seco, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra) si aparece en estado líquido. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Dolor de cabeza. vértigo. Tos. Dolor de garganta. Náuseas. Dificultad respiratoria. Pérdida del conocimiento. Síntomas no inmediatos (ver Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. No aplicar respiración boca a boca. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras profundas graves.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
¡Evacuar la zona de peligro! Consultar a un experto. Eliminar toda fuente de ignición. Ventilar. Eliminar el gas con agua pulverizada. Protección personal: traje hermético de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.		Clasificación UE Símbolo: F+, T+, N R: 12-26-50 S: (1/2)-9-16-36-38-45-61 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.3 Riesgos Subsidiarios de las NU: 2.1	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20G2TF o 20S1053 Código NFPA: H4; F4; R0;		A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes. Mantener en lugar fresco. Mantener en lugar bien ventilado. Instalar sistema de vigilancia con alarma continuo.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005			
			

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

SULFURO DE HIDRÓGENO		ICSC: 0165
DATOS IMPORTANTES		
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Gas licuado comprimido incoloro, de olor característico a huevos podridos.</p> <p>PELIGROS FÍSICOS El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS El calentamiento intenso puede originar combustión violenta o explosión. La sustancia se descompone al arder, produciendo gas tóxico (óxidos de azufre). Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión. Ataca a metales y algunos plásticos.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 10 ppm como TWA; 15 ppm como STEL (ACGIH 2004). MAK: 5 ppm, 7.1 mg/m³; Categoría de limitación de pico: I(2); Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2006).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN Al producirse una pérdida de gas, se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición puede producir pérdida del conocimiento. La exposición puede producir la muerte. La inhalación del gas puede originar edema pulmonar (ver Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica. La evaporación rápida del líquido puede producir congelación.</p>	
PROPIEDADES FÍSICAS		
<p>Punto de ebullición: -60°C Punto de fusión: -85°C Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 0.5 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.19</p>	<p>Punto de inflamación: gas inflamable Temperatura de autoignición: 260°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 4.3-46</p>	
DATOS AMBIENTALES		
<p>La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.</p>		
NOTAS		
<p>Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. En caso de envenenamiento con esta sustancia es necesario realizar un tratamiento específico; así como disponer de los medios adecuados junto a las instrucciones correspondientes. La sustancia bloquea el sentido del olfato. La alerta por el olor cuando se supera el límite de exposición es insuficiente. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2004: ver Clasificación UE, Respuesta de Emergencia, y en octubre de 2006: ver Límites de exposición.</p>		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2012):</p> <p>VLA-ED: 5 ppm; 7 mg/m³</p> <p>VLA-EC: 10 ppm, 14 mg/m³</p> <p>Notas: agente químico que tiene establecido un valor límite indicativo por la UE.</p>		
NOTA LEGAL	<p>Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.</p>	
<small>© IPCS, CE 2005</small>		

Anexo C3 Ficha Técnica de Seguridad Química de Nitrobeneno.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

NITROBENCENO		ICSC: 0065 Abril 2006	
CAS:	98-95-3	$C_6H_5NO_2$	
RTECS:	DA 6475000	Masa molecular: 123,1	
NU:	1662		
CE Índice Anexo I:	609-003-00-7		
CE / EINECS:	202-716-0		
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas.	Agua pulverizada. Espuma resistente al alcohol. Polvo seco. Dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Por encima de 88°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire. Riesgo de incendio y explosión (ver Peligros Químicos).	Por encima de 88°C, sistema cerrado, ventilación.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Dolor de cabeza. Labios o uñas azulados. Piel azulada. Vértigo. Náuseas. Debilidad. Confusión mental. Convulsiones. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
Piel	¡PUEDE ABSORBERSE! (Además ver Inhalación).	Gautes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.
Ojos		Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	(Ver Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber una pastilla de carbón activado en agua. Reposo. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.		No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: T, N R: 23/24/25-40-48/23/24-51/53-62; S: (1/2)-28-38/37-45-61 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 6.1 Grupo de Envasado NU: II Clasificación GHS Peligro. Noctivo en caso de ingestión. Tóxico si se inhala el vapor. Tóxico en contacto con la piel. Susceptible de provocar cáncer. Susceptible de perjudicar la fertilidad o dañar el feto. Puede provocar daños en las células sanguíneas. Noctivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-61 S1662 o 61GT1-II Código NFPA: H3; F2; R1;		Separado de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, ácidos fuertes y de alimentos y piensos. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
IPCS International Programme on Chemical Safety 			
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2006			

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

NITROBENCENO

ICSC: 0065

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:

Líquido aceitoso, amarillo pálido, de olor característico.

PELIGROS QUÍMICOS:

Por combustión, formación de humos tóxicos y corrosivos incluyendo óxidos de nitrógeno. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes y agentes reductores, originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con ácidos fuertes y óxidos de nitrógeno, originando peligro de explosión.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

TLV: 1 ppm como TWA; (piel); A3 (cancerígeno animal); BEI establecido; (ACGIH 2005).
MAK: H (absorción dérmica); Cancerígeno: categoría 3B; BAT establecido (DFG 2006).
LEP UE: 1 mg/m³; 0,2 ppm como TWA (piel) (UE 2006).

VÍAS DE EXPOSICIÓN:

La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.

RIESGO DE INHALACIÓN:

Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire; sin embargo, más rápidamente por pulverización o cuando se dispersa.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:

La sustancia puede afectar a la sangre, dando lugar a la formación de metahemoglobina. La exposición podría causar disminución del estado de alerta. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:

La sustancia puede afectar a la sangre, al bazo y al hígado. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: 211°C
Punto de fusión: 5°C
Densidad relativa (agua = 1): 1,2
Solubilidad en agua, g/100 ml: 0,2
Presión de vapor, Pa a 20°C: 20
Densidad relativa de vapor (aire = 1): 4,2

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,00
Punto de inflamación: 88°C c.c.
Temperatura de autoignición: 490°C
Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1,8-40
Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 1,86

DATOS AMBIENTALES

La sustancia es nociva para los organismos acuáticos. Evitese de forma efectiva que el producto químico se incorpore al ambiente.

NOTAS

El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. En caso de envenenamiento con esta sustancia es necesario realizar un tratamiento específico; así como disponer de los medios adecuados junto a las instrucciones correspondientes. NO llevar a casa la ropa de trabajo. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2006: ver Límites de exposición, y en enero de 2008: ver Clasificación GHS.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: 0,2 ppm; 1 mg/m³

Notas: vía dérmica.

VLB: 5 mg/g creatinina en orina de p-Nitrofenol total; nota I, 1,5% de metahemoglobina en hemoglobina total; nota F, I, S.



Nota legal

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

© IPCS, CE 2006

Anexo C4 Ficha Técnica de Seguridad Química de Metilmercaptano.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

METANOTIOL		ICSC: 0299	
		Mayo 2003	
Metilmercaptano Sulfhidrato de metilo		Mercaptometano Tiometano	
CAS:	74-93-1	CH ₃ SH	
RTECS:	PB4375000	Masa molecular: 48.1	
NU:	1064		
CE Índice Anexo I:	016-021-00-3		
CE / EINECS:	200-822-1		
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con polvo, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡HIGIENE ESTRICTA!	
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Vértigo. Dolor de cabeza. Náuseas. Vómitos. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Gaules aislantes del frío.	Quitar las ropas contaminadas. Proporcionar asistencia médica. EN CASO DE CONGELACION: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión			
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Protección personal: equipo autónomo de respiración.		Contaminante marino. Clasificación UE Símbolo: F+, T, N R: 12-23-50/53 S: (2-)16-25-60-61 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.3 Riesgos Subsidiarios de las NU: 2.1	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20G2TF Código NFPA: H 4; F 4; R 0;		A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes, ácidos, Mantener en lugar fresco. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
<p>  </p> <p>Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2005</p>			







VEASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

METANOTIOL		ICSC: 0299
DATOS IMPORTANTES		
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO: Gas incoloro, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FÍSICOS: El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS: La sustancia se descompone al arder, produciendo humos tóxicos, incluyendo óxidos de azufre y sulfuro de hidrógeno. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes. Reacciona con agua, vapor o ácidos para formar gases inflamables y tóxicos.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN: TLV: 0.5 ppm (como TWA) (ACGIH 2004). MAK: 0.5 ppm, 1 mg/m³, Categoría de limitación de pico: II(2), Riesgo para el embarazo: grupo D (DFG 2006).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN: La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN: Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN: La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central, dando lugar a depresión respiratoria. La exposición a altas concentraciones puede producir pérdida del conocimiento. La exposición a altas concentraciones puede producir la muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.</p>	
PROPIEDADES FÍSICAS		
<p>Punto de ebullición: 6 °C Punto de fusión: -123 °C Densidad relativa (agua = 1): 0.9 Solubilidad en agua, g/100 ml a 20 °C: 2.3 Presión de vapor, kPa a 26.1 °C: 202 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.66</p>	<p>Punto de inflamación: gas inflamable Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.9-21.8</p>	
DATOS AMBIENTALES		
<p>La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos. Se aconseja firmemente impedir que el producto químico se incorpore al ambiente.</p>		
NOTAS		
<p>Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2004: ver Clasificación UE, en julio de 2007: ver Límites de exposición, y en enero de 2008: ver Almacenamiento.</p>		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-ED: 0,5 ppm; 1 mg/m³</p>		
Nota legal	<p>Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.</p>	
© IPCS, CE 2005		

Anexo C5 Ficha Técnica de Seguridad Química de Butilmercaptano.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

BUTANO-1-TIOL		ICSC: 0018	
		Abril 2000	
n-Butil mercaptano		Tiobutil alcohol	
CAS:	109-79-5	C₄H₁₀S / CH₃(CH₂)₃SH	
RTECS:	EK6300000	Masa molecular: 90.2	
NU:	2347		
CE / EINECS:	203-705-3		
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable. En caso de incendio se despresen humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas. NO producir chispas y NO fumar.	Espuma resistente al alcohol, polvo, dióxido de carbono,
EXPLOSIÓN	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡HIGIENE ESTRICTA!	
Inhalación	Debilidad. Confusión mental. Tos. Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Vómitos. Jadeo.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento. Dolor.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas ajustadas de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	(Para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro. Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.		Contaminante marino. Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30GF1-I+II. Código NFPA: H 2; F 3; R 0;		A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes, ácidos.	
IPCS International Programme on Chemical Safety	  		 
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2005			

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

BUTANO-1-TIOL	ICSC: 0018
----------------------	-------------------

DATOS IMPORTANTES	
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO: Líquido incoloro a amarillo, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FÍSICOS: El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS: La sustancia se descompone al calentaría intensamente, produciendo humos tóxicos (óxidos de azufre- véase ICSC0074). Reacciona con ácidos, bases y oxidantes fuertes.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN: TLV: 0.5 ppm (como TWA) (ACGIH 2004) MAK: 0.5 ppm; 1.9 mg/m³; Categoría de limitación de pico: II(2), Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2007).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN: La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN: Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN: La sustancia irrita los ojos la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede causar efectos en la tiroides. La exposición muy superior al OEL puede tener efectos en el sistema nervioso y podría causar disminución del estado de alerta.</p>
PROPIEDADES FÍSICAS	
<p>Punto de ebullición: 98°C Punto de fusión: -116°C Densidad relativa (agua = 1): 0.83 Solubilidad en agua, g/100 ml: 0.06 Presión de vapor, kPa a 20°C: 4.0 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.1</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.2 Punto de inflamación: 2°C c.c. Temperatura de autoignición: < 225°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.4-10.2 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.28</p>
DATOS AMBIENTALES	
<p>La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.</p>	
NOTAS	
<p>Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2004: ver Límites de exposición, y en enero de 2008: ver Lucha contra incendios.</p>	
INFORMACIÓN ADICIONAL	
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-ED: 0,5 ppm; 1,9 mg/m³</p>	
Nota legal	<p>Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.</p>
© IPCS, CE 2005	

Anexo C6 Ficha Técnica de Geomembrana HDPE.



GEOMEMBRANA HDPE

Las geomembranas de polietileno se utilizan generalmente como elemento de estanqueidad en contención de líquidos, por lo que están diseñadas para operar durante largos períodos en condiciones muy adversas.

Se caracterizan por ser termofusionables y por poseer una alta resistencia a una amplia gama de productos químicos (ácidos, sales, alcoholes, aceites e hidrocarburos, entre otros), pudiendo éstos actuar concentrados y/o diluidos a diferentes temperaturas. Además de su excelente resistencia a los agentes químicos, presentan protección contra rayos UV (2% a 3% de negro de humo), inmejorables propiedades mecánicas, alta fuerza tensible y excelente rigidez.

Estas geomembranas están fabricadas con resinas vírgenes de polietileno especialmente formuladas y certificadas. En su proceso de manufactura utilizamos moderna tecnología de coextrusión – soplado tricapa, única en Chile y Perú, la cual nos permite producir geomembrana bicolor. A la vez, no incorporamos aditivos o rellenos que puedan evaporarse y causar deterioro con el paso del tiempo.

Aplicaciones:

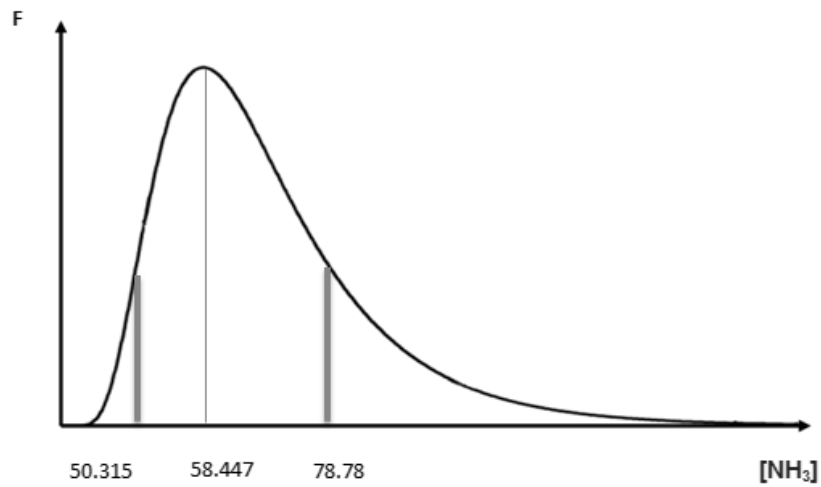
- Aplicación general como elemento de estanqueidad en contención de líquidos.
- Revestimientos de pilas de lixiviación.
- Canales
- Embalses.
- Estanques.

Las geomembranas HDPE se encuentran disponibles en superficie lisa y texturada con espesores desde 0.5 mm a 2.5 mm con ancho máximo de 8.5 m y largo según requerimiento.

Propiedades	Norma ASTM	Unidad	Espesor [mm]					
			0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
Densidad	D792/D1505	gr/cm ³	0,94					
Tensión de fluencia	D6653	kN/m	7	11	15	22	29	37
Tensión de ruptura	Tipo IV	kN/m	13	20	27	40	53	67
Elongación de fluencia		%	12					
Elongación de ruptura		%	700					
Resistencia al rasgado	D1004	N	50	93	125	187	249	311
Resistencia al punzado	D4833	N	200	240	320	480	640	800
Resistencia al agrietamiento	D5557	hr	300					
Dispersión de carbón	D5556	Categoría	1 - 4					
Contenido de carbón	D1009/D1219	%	2,0 - 3,0					

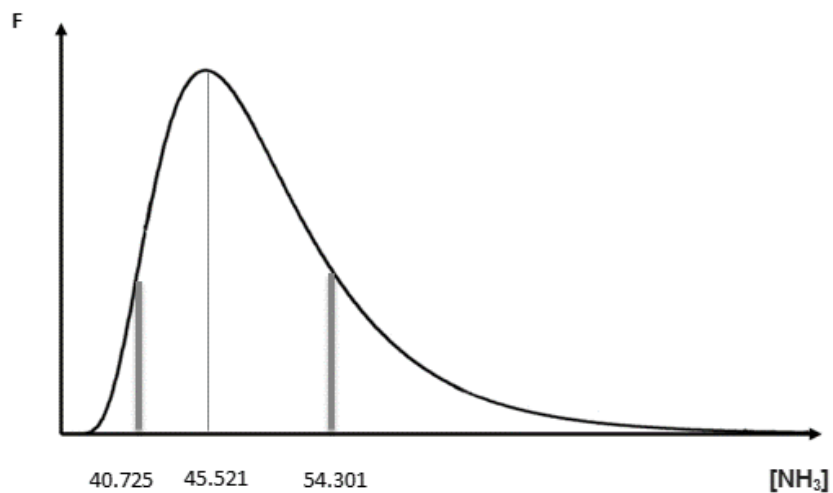
ANEXO D.
INTERVALOS DE
CONFIANZA.

Intervalo de confianza para el Amoniaco (Primera réplica).



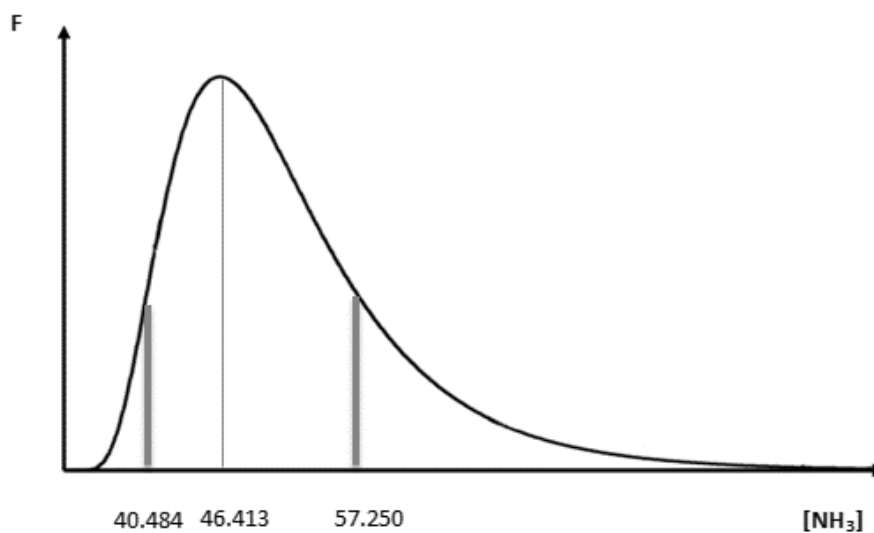
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Amoniaco se encontrará entre 50.315ppm y 78.78ppm.

Intervalo de confianza para el Amoniaco (Segunda réplica).



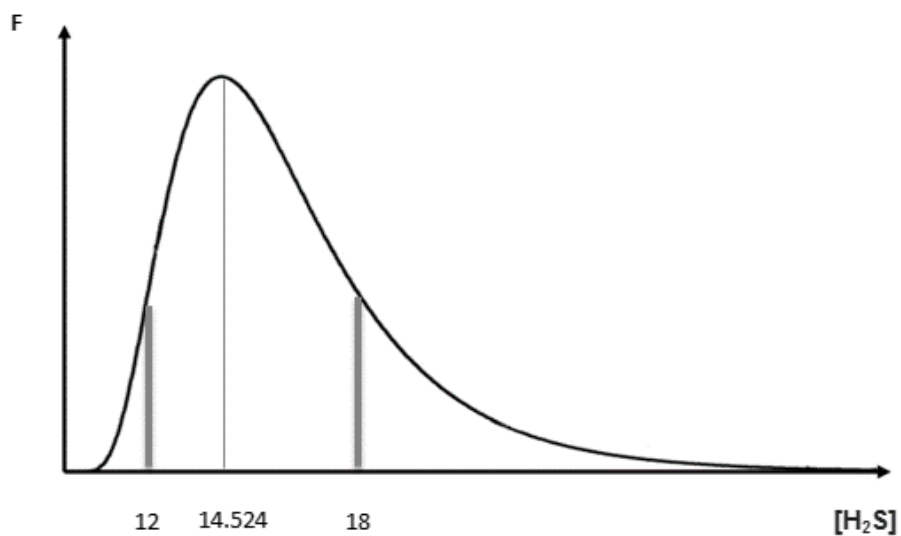
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Amoniaco se encontrará entre 40.725ppm y 54.301ppm.

Intervalo de confianza para el Amoniaco (Tercera réplica).



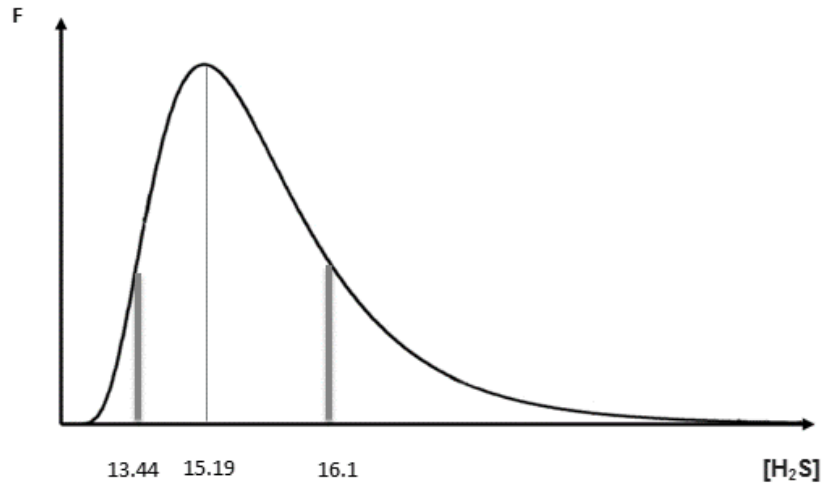
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Amoniaco se encontrará entre 40.484ppm y 57.25ppm.

Intervalo de confianza para el Ácido Sulfhídrico (Primera réplica).



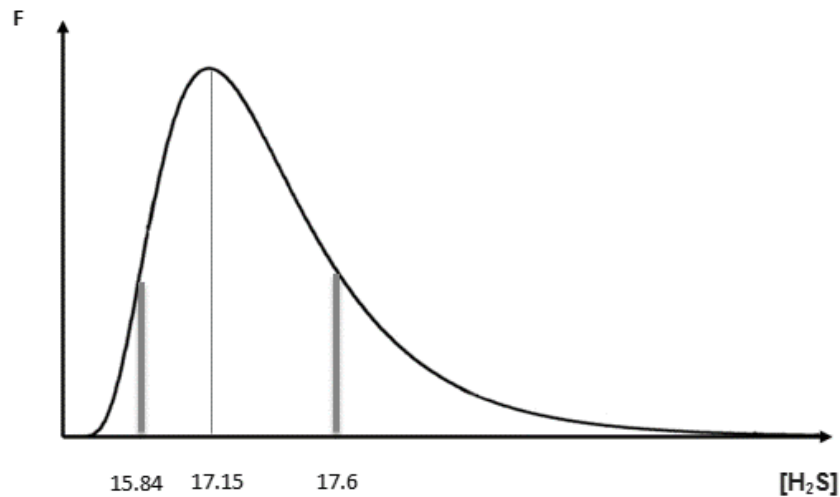
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Ácido Sulfhídrico se encontrará entre 12ppm y 18ppm.

Intervalo de confianza para el Ácido Sulhídrico (Segunda réplica).



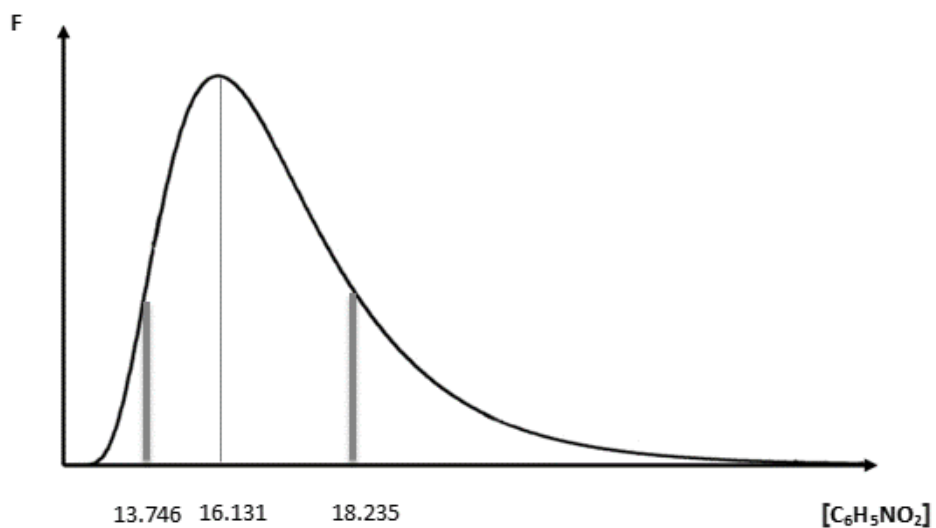
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Ácido Sulhídrico se encontrará entre 13.44ppm y 16.1ppm.

Intervalo de confianza para el Ácido Sulhídrico (Tercera réplica).



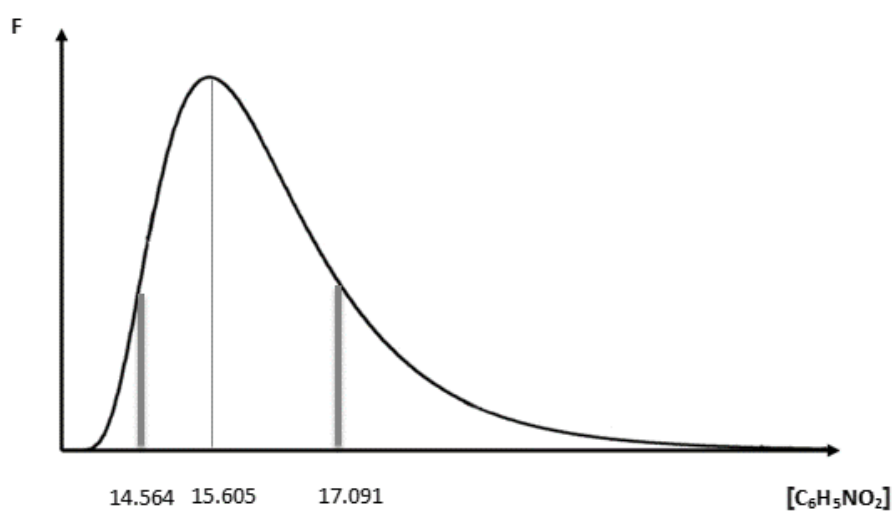
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Ácido Sulhídrico se encontrará entre 15.84ppm y 17.6ppm.

Intervalo de confianza para el Nitrobenceno (Primera réplica).



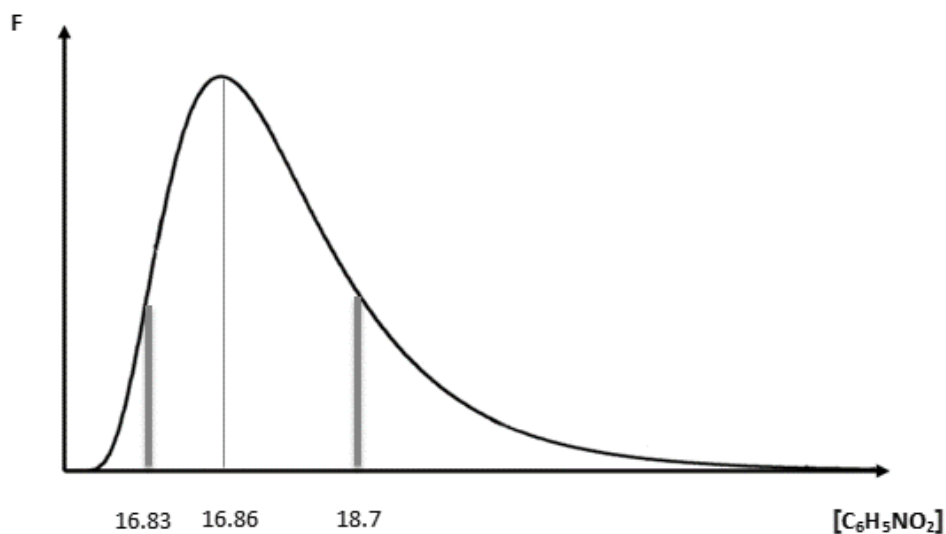
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Nitrobenceno se encontrará entre 13.746ppm y 18.253ppm.

Intervalo de confianza para el Nitrobenceno (Segunda réplica).



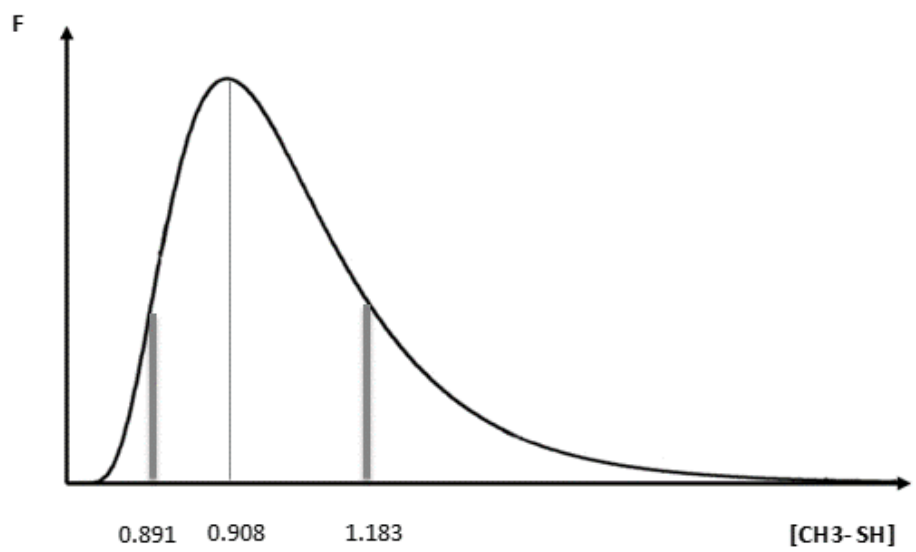
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Nitrobenceno se encontrará entre 14.564ppm y 17.091ppm.

Intervalo de confianza para el Nitrobenceno (Tercera réplica).



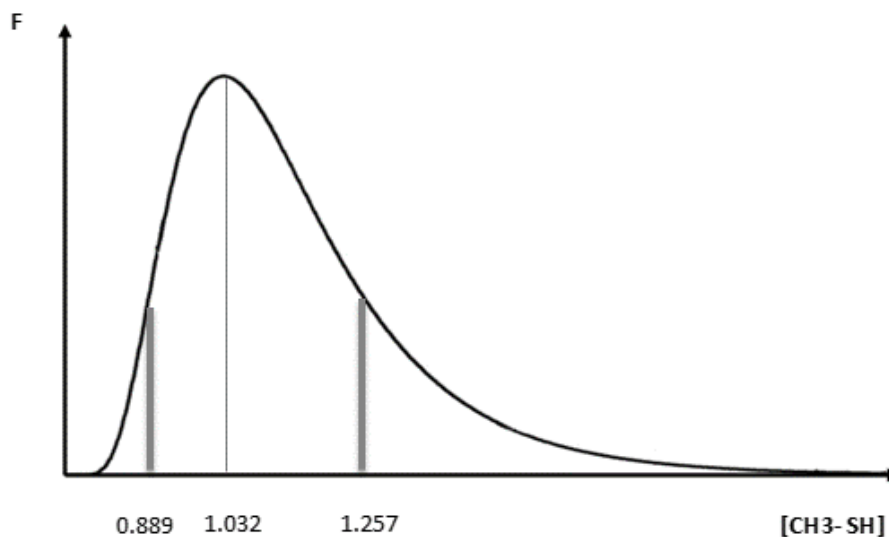
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Nitrobenceno se encontrará entre 16.83ppm y 18.7ppm.

Intervalo de confianza para el Metilmercaptano (Primera réplica).



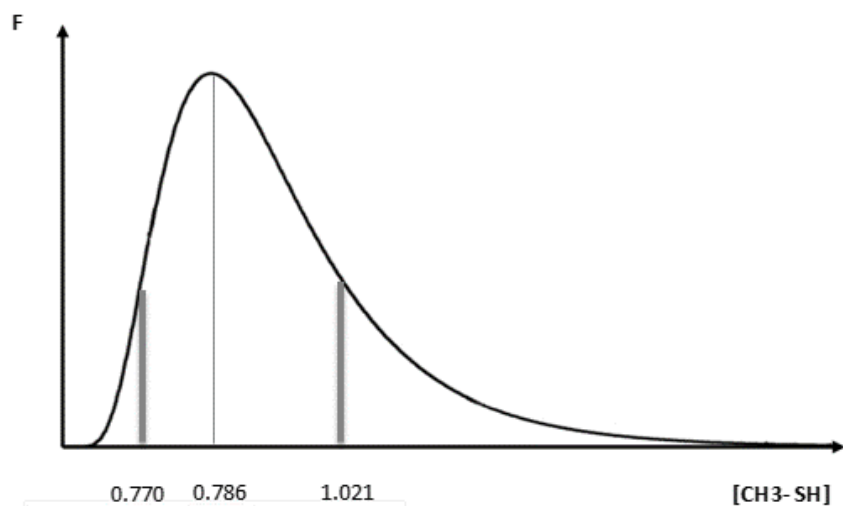
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Metilmercaptano se encontrará entre 0.891ppm y 1.183ppm.

Intervalo de confianza para el Metilmercaptano (Segunda réplica).



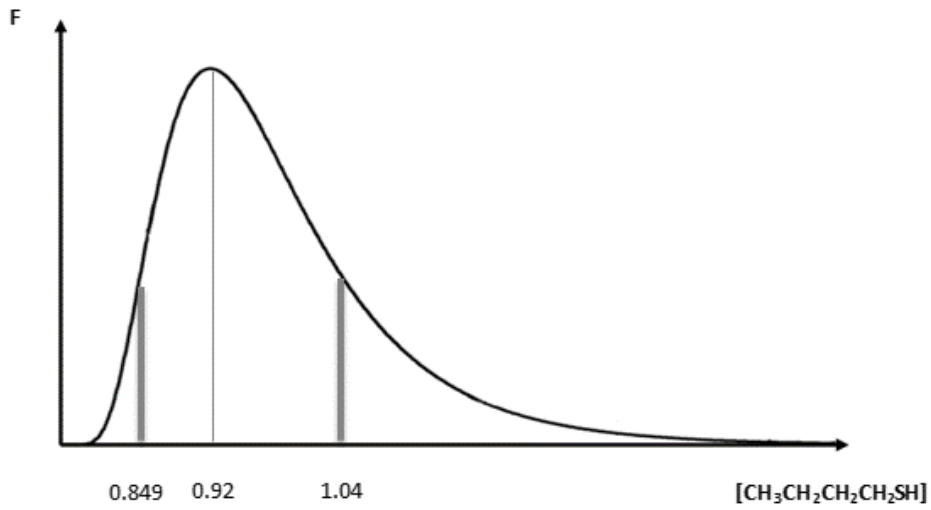
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Metilmercaptano se encontrará entre 0.889ppm y 1.257ppm.

Intervalo de confianza para el Metilmercaptano (Tercera réplica).



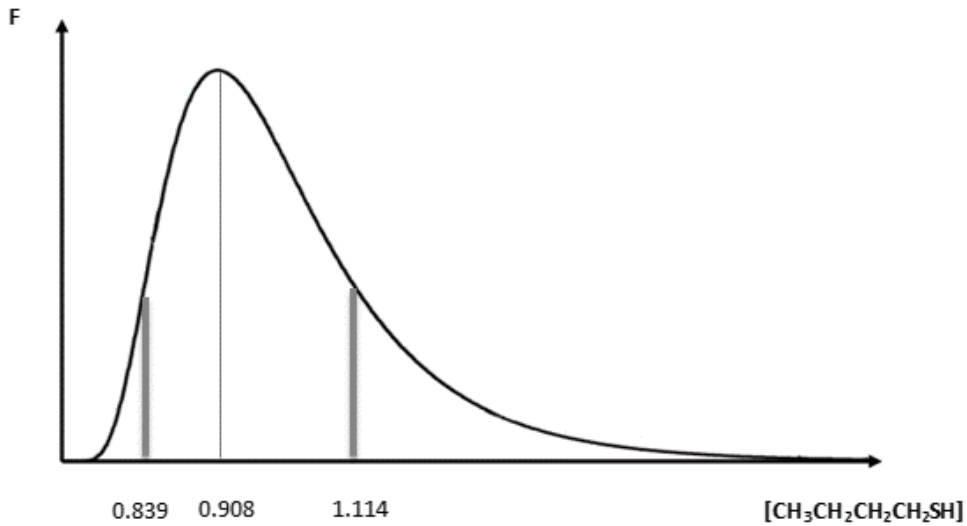
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Metilmercaptano se encontrará entre 0.77ppm y 1.021ppm.

Intervalo de confianza para el Butilmercaptano (Primera réplica).



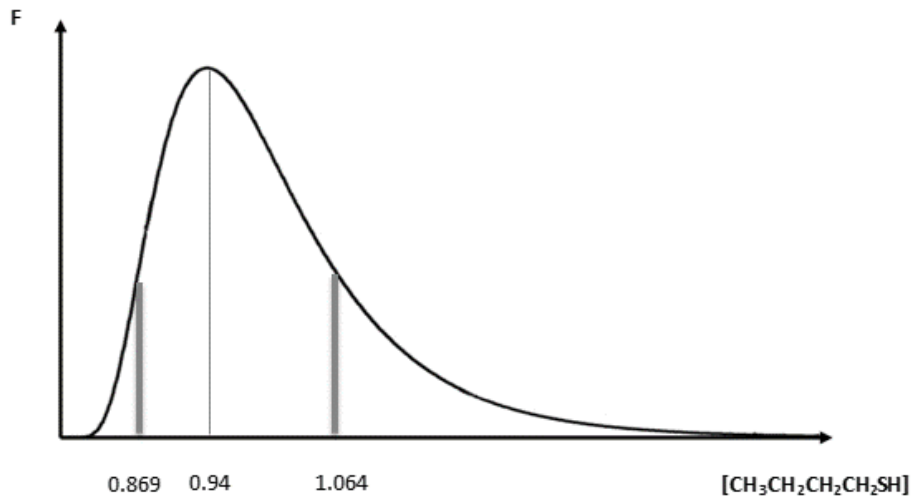
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Butilmercaptano se encontrará entre 0.849ppm y 1.04ppm.

Intervalo de confianza para el Butilmercaptano (Segunda réplica).



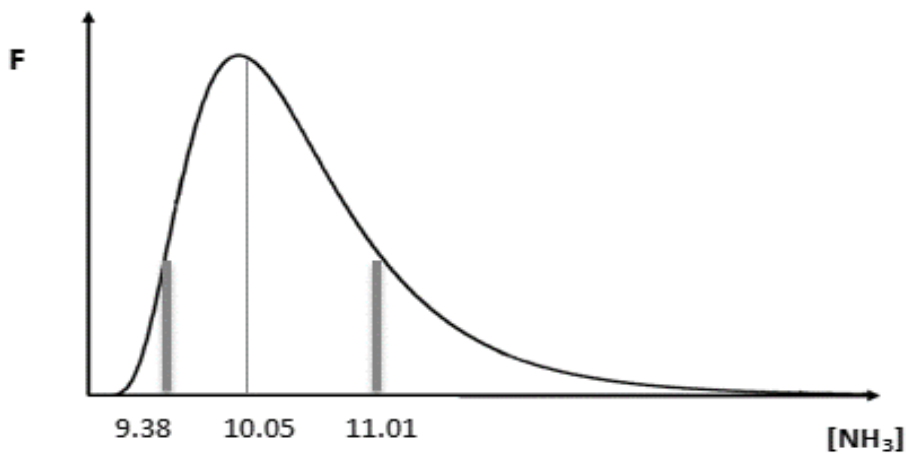
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Butilmercaptano se encontrará entre 0.839ppm y 1.114ppm.

Intervalo de confianza para el Butilmercaptano (Tercera réplica).



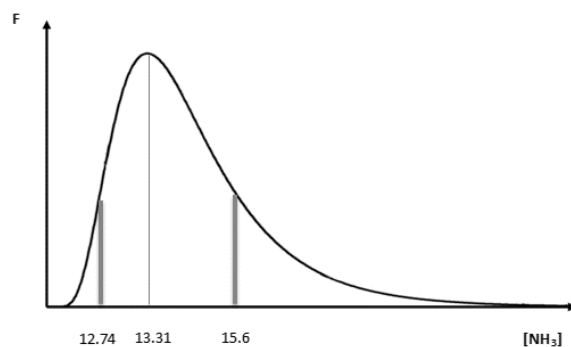
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Butilmercaptano se encontrará entre 0.869ppm y 1.064ppm.

Intervalo de confianza para el Amoniaco con geomembrana (Primera réplica).



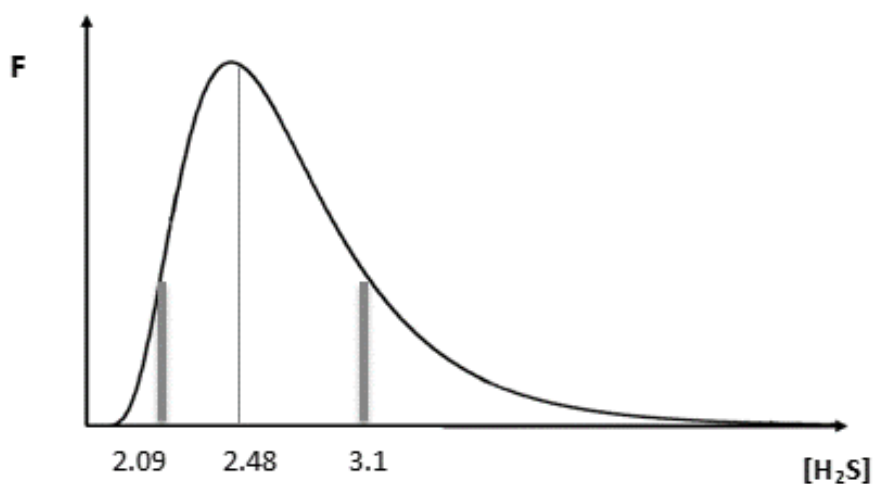
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Amoniaco se encontrará entre 9.38ppm y 11.01ppm.

Intervalo de confianza para el Amoniac con geomembrana (Segunda réplica).



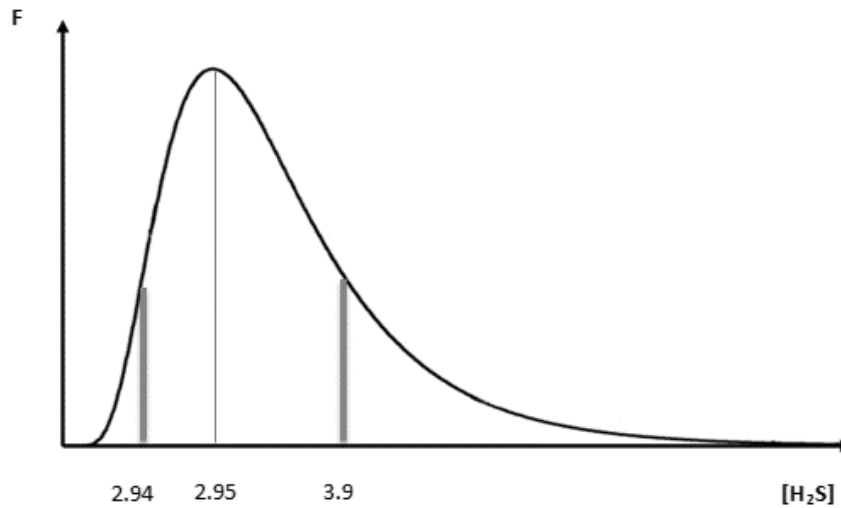
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Amoniac se encontrará entre 12.74ppm y 15.6ppm.

Intervalo de confianza para el Ácido Sulhídrico con geomembrana (Primera réplica).



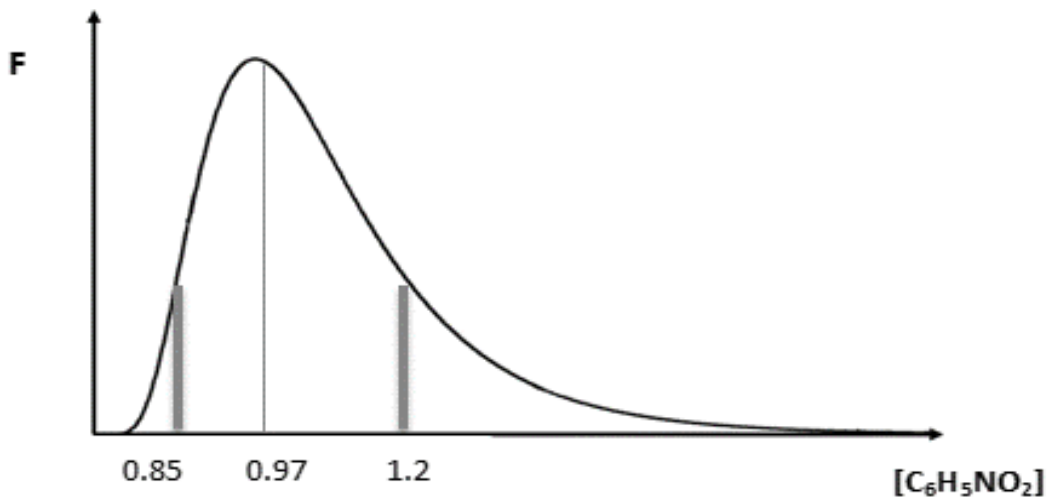
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Nitrobenceno se encontrará entre 2.09ppm y 3.1ppm.

Intervalo de confianza para el Ácido Sulhídrico con geomembrana (Segunda réplica).



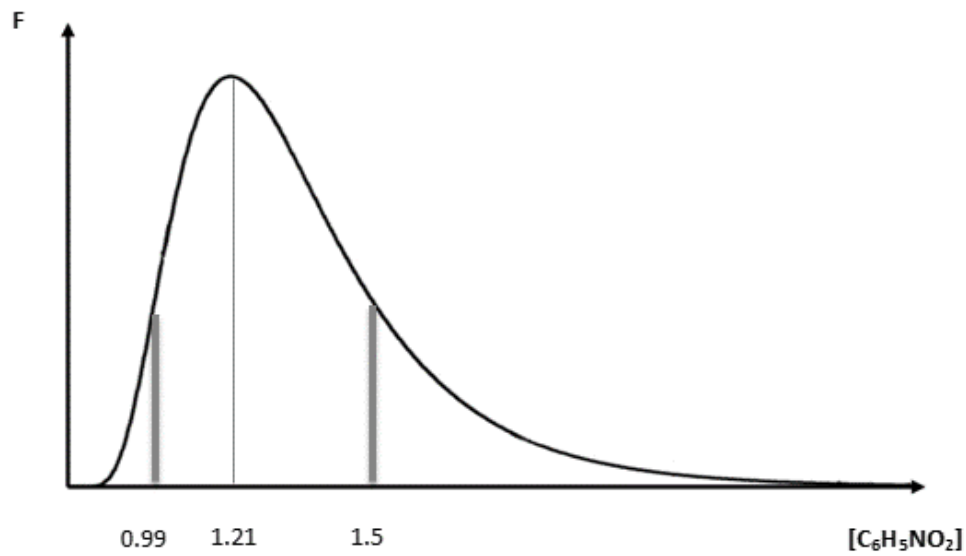
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Nitrobenceno se encontrará entre 2.94ppm y 3.9ppm.

Intervalo de confianza para el Nitrobenceno con geomembrana (Primera réplica).



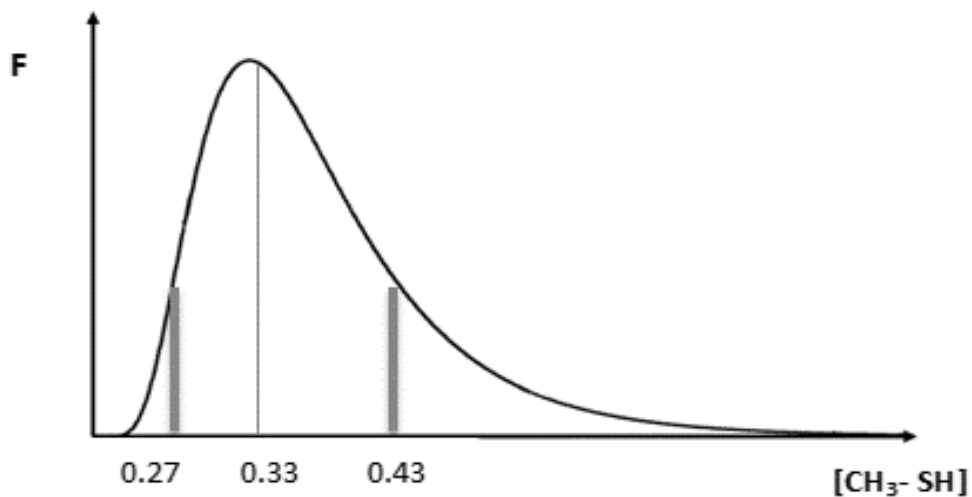
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Metil-mercaptano se encontrará entre 0.85ppm y 1.2ppm.

Intervalo de confianza para el Nitrobenceno con geomembrana (Segunda réplica).



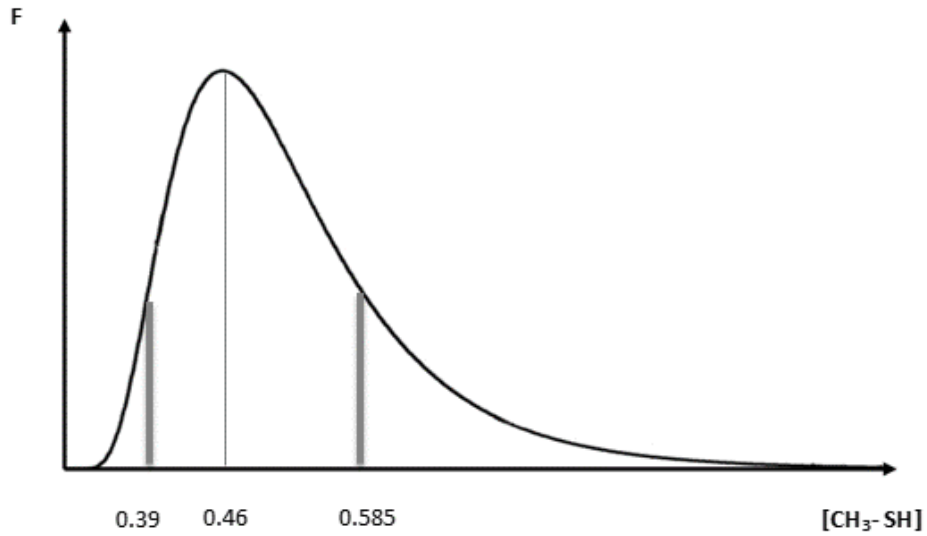
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Nitrobenceno se encontrará entre 0.99ppm y 1.5ppm.

Intervalo de confianza para el Metilmercaptano con geomembrana (Primera réplica).



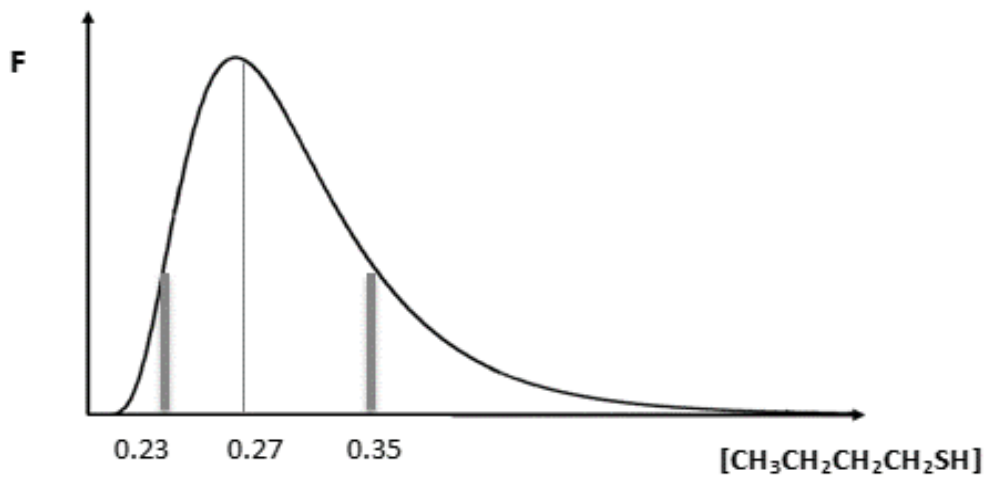
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Metilmercaptano se encontrará entre 0.27ppm y 0.43ppm.

Intervalo de confianza para el Metilmercaptano con geomembrana (Segunda réplica).



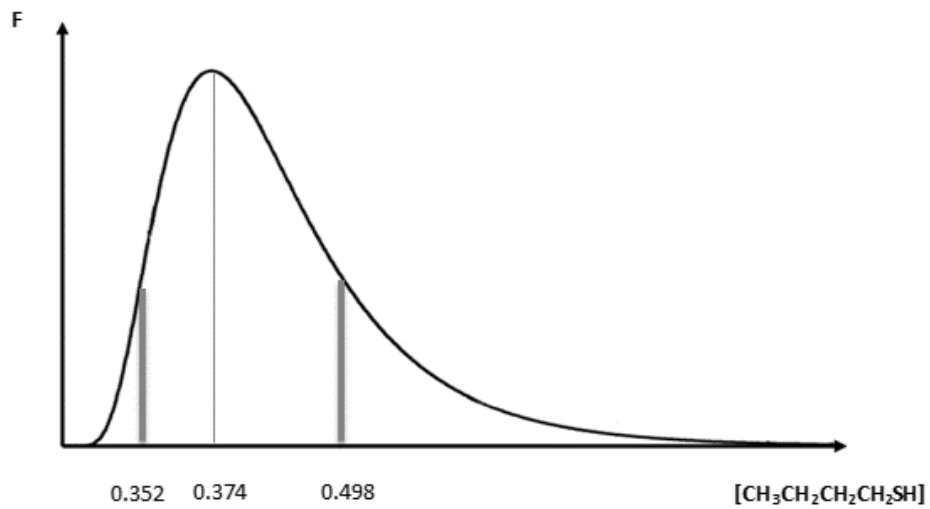
Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Metilmercaptano se encontrará entre 0.39ppm y 0.585ppm.

Intervalo de confianza para el Butilmercaptano con geomembrana (Primera réplica).



Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Butilmercaptano se encontrará entre 0.23ppm y 0.35ppm.

Intervalo de confianza para el Butilmercaptano con geomembrana (Segunda réplica).



Con un nivel de confianza del 95%, el verdadero valor de la concentración media de Butilmercaptano se encontrará entre 0.352ppm y 0.498ppm.

ANEXO E.
FOTOGRAFIAS.



Fotografía 1 Área de disposición final de desechos sólidos



Fotografía 2 Trabajador realizando el proceso de descarnado.



Fotografía 3 Evaluación de gases antes del control



Fotografía 4 Evaluación de gases antes del control utilizando el equipo Ibrid MX6



Fotografía 5 Geomembrana HDPE a instalar.



Fotografía 6 Desplegando la Geomembrana HDPE.



Fotografía 7 Geomembrana HDPE instalada.



**Fotografía 8 Evaluación de gases después del control utilizando el equipo Ibrid
MX6**