



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**APLICACIÓN DE LA NOM-033-STPS-2015 “CONDICIONES
DE SEGURIDAD PARA REALIZAR TRABAJOS EN ESPACIOS
CONFINADOS” A LA INDUSTRIA QUÍMICA.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA**

PRESENTA

VIRIDIANA SÁNCHEZ MARTÍNEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: RAMÓN EDGAR DOMINGUEZ BETANCOURT**

VOCAL: **Profesor: MODESTO JAVIER CRUZ GOMEZ**

SECRETARIO: **Profesor: GIOVANA VILMA ACOSTA GUTIERREZ**

1er. SUPLENTE: **Profesor:**

2° SUPLENTE: **Profesor:**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

ASESOR DEL TEMA:

ING. RAMÓN EDGAR DOMÍNGUEZ BETANCOURT

SUSTENTANTE:

VIRIDIANA SÁNCHEZ MARTÍNEZ

Tabla de contenido

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ANEXO

ÍNDICE GENERAL

1.- Introducción	2
1.1. Justificación	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Antecedentes	3
2.- Legislación laboral y normativa mexicana	4
2.1. Constitución Política	4
2.2. Ley Federal del Trabajo	4
2.3. Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo	8
2.4. Ley Federal Sobre Metrología y Normalización	11
2.4.1. Normas Oficiales Mexicanas	11
2.4.2. Normas de Referencia.....	15
2.4.3. Normas o lineamientos Internacionales	15
3.- Los espacios confinados	16
3.1. Definición de Espacio Confinado	16
3.2. Clasificación de Espacios Confinados	16
3.2.1. Criterio 1. Porcentaje de oxígeno	16
3.2.1.1. Atmosfera deficiente de oxígeno.	24
3.2.1.2. Atmosfera enriquecida de oxígeno.	27
3.2.2. Criterio 2. Inflamabilidad y/o explosividad	29
3.2.3. Criterio 3. Toxicidad o peligro a la salud	33
4.- Riesgos de los espacios confinados	54
4.1. Definición de Riesgo	54
4.2. Administración del Riesgo	54
4.2.1. Planificar la Administración de los Riesgos	55
4.2.2. Identificar los Riesgos.....	57
4.2.3. Realizar los Análisis Cualitativos y Cuantitativos de los Riesgos	63

4.2.4. Controlar y Monitorear los Riesgos.....	80
4.3. Accidentes verídicos en espacios confinados	81
5.- Equipos de detección y monitoreo de atmosferas peligrosas	84
5.1. Definición de uso de equipos	84
5.2. Detección y monitoreo de atmosferas peligrosas.....	84
5.2.1. Monitores para porcentaje de oxígeno	85
5.2.2. Monitores de gas combustible.....	85
5.2.3. Monitores de gases tóxicos.....	86
5.3. Preparación del confinamiento ante atmosferas peligrosas	86
5.3.1. Espacio confinado aislado	86
5.3.2. Espacio confinado ventilado	86
6.- Equipos de protección personal para espacios confinados	88
6.1. Definición de EPP.....	88
6.2. Clasificación de EPP	88
6.2.1. Equipo de protección auditiva	88
6.2.1.1. Tapones	88
6.2.1.2. Orejeras.	88
6.2.1.3. Selección de equipo de protección auditiva.....	89
6.2.2. Equipo de protección respiratoria	90
6.2.2.1. Equipos purificadores de aire	90
6.2.2.2. Equipos suministradores de aire.	92
6.2.2.3. Selección de equipo de protección respiratoria.....	93
6.2.3. Equipo de protección visual	96
6.2.3.1. Protectores contra riesgos físicos.....	97
6.2.3.2. Protectores contra riesgos químicos	97
6.2.3.3. Protectores contra riesgos térmicos	97
6.2.4. Equipo de protección corporal.....	98
6.2.4.1. Botas de seguridad	98
6.2.4.2. Guantes.....	98
6.2.4.3. Protección a cabeza.	99
6.2.4.4. Vestimenta.....	100
6.2.4.5. Accesorios.....	102

7.- Conclusiones y recomendaciones generales	104
7.1. Conclusiones.....	104
7.2. Recomendaciones	105

ÍNDICE DE ANEXO

NOM-033-STPS-2015	106
1. Objetivo	107
2. Campo de aplicación	107
3. Referencias.....	107
4. Definiciones.....	107
5. Obligaciones del patrón	109
6. Obligaciones de los trabajadores	110
7. Clasificación del espacio confinado y análisis de riesgos	110
8. Requerimientos administrativos para realizar trabajos en espacios confinados.....	112
9. Medidas de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados	115
10. Plan de atención a emergencia y rescate	118
11. Capacitación	119
12. Unidades de verificación	120
13. Procedimiento para la evaluación de la conformidad	120
14. Vigilancia	146
15. Bibliografía.....	146
16. Concordancia con normas internacionales	146

REFERENCIAS

**APLICACIÓN DE LA
NOM-033-STPS-2015
“CONDICIONES DE SEGURIDAD
PARA REALIZAR TRABAJOS EN
ESPACIOS CONFINADOS” EN LA
INDUSTRIA QUÍMICA.**

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN.

La industria química representa un rol sumamente importante en la comodidad y sencillez de la vida cotidiana. Para la elaboración de los distintos productos que utilizamos diariamente se necesita de grandes plantas capaces de soportar un proceso químico, además de ciertas condiciones de operación que implican riesgos considerables y materiales que al utilizarse pueden ser responsables de catastróficos accidentes industriales. El objetivo en común de cada planta es operar de manera segura y eficiente, por tal motivo, es imperativo el estudio de riesgos asociados a las plantas químicas, ya sea involucrado a las sustancias, equipos, factor humano y/o situaciones imprevistas, para su correcta aplicación con seguridad industrial.

Los equipos que componen las plantas químicas requieren de mantenimiento correctivo y preventivo para prevenir riesgos mayores, la mayoría de estos no implican peligros considerables pero para tanques de almacenamiento, reactores, cisternas, tuberías y demás recintos confinados, puede requerir del ingreso de personal a espacios confinados, sometiéndolos a ambientes diferentes a una atmosfera abierta.

Los trabajos en espacios confinados, implican diversos riesgos como son atmósferas peligrosas por falta de oxígeno, exposición a concentraciones de sustancias contaminantes superiores a las que un ser humano promedio puede metabolizar sin daños a la salud aparente y/o por la presencia de sustancias inflamables o explosivas dentro de los límites de inflamabilidad que pueden destruir parcial o completamente a las plantas químicas, ocasionando así, un severo daño a las instalaciones, a una población cercana a la planta, medio ambiente y/o lo más importante, daños al personal que podría ser irreversible. Ingresar a un espacio confinado sin aplicar un procedimiento seguro y normalizado, puede ocasionar asfixia, afecciones de las vías respiratorias, desmayos, muerte y/o explosión. Cualquiera que sea la consecuencia de accidentes laborales, implican pérdidas económicas para la empresa.

Cada industria es responsable de su toma de decisiones, laborando con responsabilidad social y para con la ley, procurando el bienestar de los recursos humanos, ambientales y económicos, deberá adoptar las precauciones necesarias para laborar de manera segura y prevenir riesgos industriales mejorando la seguridad de la planta y los procesos, considerando el gran porcentaje de accidentes presentados en la industria que ocurren por desviaciones de la función asignada o en los procedimientos operativos, falla mecánica del equipos y eventos externos.

1.1. JUSTIFICACIÓN.

La operación y mantenimiento en espacios confinados implica riesgos con consecuencias de diferentes grados de severidad y probabilidad de ocurrencia, por tal motivo es más económico para las industrias, prevenir, valorar y atender los riesgos, que tener que tomar acciones correctivas cuando ya se dio el evento.

Para realizar los estudios que ayuden a priorizar riesgos, se debe tener conocimiento de las implicaciones de un espacio confinado, sus riesgos asociados, causas, la forma en cómo podrían afectar la salud ocupacional, el medio ambiente y las instalaciones, las medidas preventivas, así como los equipos de seguridad tanto para el personal como para monitorear y controlar el confinamiento con el objetivo de disminuir el riesgo durante labores programadas.

1.2. OBJETIVOS.

- Comprender la importancia de la realización de trabajos en espacios confinados de manera segura en el sector químico.
- Analizar e identificar los riesgos críticos asociados a espacios confinados.
- Investigar la normatividad nacional aplicable para la realización de trabajos en recintos confinados
- Identificar las medidas de seguridad y procedimientos que se deben llevar a cabo para trabajos programados en recintos confinados.

1.3. ANTECEDENTES.

El 4 de noviembre de 2014 el Diario Oficial de la Federación, publicó el anteproyecto de la norma oficial mexicana PROY-NOM-033-STPS-2014, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados. Tras los comentarios de doce especialistas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo procedió a realizar su estudio, las revisiones pertinentes y resolvió en lo oportuno, dando a lugar que para el 31 de Agosto de 2015, se publicara en el DOF y entrara en vigor a los tres meses siguientes la norma de carácter obligatorio NOM-033-STPS-2015, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados.

La Norma Oficial Mexicana rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se realicen trabajos en espacios confinados, comunes en la industria química.

Los interesados en dar cumplimiento a la Norma en cuestión, deberán informar, de manera previa, a la autoridad laboral esta decisión y podrán solicitar una inspección de asesoría y asistencia técnica para instrumentar su cumplimiento sin que se hagan acreedores a sanciones por el incumplimiento.

Capítulo 2. LEGISLACIÓN LABORAL Y NORMATIVA MEXICANA.

En nuestro país la seguridad y salud en el trabajo se encuentra regulada por diversos mandatos contenidos principalmente en nuestra Constitución Política, la Ley Federal del Trabajo, el Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo, así como por las normas oficiales mexicanas de la materia, entre otros ordenamientos.

A continuación se examinarán los puntos más destacados de los mandatos en relación a los trabajos realizados en espacios confinados en la Industria Química.

2.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA.

El primer aspecto lo determina la *Ley Suprema*¹ en el artículo 123 en materia del trabajo y de la previsión social. Apartado "A", fracciones XIV y XV:

XIV. Los empresarios serán responsables de los accidentes del trabajo y de las enfermedades profesionales de los trabajadores, sufridas con motivo o en ejercicio de la profesión o trabajo que ejecuten; por lo tanto, los patronos deberán pagar la indemnización correspondiente, según que haya traído como consecuencia la muerte o simplemente incapacidad temporal o permanente para trabajar, de acuerdo con lo que las leyes determinen. Esta responsabilidad subsistirá aún en el caso de que el patrono contrate el trabajo por un intermediario.

XV. El patrón estará obligado a observar, de acuerdo con la naturaleza de su negociación, los preceptos legales sobre higiene y seguridad en las instalaciones de su establecimiento, y a adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de las máquinas, instrumentos y materiales de trabajo, así como a organizar de tal manera éste, que resulte la mayor garantía para la salud y la vida de los trabajadores, y del producto de la concepción, cuando se trate de mujeres embarazadas. Las leyes contendrán, al efecto, las sanciones procedentes en cada caso;

Lo que conlleva a los patronos a apegarse a los medios necesarios para garantizar un medio laboral seguro para la salud y vida de los trabajadores, estas especificaciones están descritas en la Ley Federal del Trabajo.

2.2. LEY FEDERAL DE TRABAJO.

La Ley Federal del Trabajo en amplios rasgos regula las relaciones obrero-patronales que pueden ser de naturaleza individual o colectiva. Se considera individual cuando el patrón (ya sea un individuo o una empresa) contrata los servicios de uno o más empleados, y colectiva cuando la relación ocurre entre un patrón y un sindicato.

El artículo 18 indica que para la interpretación de las normas de trabajo se tomarán en consideración sus finalidades señaladas en los artículos 2º y 3º. En caso de duda, prevalecerá la interpretación más favorable al trabajador. Por interés se menciona el 2º:

¹ La Constitución Política de un país constituye la Ley Suprema que regula dos aspectos: los derechos del hombre y la organización del Estado.

Artículo 2º.- Las normas del trabajo tienden a conseguir el equilibrio entre los factores de la producción y la justicia social, así como propiciar el trabajo digno o decente en todas las relaciones laborales.

Se entiende por trabajo digno o decente aquél en el que se respeta plenamente la dignidad humana del trabajador; no existe discriminación por origen étnico o nacional, género, edad, discapacidad, condición social, condiciones de salud, religión, condición migratoria, opiniones, preferencias sexuales o estado civil; se tiene acceso a la seguridad social y se percibe un salario remunerador; se recibe capacitación continua para el incremento de la productividad con beneficios compartidos, y se cuenta con condiciones óptimas de seguridad e higiene para prevenir riesgos de trabajo.

El trabajo digno o decente también incluye el respeto irrestricto a los derechos colectivos de los trabajadores, tales como la libertad de asociación, autonomía, el derecho de huelga y de contratación colectiva.

Se tutela la igualdad sustantiva o de hecho de trabajadores y trabajadoras frente al patrón.

La igualdad sustantiva es la que se logra eliminando la discriminación contra las mujeres que menoscaba o anula el reconocimiento, goce o ejercicio de sus derechos humanos y las libertades fundamentales en el ámbito laboral. Supone el acceso a las mismas oportunidades, considerando las diferencias biológicas, sociales y culturales de mujeres y hombres.

Los factores de la producción son aquellos recursos que contribuyen en la creación de un producto (capital, mano de obra y tecnología), las normas de trabajo buscan el equilibrio entre estos factores y la igualdad de oportunidades y derechos humanos, predisponiendo trabajos dignos y seguros para la prevención de riesgos.

En caso de que un trabajador se niegue a adoptar las medidas preventivas o procedimientos indicados para evitar accidentes o enfermedades e incluso que por imprudencias o descuidos que comprometan la seguridad del establecimiento o de las personas que se encuentren, el patrón puede rescindir de la relación laboral sin responsabilidad según el artículo 47. Por otro lado, según el artículo 51, el trabajador también puede rescindir de la relación laboral sin responsabilidad cuando el patrón sea el responsable de la falta de seguridad del establecimiento o para las personas, también en el caso que exista un peligro grave para la seguridad o salud del trabajador o de su familia, ya sea por carecer de condiciones higiénicas en el establecimiento o porque no se cumplan las medidas preventivas y de seguridad que las leyes establezcan.

En los casos de siniestro o riesgo inminente en que peligre la vida de los trabajadores o del patrón, o la existencia misma de la empresa, la jornada de trabajo podrá prolongarse por el tiempo estrictamente indispensable para evitar esos males (artículo 54) y dicho tiempo se retribuirán con una cantidad igual a la que corresponda a cada una de las horas de la jornada, es decir, no como horas extras (artículo 67).

A efecto de prevenir accidentes y enfermedades laborales, los patrones tienen la obligación de instalar y operar de acuerdo con las disposiciones establecidas en el reglamento y las normas

oficiales mexicanas en materia de seguridad, salud y medio ambiente de trabajo, así como informar a los trabajadores sobre los riesgos y peligros a los que están expuestos (artículo 132), los trabajadores deberán observar las disposiciones mencionadas, así como las que indiquen los patrones para su seguridad y protección personal; en caso de siniestro o riesgo inminente que peligran las personas o los intereses del patrón o de sus compañeros de trabajo, los trabajadores deben de prestar auxilios en cualquier tiempo que se necesiten (artículo 134).

En relación a las especificaciones para espacios confinados empiezan en la Ley Federal del Trabajo con el artículo 175 en materia de trabajo a menores, título quinto bis, queda prohibida la utilización del trabajo de los menores de dieciocho años en los casos que establezca la Ley Federal del Trabajo; lo cual está definido en el siguiente artículo:

Artículo 176.- Para los efectos del artículo 175, además de lo que dispongan las Leyes, reglamentos y normas aplicables se considerarán, como labores peligrosas o insalubres, las que impliquen:

I.- ..

II.- Labores:

1. ..

2. ..

3. En altura o espacios confinados.

Por lo que los menores de dieciocho años por ningún motivo pueden realizar labores en espacios confinados, ya que son actividades de rigurosa exigencia en cuanto a las medidas de seguridad que se deben de tomar para realizarlas.

En la última reforma de junio del 2015 en materia de riesgo se agrega el artículo 475 bis en materia de la seguridad y salud y de la prevención de los riesgos en el trabajo relativo a la responsabilidad del empleador, que les indica a apegarse a las especificaciones no solo de la LFT sino a las normas aplicables; y de los empleados.

Artículo 475 Bis.- El patrón es responsable de la seguridad e higiene y de la prevención de los riesgos en el trabajo, conforme a las disposiciones de esta Ley, sus reglamentos y las normas oficiales mexicanas aplicables.

Es obligación de los trabajadores observar las medidas preventivas de seguridad e higiene que establecen los reglamentos y las normas oficiales mexicanas expedidas por las autoridades competentes, así como las que indiquen los patrones para la prevención de riesgos de trabajo.

Los riesgos en trabajo pueden atentar contra la vida de los trabajadores y/o con las condiciones del equipo, siendo material el daño, la empresa es quien cubre los gastos de las reparaciones pero si la perdida es la vida del trabajador, entonces tenemos el artículo 502. La indemnización en caso de muerte del trabajador aumento de manera considerable, anteriormente se preveían

setecientos treinta días de salario, siendo que ahora el empleador debe de apegarse a los cambios establecidos:

Artículo 502.- En caso de muerte del trabajador, la indemnización que corresponda a las personas a que se refiere el artículo anterior será la cantidad equivalente al importe de cinco mil días de salario, sin deducir la indemnización que percibió el trabajador durante el tiempo en que estuvo sometido al régimen de incapacidad temporal.

El artículo 501 menciona a las personas que tienen derecho a recibir indemnización en caso de muerte del trabajador, en primer término es el viudo o viuda, hijos menores de dieciséis años o mayores con alguna incapacidad que hayan sido económicamente dependientes del trabajador; a falta de estos, serán los descendientes dependientes económicamente; en los casos que el cónyuge no esté vivo y el trabajador haya vivido con alguna otra persona en concubinato durante los últimos cinco años antes de su muerte o con la que haya tenido hijos recibirá la indemnización; a falta de estos la recibirán las personas que dependían económicamente del trabajador en la proporción en que cada una dependía de él. Si ninguna persona cumple con los requisitos antes mencionados, entonces la indemnización pertenecerá al Instituto Mexicano del Seguro Social.

Respecto a la tabla de enfermedades en el trabajo son una guía para clasificar las enfermedades provenientes de riesgos del trabajo y así el Seguro Social es el responsable de pagar en su totalidad los días de incapacidad, incluso si se trata de incapacidad permanente. Sin embargo, se establece que la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) previa opinión de la Comisión Consultiva Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, actualizará esta tabla (artículo 513), revisará cuando sea pertinente (artículo 514) y se realizarán las investigaciones y estudios necesarios (artículo 515).

Artículo 513.- La Secretaría del Trabajo y Previsión Social, previa opinión de la Comisión Consultiva Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, actualizará las tablas de enfermedades de trabajo y de evaluación de las incapacidades permanentes resultante de los riesgos de trabajo, mismas que se publicarán en el Diario Oficial de la Federación y serán de observancia general en todo el territorio nacional.

Artículo 514.- Las tablas a que se refiere el artículo anterior serán revisadas cada vez que se considere necesario y conveniente para el país, cuando existan estudios e investigaciones que lo justifiquen.

En todo caso la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y la Comisión Consultiva Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo deberán tomar en cuenta el progreso y los avances de la medicina del trabajo y para tal efecto podrán auxiliarse de los técnicos y médicos especialistas que para ello se requiera, informando al Poder Legislativo.

Artículo 515.- La Secretaría del Trabajo y Previsión Social realizará las investigaciones y estudios necesarios, a fin de que el Presidente de la República pueda iniciar ante el Poder Legislativo la adecuación periódica de las tablas a que se refieren los artículos 513 y 514 al progreso de la Medicina del Trabajo.

Es de considerarse los riesgos a los que están expuestos los trabajadores que realizan actividades en trabajos confinados, por lo que también le es aplicable la Ley del Seguro Social en la que se establece las obligaciones del patrón al iniciar una relación laboral, entre las cuales destacan las fracciones I y III del siguiente artículo:

Artículo 15. Los patrones están obligados a:

- I. Registrarse e inscribir a sus trabajadores en el Instituto, comunicar sus altas y bajas, las modificaciones de su salario y los demás datos, dentro de plazos no mayores de cinco días hábiles;
- II. ...
- III. Determinar las cuotas obrero patronales a su cargo y enterar su importe al Instituto;

En la fracción III se refiere a que se debe de pagar una cuota bimestral aunque mensualmente se hacen pagos parciales.

La cuota del empleado al Seguro Social esta designada según el convenio que tenga el patrón con el Instituto, generalmente es de aproximadamente del 17% de su salario diario, limitado a diez veces el *salario mínimo*² para la Ciudad de México, el cual equivale a \$88.36. Es decir, si por ejemplo el patrón establece el 17% del salario diario del empleado entonces la cuota máxima a pagar es de \$730.40 bimestrales para los empleados que gocen de un salario mayor o igual a \$8,592.94 mensuales.

La mencionada inscripción libera al patrón de cualquier responsabilidad en esta relación, dejando al Instituto Mexicano del Seguro Social como responsable del pago de pensiones, subsidios, atención médica, hospitalización, aparatos ortopédicos y prótesis.

Tanto el gobierno como los trabajadores participan en este régimen del Seguro Social, el cual cubre enfermedades en general, embarazo, discapacidad, jubilación, retiro debido a la edad, muerte y guarderías infantiles.

2.3. REGLAMENTO FEDERAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

Por parte del Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo se establecen las disposiciones que se deben observar en los centros de trabajo para prevenir los riesgos y procrear entornos que aseguren la salud con base a lo señalado en la Ley Federal de Trabajo. Así como en la Ley Suprema, se desarrollan las obligaciones tanto de los patrones como de los empleados en los artículos 7 y 8 respectivamente, dentro de las cuales destacan las siguientes fracciones:

² Establecido como único salario mínimo a pesar del área geográfica por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos mediante resolución publicada en el Diario Oficial de la Federación del 18 de diciembre de 2015. Vigentes a partir del 1 de enero de 2016.

Artículo 7. Son obligaciones de los patrones:

- I. Contar con un Diagnóstico de Seguridad y Salud en el Trabajo y los estudios y análisis de Riesgos requeridos por el presente Reglamento y las Normas, que forman parte del referido diagnóstico;
- II. Integrar un Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo, con base en el Diagnóstico de Seguridad y Salud en el Trabajo;
- III. Elaborar los programas específicos, manuales y procedimientos, que orienten la realización de las actividades y procesos laborales bajo condiciones seguras y de emergencia;
- ..
- VII. Aplicar, en la instalación de sus establecimientos, las medidas de Seguridad y Salud en el Trabajo señaladas en este Reglamento y en las Normas, conforme a la naturaleza de las actividades y procesos laborales;
- ..
- X. Proporcionar a los trabajadores el Equipo de Protección Personal, de acuerdo con los Riesgos a que están expuestos;
- XI. Informar a los trabajadores respecto de los Riesgos relacionados con la actividad que desarrollen;
- ..
- XIV. Expedir las autorizaciones para la realización de actividades o trabajos peligrosos que prevén este Reglamento y las Normas específicas.

Artículo 8. Son obligaciones de los trabajadores:

- I. Observar las medidas preventivas de Seguridad y Salud en el Trabajo dispuestas en este Reglamento y las Normas, así como las que establezcan los patrones para la prevención de Riesgos;
- II. ..
- III. Dar aviso inmediato al patrón y a la Comisión de Seguridad e Higiene, sobre las Condiciones Inseguras que adviertan y de los Accidentes de Trabajo que ocurran, y colaborar en la investigación de los mismos;
- IV. Utilizar y conservar en buen estado el Equipo de Protección Personal proporcionado por el patrón;
- V. ..
- VI. Operar en forma segura la maquinaria, equipo y herramientas que tengan asignados;
- ..
- XI. Participar en la capacitación y adiestramiento que, en materia de prevención de Riesgos y atención a emergencias, sean impartidos por el patrón o por las personas que éste designe;

Sin embargo, además de estas obligaciones, en el Reglamento se destaca en el artículo 17 que los trabajos realizados en espacios confinados deberán de observarse para la seguridad en el trabajo.

En los casos de mantenimiento de instalaciones eléctricas, se recalca en el artículo 31, fracción XVIII y XIX que las autorizaciones tienen que ser realizadas por escrito y darle seguimiento:

Artículo 31. Para el mantenimiento de las instalaciones eléctricas, los patrones deberán:

I. ..

..

XVIII. Expedir autorizaciones por escrito para la realización de dichas actividades en altura, Espacios Confinados, subestaciones o con partes vivas, y

XIX. Llevar los registros del personal autorizado para el desarrollo de estas actividades, así como de los resultados de la revisión y conservación del equipo de trabajo, maquinaria, herramientas e implementos de protección aislante.

En todos los casos en materia de las disposiciones organizacionales para la Seguridad y Salud en el trabajo es un deber para los patrones observar la selección y uso del Equipo de Protección Personal (capítulo 6), el cual debe de contar con la certificación de algún organismo de certificación o con la garantía del fabricante de que protege contra los Riesgos para los que fue producido; los trabajadores deben de usarlo durante la jornada y en especial en las áreas en donde se requiere su uso obligatorio, previamente señalizadas.

De acuerdo con el capítulo cuarto de este reglamento en materia de las disposiciones especializadas para la Seguridad y Salud en el Trabajo se establece que las mujeres en estado de gestación y las personas menores de edad no puedan ser asignadas a realizar trabajos en espacios confinados; esta actividad es considerada en relación a la tasa de Accidentes en el Trabajo, Incapacidades y hasta defunciones que puede ocasionar como de alto riesgo; por lo que la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) tiene la autorización de emitir Normas específicas para mejor observancia:

Artículo 56. La Secretaría podrá emitir Normas específicas para la Seguridad y Salud en el Trabajo, en el caso de aquellas ramas o actividades económicas con características particulares que ameriten un tratamiento diferenciado o que tengan una mayor tasa de Accidentes de Trabajo, incapacidades o defunciones.

Los principios de la Normalización en Seguridad y Salud en el Trabajo se rigen por el título segundo de este reglamento, artículo 10 y 11 para normas y proyectos de normas respectivamente:

Artículo 10. La Secretaría expedirá Normas con fundamento en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su reglamento, la Ley y el presente Reglamento, con el propósito de establecer disposiciones en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo que eviten:

- I. Riesgos que pongan en peligro la vida, integridad física o salud de los trabajadores, y
- II. Cambios adversos y sustanciales en el ambiente laboral, que afecten o puedan afectar la seguridad o salud de los trabajadores o provocar daños a las instalaciones, maquinaria, equipos y materiales del Centro de Trabajo.

Los procedimientos para la Evaluación de la Conformidad de las Normas indicarán las disposiciones cuya inobservancia implica Riesgo Grave.

Artículo 11. Los proyectos de Normas deberán sustentarse en un análisis, el cual habrá de contener:

- I. La explicación sucinta de los objetivos y finalidades de la Norma;
- II. La descripción de las medidas propuestas y alternativas consideradas para cumplir con dicha finalidad;
- III. Los costos y beneficios de las alternativas consideradas y, en su caso, una comparación con las regulaciones de otros países, y
- IV. La factibilidad técnica para la comprobación de su cumplimiento, es decir, los mecanismos que prevén para asegurar y verificar su cumplimiento.

Dentro de las medidas propuestas y alternativas consideradas para cumplir con su finalidad, podrán establecerse diferencias con base en el tipo de Centro de Trabajo.

2.4. LEY FEDERAL SOBRE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN.

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización determina, en sus artículos 38, fracción II, 40, fracción VII, y 43 al 47, la competencia de las dependencias para expedir las normas oficiales mexicanas relacionadas con sus atribuciones; la finalidad que tienen éstas de establecer, entre otras materias, las condiciones de salud, seguridad e higiene que deberán observarse en los centros de trabajo, así como el proceso de elaboración, modificación y publicación de las mismas.

Nuestro país se rige por diversos tipos de normas las cuales define la Ley Federal sobre Metrología y Normalización como: norma oficial mexicana, la norma mexicana y la norma o lineamiento internacional.

2.4.1. NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son de observancia obligatoria y son expedidas por dependencias competentes según su ámbito de competencia, son 985 normas divididas en normas definitivas, de emergencia y proyectos de normas.

		Resultados por Dependencias					Total
		Tipo:					
		Definitiva		Emergencia		Proyecto	
SECRETARÍA DE ECONOMÍA	125	2		39			166
SECRETARÍA DE TURISMO	7	0		1			8
SAGARPA	121	0		34			155
SEMARNAT	119	2		25			146
SECRETARÍA DE TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL	43	0		8			51
SECRETARÍA DE ENERGÍA	90	0		26			116
SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL	0	0		0			0
SECRETARÍA DE SALUD	145	0		32			177
S. COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	109	0		109			218
SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN	3	0		2			5
SECRETARÍA DE SEGURIDAD PÚBLICA	1	0		0			1
COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA	3	1		0			4
ASEA	2	2		3			7
Total	768	7		279			

Tabla II-1. Catálogo de NOM's por dependencia y tipo.

Las definitivas y de emergencia son normas en vigor, con la única diferencia que las de emergencia tienen un tiempo limitado de seis meses para su cumplimiento. Los proyectos de normas son las que se encuentran en revisión para posteriormente entrar en vigor.

Las Normas Oficiales en Mexicanas que emite la Secretaria del Trabajo la Secretaria del Trabajo y Previsión Social determinan las condiciones mínimas necesarias para la prevención de riesgos de trabajo y se caracterizan por que se destinan a la atención de factores de riesgo, a los que pueden estar expuestos los trabajadores. Se encuentran vigentes 43 normas oficiales y 8 proyectos de normas en materia de seguridad y salud en el trabajo; de las cuales en relación a las especificaciones en trabajos confinados entró en vigor la NOM-005-STPS-1998, Condiciones de Seguridad e Higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas; y para mayor especificación de cualquier actividad que se realice en un espacio confiando, posteriormente entró en vigor la NOM-033-STPS-2015, Condiciones de Seguridad para realizar Trabajos en Espacios Confinados.

Entiéndase por sustancia química peligrosa a aquéllas que por sus propiedades físicas y químicas al ser manejadas, transportadas, almacenadas o procesadas, presentan la posibilidad de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, o acción biológica dañina, y pueden afectar la salud de las personas expuestas o causar daños a instalaciones y equipos.

En la NOM-005-STPS-1998 refiere como única obligación del patrón en relación que debe de establecer por escrito los trabajos en espacios confinados que expongan a los trabajadores a sustancias químicas peligrosas y requieren autorización para ejecutarse ya que se define como una actividad con riesgo potencial al tener una probabilidad de que una sustancia química peligrosa cause daño a la salud de los trabajadores o al centro de trabajo, administrativamente se tiene que elaborar el procedimiento de autorización con las siguientes características:

7.2 Procedimiento de autorización para realizar las actividades peligrosas. Se debe elaborar un documento que contenga:

- a) descripción de la actividad;
- b) nombre del trabajador a efectuar la actividad;
- c) lugar en donde se realizará la actividad;
- d) hora y fecha programadas para el inicio y terminación de la actividad;
- e) equipo de protección personal a utilizar;
- f) nombre y firma del responsable de la autorización;
- g) nombre y firma del responsable del área en donde se realizará la actividad peligrosa, quien vigilará esta actividad;
- h) nombre y firma de enterado del responsable de mantenimiento,
- i) anexar el procedimiento seguro para realizar la actividad.

A demás previo a la actividad se tiene que realizar un plan de emergencia con los procedimientos para rescates en espacios confinados. La norma cuenta con el artículo 9. Requisitos generales, fracción 9.1 en el que se establecen las especificaciones en materia de trabajos en espacios confinados:

9.10 Para trabajos en espacios confinados, se debe cumplir con lo siguiente:

- a) elaborar el procedimiento de autorización conforme a lo establecido en el apartado 7.2;
- b) llevar a cabo el bloqueo de energía, maquinaria y equipo relacionado con el espacio confinado donde se hará el trabajo, y colocar tarjetas de seguridad que indiquen la prohibición de usarlos mientras se lleva a cabo el trabajo;
- c) se debe monitorear constantemente el interior para verificar que la atmósfera cumpla con las condiciones siguientes:
 1. que el contenido de oxígeno esté entre 19.5% y 23.5%; en caso contrario se deben tomar las medidas pertinentes, tanto para el uso de equipo de protección respiratoria con suministro de aire, como para la realización de actividades en atmósferas no respirables;
 2. la concentración de gases o vapores inflamables no debe ser superior en ningún momento al 20% del valor del límite inferior de inflamabilidad; Ejemplo: El ácido fórmico tiene un límite inferior de inflamabilidad de 18 en una relación volumen/volumen, por lo que 3.6 es el valor que no debe ser superado.

3. la concentración de sustancias químicas peligrosas no debe exceder los límites máximos permisibles de exposición establecidos en la NOM-010-STPS-1993, de lo contrario se deben aplicar las medidas de control establecidas en esa norma,
 4. las lámparas que se utilicen para iluminar un espacio confinado, deben ser de uso rudo, a prueba de explosión.
- d) siempre que el trabajador ingrese a realizar labores en un espacio confinado, deberá ser estrechamente vigilado por el responsable del área o por una persona capacitada para esta función, además debe utilizar un arnés y cuerda resistente a las sustancias químicas que se encuentren en el espacio confinado, con longitud suficiente para poder maniobrar dentro del área y ser utilizada para rescatarlo en caso de ser necesario.

Para la correcta interpretación de las normas se deben de considerar otras normas oficiales y/o mexicanas. Por ejemplo, para el caso de la NOM-033-STPS-2015, las normas que se deben consultar según el apartado 3, son:

1. NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.
2. NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura.
3. NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
4. Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
5. NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
6. NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
7. NOM-027-STPS-2008, Actividades de soldadura y corte. Condiciones de seguridad e higiene.
8. NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.
9. NOM-116-STPS-2009, Seguridad-Equipo de protección personal. Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas. Especificaciones y métodos de prueba.
10. NMX-S-002-SCFI-2004 Seguridad. Respiradores purificadores de aire de cartuchos químicos. Especificaciones y métodos de prueba.
11. NMX-S-054-SCFI-2013 Seguridad. Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas-Especificaciones y métodos de prueba.

Estas referencias sirven para complementar y complementar la información que nos pueda proporcionar la NOM-033-STPS-2015.

2.4.2. NORMAS DE REFERENCIA.

Las normas de referencia son de aplicación voluntaria para determinar la calidad de los productos y servicios, sin contener especificaciones inferiores a las establecidas en las normas oficiales mexicanas para la protección de los consumidores.

Las Normas Mexicanas (NMX) son elaboradas por organismos nacionales de normalización para un uso común de características o prescripciones aplicables, son 5,093 vigentes entre normas y proyectos de normas.

Las Normas de Referencia Federal (NRF) las emiten los comités de normalización de las entidades de la administración pública federal como Petróleos Mexicanos (PEMEX) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE); en los casos en que las normas mexicanas o internacionales no cubran los requerimientos de las mismas o se consideren inaplicables u obsoletas.

Existen otro tipo de normas conocidas principalmente como normas del fabricante que son manuales que realizan los patrones y/o encargados de una determinada empresa en exclusiva para las actividades que realicen y las cuales deberán estar basadas en las normas oficiales mexicanas; se realizan con la finalidad de sintetizar a los trabajadores las especificaciones de mayor relevancia.

2.4.2. NORMAS O LINEAMIENTOS INTERNACIONALES.

Por otra parte las internacionales son documentos normativos que emite un organismo internacional de normalización o relacionados con la materia, reconocido por el gobierno mexicano en términos del derecho internacional. Muchas empresas, sin obligatoriedad, buscan certificarse en estos por beneficios de reconocimiento en el mercado competente. Una de las más reconocida es la International Organization for Standardization (ISO, proveniente del griego “isos” que significa igualdad) esta organización se encarga de estandarizar las metodologías a nivel internacional, tiene más de veintiún mil normas publicadas y ciento sesenta y un países como miembros. Otra asociación es la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, OSHA por sus siglas en inglés Occupational Safety and Health Administration de Estados Unidos, busca asegurar condiciones de trabajo seguras y saludables para los hombres y mujeres de trabajo mediante el establecimiento y aplicación de normas, y la capacitación, divulgación, educación y asistencia.

Capítulo 3. LOS ESPACIOS CONFINADOS.

3.1. DEFINICIÓN.

De acuerdo con el Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo, artículo 3, fracción XIII un espacio confinado es el lugar o lugares sin ventilación natural, en el que una o más personas puedan desempeñar una determinada tarea en su interior, con medios limitados o restringidos para su acceso o salida, que no están diseñados para ser ocupados en forma continua.

Entiéndase por medios limitados o restringidos a todos aquellos que no permiten una entrada ni una salida en forma segura y rápida de todos sus ocupantes, generalmente involucra el uso de escaleras para ingreso y/o egreso, poseen pocas aberturas por lo que puede que el aire puro no llegue hasta el área de trabajo y no asegura una atmosfera apta para la vida humana, requiere tomar ciertas medidas de seguridad para permitir la permanencia de los trabajadores, las cuales se verán en el capítulo 5 y 6 del presente.

Algunos ejemplos son: calderas, tuberías, tanques, mezcladores, reactores, cisternas, calderas, alcantarillas, pozos, etc.

3.2. CLASIFICACIÓN.

En los Estados Unidos Mexicanos los espacios confinados se clasifican en Tipo I o Tipo II de acuerdo con lo anexado en tabla 1 de la NOM-033-STPS-2015 y con base a tres criterios (porcentaje de oxígeno, inflamabilidad y toxicidad):

- I. Espacio confinado tipo I: Riesgo potencial a la salud mínimo, es decir, aquél en el que no existe riesgo por deficiencia o enriquecimiento de oxígeno, ni atmósferas explosivas o inflamables, y en el que las concentraciones de sustancias químicas peligrosas son inferiores al nivel de acción.
- II. Espacio confinado tipo II: Riesgo grave o inminente a la salud de los trabajadores, es decir, aquél que tiene el potencial de causar lesiones y/o enfermedades de trabajo, e incluso puede ser inmediatamente peligroso para la vida y la salud. Se clasificará el espacio confinado en este tipo si se cumple, al menos, uno de los criterios mencionados.

3.2.1. PORCENTAJE DE OXÍGENO.

Los espacios confinados, como ha sido definido, generalmente no cuentan con una atmosfera apta para la función respiratoria habitual de un individuo, es de vital importancia que ésta cuente con cierta concentración de O₂ en ella; pero antes de especificar esta información, vale la pena evaluar su importancia y contribución en la salud del individuo y por ende, en la respiración celular.

Las células de nuestro organismo necesitan un aporte continuo de oxígeno (O₂) para llevar a cabo la respiración celular desempeñada en los tejidos del cuerpo humano, como resultado de este proceso, las células generan dióxido de carbono (CO₂) gas que se elimina por medio del sistema respiratorio que nos permite intercambiar oxígeno y dióxido de carbono con el medio circundante.

El oxígeno es el segundo componente mayoritario en el aire en seguida del nitrógeno (N₂, gas inerte), representa aproximadamente el 21% del volumen atmosférico.

La oxigenación en el cuerpo humano se lleva a cabo gracias a los siguientes procesos: La inspiración, la hematosis, transporte e intercambio de gases, la respiración celular y finaliza con la espiración.

La **inspiración** es la entrada del aire del medio circundante a los pulmones gracias a un gradiente de presiones que se genera cuando se contrae el diafragma, el cual provoca el aumento del diámetro longitudinal del tórax y a su vez el volumen de los pulmones (fenómeno de solidaridad tóraco - pulmonar); por lo que la presión intrapulmonar disminuye (Ley de Boyle), haciéndose menor que la presión atmosférica; provocando así que el aire seco ingrese a la vía respiratoria, la cual forma parte del sistema respiratorio y está compuesta por las fosas nasales, faringe, laringe y tráquea, su labor es conducir el aire a condiciones óptimas hacia los pulmones que es donde se lleva a cabo el intercambio gaseoso.

Al pasar por las fosas nasales el aire se satura de vapor de agua, variando las presiones parciales y concentraciones de los componentes del aire, el proceso inicia cuando se pone en contacto con los cornetes que son óseas que transfieren calor al aire, asimismo las fosas nasales están revestidas por una membrana mucosa, la pituita, encargada de humidificar el aire y con ayuda de los folículos pilosos, filtrarlo. Para comprender, conviene recordar la Ley de Dalton: La presión ejercida por cada gas individual en un espacio es independiente de las presiones de los otros gases de la mezcla y la suma de éstas representa la presión total, es decir:

$$P_T = \sum P_i$$

$$P_i = X_i P_T$$

Donde:

P_T es la presión de la mezcla

P_i es la presión parcial de un componente de la mezcla en particular

X_i es la fracción molar de un componente de la mezcla en particular

Con base en esto se obtiene la presión parcial de cualquier componente en un sistema dado, por ejemplo, considerando una fracción molar de 0.2084 y a nivel del mar la presión parcial de oxígeno es:

$$P_{O_2} = X_{O_2} P_T = (0.2084)(760 \text{ mmHg}) = 158.4 \text{ mmHg}$$

Las principales condiciones de presión y porcentaje en volumen del aire humidificado se detallan en la tabla III-1. Éste aire es conducido hasta la tráquea, la cual se divide en dos cilindros huecos llamados bronquios, cada bronquio penetra en el pulmón correspondiente, dentro del cual se ramifica formando ramas cada vez menores, los bronquíolos, son los encargados de conducir el aire a los alvéolos pulmonares, los cuales se hallan rodeados por una gran red capilar, que es donde se lleva a cabo la *hematosis*.

La diferencia de presiones parciales de los componentes del aire (tabla III-1) se debe principalmente a que el aire alveolar solo es sustituido parcialmente en cada inhalación, además el proceso de la hematosis incita la variación de las concentraciones de los componentes del aire alveolar.

	Aire atmosférico	Aire humidificado	Aire alveolar	Aire espirado
N₂	78.62%	74.09%	74.90%	74.50%
	597.0 mmHg	563.4 mmHg	569.0 mmHg	566.0 mmHg
O₂	20.84%	19.67%	13.60%	15.70%
	159.0 mmHg	149.0 mmHg	104.0 mmHg	120.0 mmHg
CO₂	0.04%	0.04%	5.30%	3.60%
	0.3 mmHg	0.3 mmHg	40.0 mmHg	27.0 mmHg
H₂O	0.50%	6.20%	6.20%	6.20%
	3.7 mmHg	47.0 mmHg	47.0 mmHg	47.0 mmHg

Tabla III-1. Condiciones de presión y porcentaje en volumen de los principales componentes del aire durante la respiración.

La **hematosis** es la transferencia de gases por difusión, esto hace que las moléculas de una sustancia tiendan a pasar de una región de mayor concentración a una de menor concentración como es el caso del oxígeno del aire alveolar hacia la sangre y del dióxido de carbono desde la sangre hacia el aire alveolar. Dicha transferencia depende de los siguientes factores:

1. **Solubilidad del gas.** *Depende de la afinidad entre el gas y el solvente. El CO₂ es veinte veces más soluble en el agua de los líquidos corporales que el O₂; el coeficiente de solubilidad en el plasma por mililitro de sangre a 37°C y a una presión parcial de 760 mmHg para el dióxido de carbono es de 0.51 ml y para el oxígeno de 0.023 ml.*
2. **Peso molecular del gas.** *Es inversamente proporcional a la difusión.*
3. **Espesor de la membrana respiratoria.** *Cuanto mayor sea el espesor, más lenta la difusión; puede haber causas de engrosamiento como la fibrosis o edema pulmonar.*
4. **Área de la superficie de intercambio.** *Directamente proporcional a la difusión de los gases.*
5. **Presión parcial del gas**

La difusión de los gases es directamente proporcional a su gradiente de *presión parcial*, la transferencia de gases se lleva a cabo entre el aire alveolar y la sangre venosa en el capilar pulmonar, la sangre llega a éste a través de la arteria pulmonar (la única arteria que transporta sangre carboxigenada, es decir, con CO₂ proveniente de los tejidos).

En cuestión a la presión parcial de oxígeno (P_{O_2}), es mayor en el alvéolo pulmonar que en la sangre del capilar pulmonar en el extremo arterial (tabla II-2), por lo que el oxígeno se transfiere a la sangre y el dióxido de carbono, al tener una P_{CO_2} mayor en la sangre se transfiere hacia el alveolo pulmonar para ser expulsado en la espiración.

P parcial	Extremo arterial	Alvéolo	Extremo venoso
P_{O_2} (mmHg)	≈ 40	≈ 100 - 104	≈ 95
P_{CO_2} (mmHg)	≈ 46	≈ 40	≈ 40

Tabla II-2. Pi en los sitios de intercambio gaseoso alvéolo-capilar pulmonar.

El oxígeno es transportado desde los capilares pulmonares hasta los sistémicos (donde difunde hacia los tejidos) de dos formas: disuelto en el plasma (3%) y como oxihemoglobina (97%).

Lo disuelto en el plasma obedece la Ley de Henry establece que a temperatura constante, la cantidad de gas que se disuelve en un líquido es proporcional a la presión parcial del gas.

Por cada milímetro de mercurio de P_{O_2} existe 0.003 ml de O_2 en 100 ml de sangre; de acuerdo a la tabla III-2, en este tramo la P_{O_2} es de aproximadamente 95 mmHg, por lo que aproximadamente 0.285 ml de oxígeno se transportan diluidos en 100 ml de sangre, esta cantidad es

insuficiente para cubrir los requerimientos metabólicos, he aquí donde la hemoglobina juega un papel fundamental en la sangre.

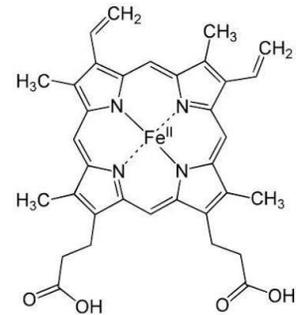


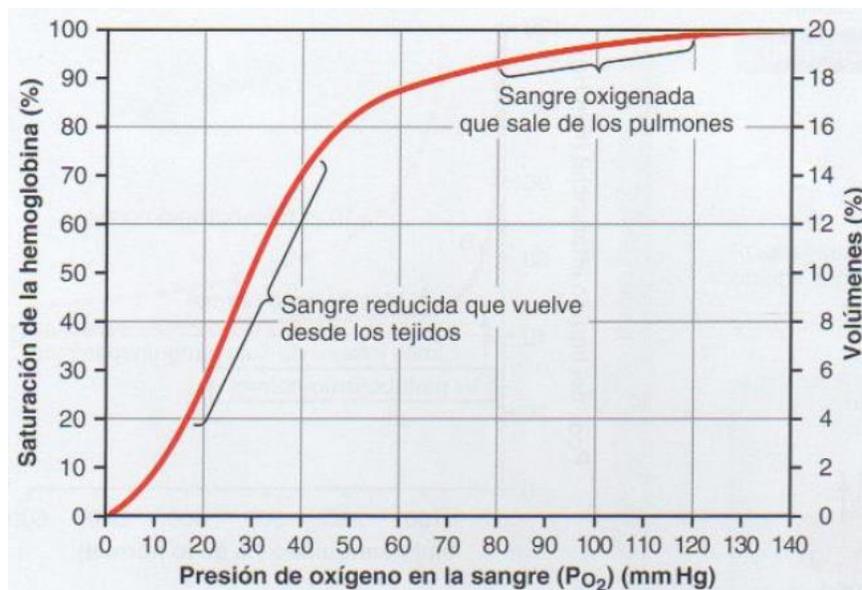
Ilustración 3.1. Grupo Hemo

La hemoglobina (Hb) consta de cuatro grupos hemo (ilustración 3.1) cada uno con un átomo de hierro en forma de ion ferroso (Fe^{2+}) capaz de ligar la molécula de oxígeno (O_2), formando la oxihemoglobina; es decir, cada hemoglobina transporta $4O_2$ hasta los tejidos donde se encuentra el CO_2 a una presión parcial mayor que la del O_2 (tabla III-3).

El grafico 1 representa el porcentaje de hemoglobina ligada con oxígeno a diferentes presiones parciales de gas. Es la curva de saturación de la hemoglobina leída de izquierda a derecha, o bien, de disociación de la oxihemoglobina si se lee de derecha a izquierda.

P parcial	Extremo venoso	Tejido	Extremo arterial
P_{O_2} (mmHg)	≈ 40	≈ 40	≈ 95
P_{CO_2} (mmHg)	≈ 46	≈ 46	≈ 40

Tabla III-3. Pi en los sitios de intercambio gaseoso capilar sistémico-tejido.



Gráfica C-1. Curva de disociación de la hemoglobina.

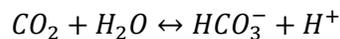
La capacidad máxima de oxígeno capaz de reaccionar con la hemoglobina está dada por la siguiente información: Cada cien mililitros de sangre contiene alrededor de 15 gramos de hemoglobina y cada uno de estos es capaz de ligar 1.39 ml de O₂, es decir, por cada 100 ml de sangre es posible transportar 20.85 ml de O₂ ligados como oxihemoglobina.

Cuando la sangre arterial pasa a través de los tejidos por lo capilares sistémicos, la oxihemoglobina se disocia y el oxígeno difunde hacia las células y bajo el mismo principio, el CO₂ difunde de las células hacia los capilares (**intercambio de gases**). Al salir la sangre por el sistema venoso, la presión parcial de oxígeno en esta es de 40 mmHg.

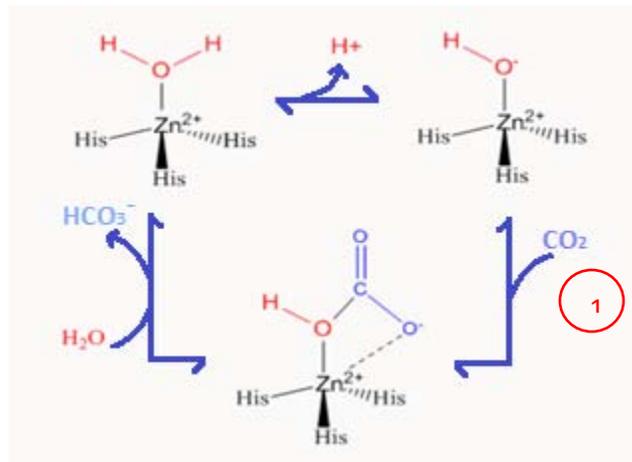
Retomando la tabla III-3, la presión parcial de dióxido de carbono es más alta en los tejidos que en la sangre (como resultado de la respiración celular), el CO₂ difunde desde los tejidos hacia los capilares sistémicos y se transporta en la sangre de tres formas: disuelto en el plasma (7%), en forma de ion bicarbonato, HCO₃⁻ (70%), y como compuestos denominados carbamatos (23%).

El CO₂ al igual que el O₂, obedece la ley de Henry y se disuelve en el plasma, recordando claro que es más soluble que el oxígeno y se encuentra alrededor de 2.9 ml de CO₂ en 100 ml de sangre.

La mayor parte del dióxido de carbono difunde a los glóbulos rojos en donde la enzima anhidrasa carbónica cataliza la siguiente reacción:

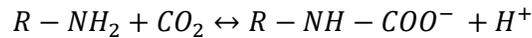


La hidratación del CO₂ se lleva a cabo de la siguiente manera, el carbonilo del CO₂ es atacado por el hidroxilo de la enzima y produce una molécula de HCO₃⁻ que queda unida al zinc y la cual se libera por consecuencia de la hidrólisis. Posteriormente se regenera la especie catalítica activa, uniéndose así, el zinc al hidroxilo. El mecanismo de reacción es el siguiente:



El bicarbonato sale del glóbulo rojo para transportarse en el plasma por medio de intercambio con el anión cloruro (sal que es parte del plasma) con la finalidad de mantener la neutralidad eléctrica. Los protones provocan la disminución de pH y son captados por la hemoglobina provocando así la favorable afinidad hacia el CO₂ y la difusión del O₂ hacia los tejidos. Otro factor del descenso del pH es el ácido láctico que se genera cuando realizamos actividad física.

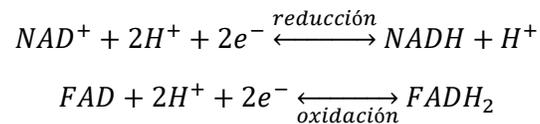
El resto del CO₂ transportado se une con la Hb, cabe mencionar que los cuatro grupos de la hemoglobina son subunidades, dos de ellas llamadas alfa y dos beta. Los grupos α-amino libres reaccionan reversiblemente con el CO₂ en forma de carbamato (-NHCOO⁻):



Coexiste otro factor que favorece la difusión del O₂ hacia los tejidos, el 2,3-difosfoglicerato (2,3-DPG) es un compuesto que se fija a la molécula de hemoglobina entre sus subunidades, haciéndola menos afín al oxígeno. El 2,3-DPG es un compuesto que se encuentra aumentado en situaciones de hipoxia (baja disponibilidad de oxígeno), por ejemplo, en fumadores, grandes altitudes o espacios confinados, favoreciendo la liberación de oxígeno hacia los tejidos y llevar a cabo la respiración celular.

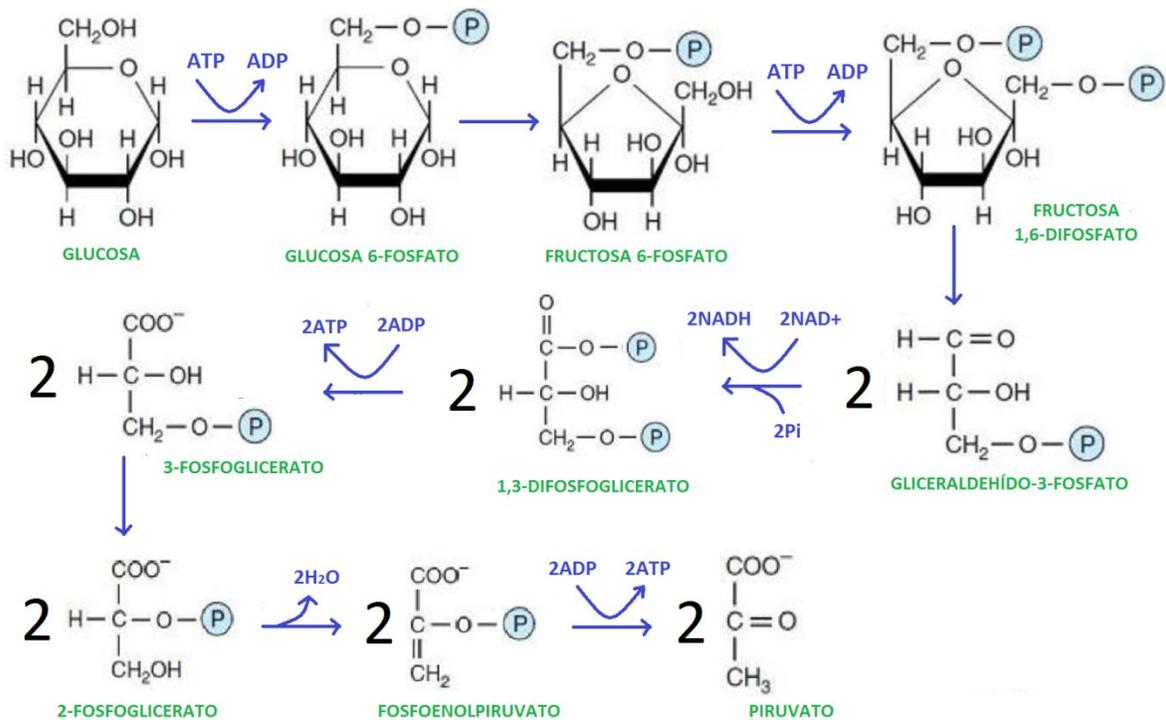
La **respiración celular** es el conjunto de procesos químicos que se llevan a cabo en presencia del oxígeno dentro de la célula y que permiten obtener la energía necesaria para las distintas funciones de los organismos vivos. Los sustratos de la respiración celular son los combustibles (alimentos) y el oxígeno, más adenosina difosfato (ADP) y fósforo (P); en tanto sus productos finales son CO₂, agua, adenosina trifosfato (ATP) y calor.

Las coenzimas transportadoras de hidrógeno que participan en la respiración celular son los dinucleótidos NAD⁺ y FAD. El NAD⁺, nicotinamida adenina dinucleótido (C₂₁H₂₇N₇O₁₄P₂), puede transportar un par de electrones y un H⁺, que se incorporan a su estructura, y un H⁺ en unión iónica. El FAD, flavín adenin dinucleótido (C₂₇H₃₃P₂N₉O₁₅), transporta dos átomos de H⁺ y 2 e⁻.



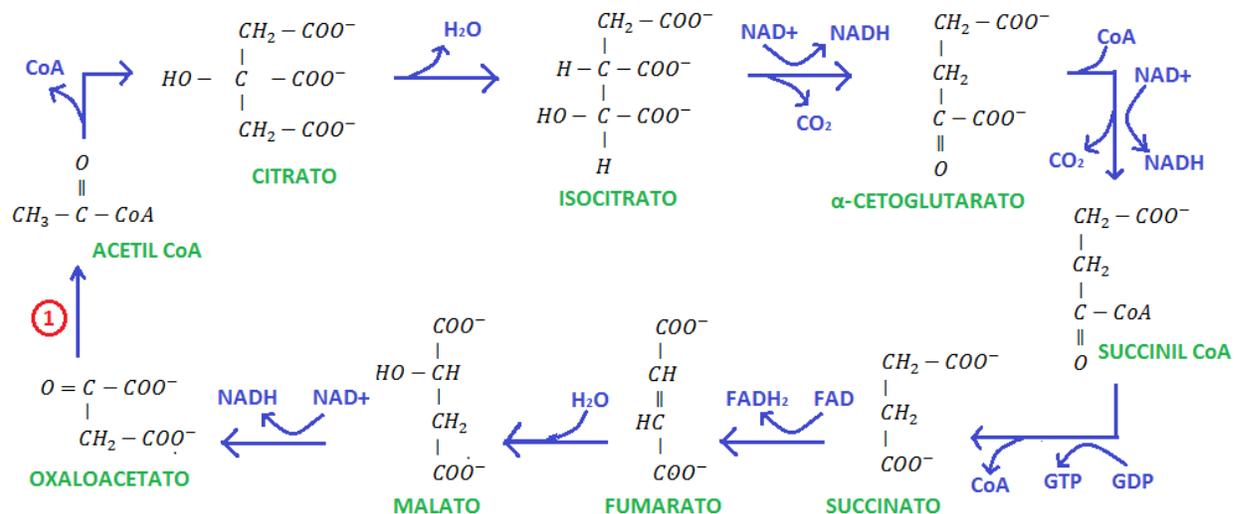
La coenzima A (CoA) es una coenzima de transferencia de grupos acilo que participa en diversas rutas metabólicas; se deriva del complejo vitamínico B, al igual que el NAD⁺ y el FAD.

Primeramente, la glucólisis, no requiere la presencia de oxígeno (proceso anaeróbico) y se lleva a cabo en el citosol, que es el líquido que se localiza dentro de las células. En este proceso la molécula de la glucosa es fosforilada dos veces a expensas del ATP hasta llegar a fructosa 1,6-difosfato, la cual es dividida en dos triosas y estas son fosforiladas una vez más, en este caso, a partir de fosfato inorgánico, posteriormente se oxidan (mientras dos moléculas de NAD⁺ se reducen), convirtiéndose en dos moléculas de ácido, el piruvato. Las uniones de todos los fosfatos incorporados son llevadas a uniones de alta energía y los fosfatos son transferidos al ATP. Las dos fosforilaciones a nivel sustrato rinden 4 ATP, descontando los dos invertidos en los pasos 1 y 3, la glucolisis produce una ganancia neta de 2 ATP. El mecanismo de reacción del proceso es el siguiente:



El piruvato obtenido ingresa a la matriz mitocondrial donde pierde un grupo carboxilo en forma de CO_2 y se deshidrogena, transfiriéndose este a la coenzima NAD^+ . El grupo acetilo restante es captado por la Coenzima A, formando el complejo acetil-CoA ($\text{C}_{23}\text{H}_{34}\text{N}_7\text{O}_{17}\text{P}_3\text{S}$) y da comienzo al ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico.

El acetil-CoA y el oxalacetato (presente en la mitocondria) se condensan y forma citrato o ácido cítrico, el cual sufre dos descarboxilaciones oxidativas dando lugar a 2CO_2 , 2NADH y un ácido de cuatro carbonos, el succinil. A esta reacción se acopla una fosforilación a nivel del sustrato, generando GTP posteriormente la molécula es deshidrogenada dos veces, reduciendo sucesivamente, al FAD y al NAD^+ . Finalmente se regenera el compuesto inicial. El mecanismo de reacción del ciclo de Krebs se muestra a continuación:



Las dos moléculas de GTP obtenidas en este el ciclo a partir de una molécula de glucosa es fácilmente transformado por medio de una fosforilación a nivel del sustrato, cediendo su fosfato al ADP para formar ATP y conservando la energía de este enlace.

A lo largo de las fases precedentes, se donan los electrones y protones a las coenzimas NAD^+ y FAD; sus formas reducidas, NADH y FADH_2 . La cadena respiratoria está formada por cuatro complejos (I, II, III y IV), por los cuales se transportan los electrones gracias a una serie de reacciones redox. Este proceso es esencial para el metabolismo ya que proporciona NAD^+ y FAD que puede dirigirse a las vías metabólicas que los requieren para seguir funcionando.

El NADH cede un par de electrones al complejo I y el FADH_2 cede los suyos al complejo II; estos electrones ceden hacia los siguientes complejos en consecuencia del valor de sus potenciales de reducción, que provocan el desplazamiento de los electrones desde los potenciales el potencial más bajo (-0.32 V) al más alto (0.82 V) y mientras tanto van liberando energía que promueve la síntesis de ATP por quimiosmosis que por cada NADH en la cadena respiratoria se forman 2.5 ATP, y por cada FADH_2 , 1.5 ATP.

El último transportador de la cadena respiratoria cede los electrones al oxígeno molecular. Este se reduce y capta protones, formando agua.

En síntesis, a partir de una molécula de glucosa, la ecuación general que describe la respiración celular es la siguiente:



El número máximo teórico de adenosín trifosfato, ATP, que se puede obtener al final de la respiración aeróbica es de 38. Sin embargo, las fuentes más actuales estiman que el rendimiento máximo de ATP obtenido por molécula de glucosa se encuentra entre 30-32 moléculas (desglose en tabla III-4) de ATP esto considerando que en una célula real, no toda la energía del gradiente de protones se destina a la producción de ATP, parte de esta energía se debe usar para transportar moléculas dentro y fuera de la matriz mitocondrial. Por ejemplo, el ADP se debe transportar hacia la matriz para que pueda convertirse en ATP y, por su parte, el ATP se debe transportar al exterior de la mitocondria para que la célula pueda utilizarlo (lo que implica que hay menos energía disponible para impulsar la síntesis de ATP). Por otro lado, la cantidad de ATP producido en la glucólisis no es preciso debido a que este proceso ocurre en el citosol y el NADH no puede cruzar la membrana mitocondrial interna (debido a que esta es muy hidrofóbica) para entregar sus electrones al complejo I. Debería pasar sus electrones como un sistema de transporte molecular que los entregue y conduzca después de una serie de pasos, a la cadena de transporte de electrones.

ETAPA	PRODUCTOS DIRECTOS (NETOS)	RENDIMIENTO FINAL
Glucólisis	2 ATP	2 ATP
	2 NADH	3 - 5 ATP
Descarboxilación oxidativa	2 NADH	5 ATP
Ciclo de Krebs	2 GTP	2 ATP
	6 NADH	15 ATP
	2 FADH ₂	3 ATP
TOTAL		30 -32 ATP

Tabla III-4. Obtención de ATP a partir de una molécula de glucosa

El oxígeno molecular debe estar presente en la mitocondria para que la cadena de transporte de electrones no deje de funcionar. Cuando falta el oxígeno, los transportadores no pueden reoxidarse, pues no hay aceptor final para los electrones. De la misma forma, el NADH y el FADH₂ permanecen reducidos. Al agotarse las reservas de NAD⁺ y FAD, tampoco es posible la continuidad de las vías que los requieren como sustratos.

Por lo tanto, si bien el O₂ tan sólo es sustrato de la cadena respiratoria, su presencia es imprescindible para que se lleven a cabo las etapas anteriores de la respiración aeróbica. Además, la disponibilidad de O₂ es fundamental para la síntesis de ATP por fosforilación oxidativa (compuesta por los procesos en la cadena respiratoria y la quimiosmosis), el mecanismo que rinde la mayor parte del ATP obtenido de la respiración, depende directamente del funcionamiento de la cadena respiratoria.

Para concluir queda mencionar el último proceso de la oxigenación en el cuerpo que es la **espiración**, medio por el cual es expulsado el CO₂ resultante de la respiración celular siguiendo las mismas condiciones que el O₂ al ingresar.

La oxigenación en el cuerpo puede verse afectada por factores externos a él, es decir, en la atmosfera; en los gases la temperatura y la presión afectan severamente el volumen, o bien, puede verse afectado por el desplazamiento de éste por otros gases y aunque se aspira el mismo volumen de aire, la cantidad de moléculas de oxígeno es modificada. Si el contenido de oxígeno se reduce a niveles menores al 19.5% v/v, se conoce como una atmosfera suboxígenada o deficiente de oxígeno y con enriquecimiento de oxígeno (mayor de 23.5%) es una atmosfera sobreoxigenada; ambas atmosferas se consideran atmosferas peligrosas para la salud o integridad, se explican a continuación. Y aunque el espacio confinado sea clasificado como tipo I, se tiene que estar monitoreando la atmosfera durante el trabajo a realizar para asegurar que no pase a tipo II sin las precauciones de seguridad requeridas.

3.2.1.1. ATMOSFERA DEFICIENTE DE OXÍGENO.

Un espacio confinado se clasifica como deficiente de oxígeno cuando su concentración en volumen de oxígeno es menor al 19.5%, lo que a su vez lo clasifica como espacio confinado tipo II y obliga a tomar medidas de seguridad para poder realizar el trabajo requerido.

La disponibilidad real de oxígeno dependerá de la presión parcial de éste en la mezcla gaseosa. Su disminución puede generar el desplazamiento del oxígeno por otros gases, herrumbre, corrosión, fermentación, otras formas de oxidación y trabajos en espacios confinados que consuman oxígeno.

Algunos espacios pueden estar abiertos totalmente en su entrada de aire pero la profundidad o diseño puede incitar a la dificultar de la ventilación natural por lo que la entrada de oxígeno es mínima, como en los pozos.

Es necesario determinar qué tipo de gases ocupan la atmosfera en el confinamiento, suelen ser consecuencia de sustancias que previamente fueron almacenadas, desplazando el oxígeno y disminuyendo su concentración; por lo que una vez que esto se detecta, es indispensable su ventilación. Si con la apertura del espacio la ventilación no es suficiente para aumentar la concentración de oxígeno a un nivel permisible, entonces se tiene que acudir a la ventilación forzada, esta se puede realizar de dos formas, la primera consiste en suministrar aire al espacio confinado para expulsar los gases en su interior o la segunda es extraerlos; determinar el método a utilizar será dependiendo de la densidad del gas contenido (capítulo 5).

La densidad de un gas depende directamente de la presión y temperatura a la que se encuentre, dentro de un espacio confinado pueden abundar varios gases, de los cuales, el que tenga menor densidad tenderá a posicionarse sobre el que contenga mayor densidad, en la tabla III-5 se muestran densidades de diversos gases a condiciones estándar (25°C y 1 atm) y como es apreciable, aquí, los únicos gases menos densos que el aire son C_2H_2 , NH_3 , He, H_2 , CH_4 , CO, N_2 , C_3H_8 , C_3H_6 , H_2S .

Los gases más densos que el aire se desplazan a la parte inferior del espacio por lo que es complicado expulsarlos por medio del suministro de aire, por tal motivo se recomienda extraerlos. Por otro lado, cuando los otros gases en el interior del espacio son menos densos que el aire, es posible desalojarlos con ventilación forzada. Respecto a los equipos que se ocupan en los espacios confinados para lograr un atmosfera apta para trabajar se retomarán en el capítulo 5.

Como se mencionó anteriormente, la concentración de oxígeno en el espacio puede disminuir por el trabajo que se realiza dentro de él, como son los de mantenimiento o

Gas	Densidad (kg/m ³)
Acetileno (C_2H_2)	1,092
Aire	1,205
Amoniaco (NH_3)	0,717
Argón (Ar)	1,661
Butano (C_4H_{10})	2,489
Cloro (Cl_2)	2,994
Cloruro de Hidrógeno (HCl)	1,528
Dióxido de Azufre (SO_2)	2,279
Dióxido de Carbono (CO_2)	1,842
Etano (C_2H_6)	1,264
Flúor (F_2)	1,574
Helio (He)	0,1664
Hidrógeno (H_2)	0,0893
Metano (CH_4)	0,668
Monóxido de Carbono (CO)	1,165
Nitrógeno (N_2)	1,165
Óxido Nítrico (NO)	1,249
Propano (C_3H_8)	1,882
Propano (C_3H_6)	1,748
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	1,434

Tabla III-5. Densidad de gases.

reparación de una purga con nitrógeno u otros gases inertes; o los trabajos de soldadura, corte o cualquier trabajo de calentamiento con flama que como sabemos, consume oxígeno.

El espacio incluso pudo ser dañado por la corrosión y formar herrumbre que es la capa rojiza que se forma en la superficie del hierro u otros metales a causa del consumo de oxígeno (oxidación del metal) provocada por la humedad.

El empleo del espacio confinado en la industria también puede ser la causa de que existan gases que disminuyan la concentración de oxígeno dentro de él, por ejemplo en el caso de los espacios que contengan gases licuados como nitrógeno líquido al ser desalojados deja cierta concentración de gas por consecuencia de su evaporación, incluso se puede formar una atmósfera explosiva cuando se evapora propano líquido o gas natural licuado, siendo estos gases inflamables.

En los casos en que la atmosfera total de un espacio confinado este por debajo del 19.5%, ningún trabajador debe entrar sin línea de suministro de aire o equipo de respiración autónomo (capítulo 6), ya que si éste se reduce, se producen síntomas de asfixia que se van agravando conforme disminuye ese porcentaje. La asfixia es consecuencia de la falta de oxígeno y es ocasionada básicamente al producirse un consumo de oxígeno o un desplazamiento de este por otros gases. La NOM-031-STPS-2011 sugiere la relación entre las concentraciones de oxígeno y los efectos que ocasiona en el ser humano, esto se especifica en la tabla III-6.

Concentración de O ₂ (%)	Efectos
21.0	Concentración normal de oxígeno en el aire.
19.5	Concentración mínima para entrar sin equipos con suministro de aire. Sin efectos para 8 horas laborables.
18.0	Problemas de coordinación muscular, aceleración de ritmo respiratorio para compensar falta de oxigenación.
17.0	Afectación motriz, riesgo de pérdida de conciencia.
16.0	Desorientación, respiración afectada, vértigo, dolores de cabeza.
14.0	Juicio defectuoso, fatiga. Alto riesgo de inconciencia.
8.0	Fallo mental, náuseas, vómito, pérdida del sentido.
6.0	Movimientos convulsivos, muerte en minutos.

Tabla III-6. Efectos por la concentración de O₂.

La disminución de la concentración de oxígeno, ya sea por consumo o desplazamiento por otros gases, provoca el decaimiento de la presión parcial de oxígeno, como se mencionó anteriormente a nivel del mar la P_{O_2} es de aproximadamente 159 mmHg, al aspirar se adiciona vapor de agua al aire y se somete a la temperatura adecuada para ingresar a los pulmones. La presión del vapor de agua es igual a 47 mm Hg a 37°C, por lo tanto, la presión endotraqueal de oxígeno es igual a 148.6 mmHg. El aumento de la respiración no puede aumentar la P_{O_2} alveolar ($P_{A_{CO_2}}$). Cuando el aire se

desplaza desde la tráquea al alvéolo la P_{O_2} desciende 1.2 mmHg por cada 1 mmHg de incremento en la P_{CO_2} . Entonces si la P_{O_2} en la tráquea es de 148.6 mmHg y la P_{CO_2} alveolar es de 40 mmHg, la presión alveolar de oxígeno es de 100.6 mmHg como se muestran las siguientes ecuaciones:

$$P_{O_2} = X_{O_2} P_T = (0.2084)(760 \text{ mmHg}) = 158.4 \text{ mmHg}$$

$$P_{O_2} = (P_T - P_{H_2O})(X_{O_2}) = (760 \text{ mmHg} - 47 \text{ mmHg})(0.2084) = 148.6 \text{ mmHg}$$

$$P_{A_{O_2}} = P_{O_2} - 1.2(P_{A_{CO_2}}) = 148.6 \text{ mmHg} - 1.2(40 \text{ mmHg}) = 100.6 \text{ mmHg}$$

En la tabla III-7 se muestra estos cálculos conforme disminuye la fracción mol del oxígeno. Recordando que la transferencia por difusión de O_2 "alveolo - capilar pulmonar" se lleva a cabo por la diferencia de presión y que en el extremo arterial la P_{O_2} es de aproximadamente 40 mmHg (según lo establecido en la tabla III-2), por lo que, a cierta presión parcial de oxígeno en el alveolo, se interrumpe dicha transferencia (aproximadamente en atmosferas con 13% de O_2) y las células acuden al suministro de reserva que hay en el cuerpo para seguir trabajando, hasta que se agote.

X_{O_2}	P_{O_2}	P_{O_2} tráq.	$P_{A_{O_2}}$
0.2100	159.6	149.7	101.7
0.2099	159.5	149.7	101.7
0.2000	152.0	142.6	94.6
0.1900	144.4	135.5	87.5
0.1950	148.2	139.0	91.0
0.1800	136.8	128.3	80.3
0.1700	129.2	121.2	73.2
0.1600	121.6	114.1	66.1
0.1500	114.0	107.0	59.0
0.1400	106.4	99.8	51.8
0.1300	98.8	92.7	44.7
0.1200	91.2	85.6	37.6
0.1100	83.6	78.4	30.4
0.1000	76.0	71.3	23.3
0.0900	68.4	64.2	16.2

Tabla III-7. Relación de X_{O_2} y $P_{A_{O_2}}$.

Sin embargo la carencia de oxígeno en un atmosfera no es el único riesgo respecto a este componente del aire, sino que también el exceso de este es un riesgo para realizar alguna actividad en él.

3.2.1.2. ATMOSFERA ENRIQUECIDA DE OXÍGENO.

Cuando en un espacio confinado existe una concentración de oxígeno superior al 23.5%, se dice que es una atmósfera con exceso (enriquecida) de oxígeno o atmosfera suboxigenada y tiende a ser inestable, como resultado se incrementa significativamente la probabilidad y severidad de un

fuego repentino o de una explosión con presencia de gases inflamables, por esta razón es que se clasifica como espacio confinado tipo II. El oxígeno es un gas comburente, es decir, una sustancia oxidante que en contacto con otras, particularmente con inflamables, producen una reacción exotérmica cuando su concentración en el aire es del 21%, ahora bien, a medida que dicha concentración va aumentando, los materiales arden con más intensidad y la temperatura alcanzada por la llama es mayor. Por encima del 25%, en términos de seguridad se considera que un espacio confinado es extremadamente peligroso, ya que puede alcanzar la reacción de combustión en carácter explosivo y con el 28% la protección con tejidos ignífugos es inútil, el oxígeno se satura en la ropa, por lo que las personas que han estado expuestas a estos ambientes deben ventilar su vestimenta muy bien, debido a que hasta encender un cigarro puede causar quemaduras.

Este comburente interviene en la combustión oxidando a un combustible en cualquier estado de agregación que se encuentre, el proceso lo realiza tomando electrones del combustible (agente reductor) que reduce al oxidante (O_2) a través de la entrega de electrones. Es un gas incoloro, inodoro e insípido, por lo que la presencia de una atmósfera sobreoxigenada no es detectable por los sentidos, además de no producir efectos fisiológicos que puedan delatar el excedente, a la presión atmosférica. El oxígeno es más denso que el aire, lo que le hace susceptible de acumularse en sótanos, fosos, etc., en el caso de provenir de un escape o ser vertido; la vaporización de un litro de oxígeno-líquido, produce 854 litros de oxígeno-gas, a una temperatura de $15^\circ C$ y 1 bar de presión. En general, las atmosferas suboxigenadas incrementan considerablemente los riesgos de incendio de sustancias peligrosas, ya que la temperatura necesaria para este suceso, disminuye; al comenzar el incendio la temperatura del fuego es más sofocante y se propaga a una velocidad mayor.

En particular, los aceites y grasas son especialmente peligrosos en presencia de oxígeno por sus largas cadenas de hidrocarburos, ya que pueden inflamarse espontáneamente y arder con explosiva violencia, nunca se deben ocupar para lubricar equipos de oxígeno o aire enriquecido con este. Equipos contaminados con aceite o grasa deben limpiarse de inmediato con el uso de disolventes adecuados.

El suceso más común de una atmósfera enriquecida en oxígeno es cuando erróneamente se vierte oxígeno puro para eliminar una atmósfera carente de este, cuando en realidad, lo ideal es utilizar un tanque de aire. Sin embargo, el uso del espacio confinado también puede ocasionar una atmósfera suboxigenada, si el aire está expuesto a superficies extremadamente frías por ejemplo, que contienen nitrógeno líquido se puede formar aire líquido que al evaporarse puede conducir al enriquecimiento de oxígeno.

O cuando es contenedor de absorbentes de oxígeno y se calienta puede liberar cantidades apreciables, por ejemplo, el tamiz molecular es un material que contiene poros pequeños de un tamaño preciso y uniforme que se usa como agente adsorbente. Las moléculas que son lo suficientemente pequeñas para pasar a través de los poros son absorbidas, mientras que las moléculas mayores no.

A pesar de que una atmósfera se clasifique como tipo I (en cuanto a concentración de O_2 respecta) se debe monitorear para verificar que no se transforme en tipo II por el tipo de trabajo que en

este se realice, por ejemplo: Una conexión nueva para servicio de oxígeno debe ser cuidadosamente revisada de fugas, se recomienda la comprobación periódica de fugas.

En las ocasiones en las que el trabajo es próximo a equipos con suministro de oxígeno, se deben cerrar las válvulas con el fin de evitar alguna fuga y cualquier posible acumulación en el área de trabajo. Así mismo, todos los gases inflamables, líquidos y vapores deben ser removidos antes de iniciar cualquier trabajo dentro del espacio, en especial siendo este térmico; generalmente se emplea la ventilación mecánica para mantener la concentración adecuada para evitar incendios, el cual es el siguiente criterio en la clasificación de un espacio confinado en cuanto a seguridad se refiere.

3.2.2. INFLAMABILIDAD Y/O EXPLOSIVIDAD.

Una atmosfera inflamable es aquella en la que se genera una concentración entre el límite inferior y superior de inflamabilidad (LIE y LSE respectivamente), por lo que a condiciones atmosféricas y tras una ignición, se produce una reacción de oxidación exotérmica capaz de mantener la temperatura mínima necesaria para que la combustión continúe hasta su totalidad. En un recinto confinado se puede crear con facilidad una atmósfera inflamable.

Los LIE y LSE son las concentraciones mínimas y máximas del vapor o gas en mezcla con el aire, en las que son inflamables. En las hojas técnicas y/o de seguridad correspondientes para cada sustancia, se especifican estos límites en términos de porcentaje volumen de la mezcla combustible-aire, así como lo indica la NOM-018-STPS-2000. Reciben también el nombre de límites de explosividad, ya que según las condiciones de confinamiento, cantidad, intensidad de la fuente de ignición, etc., varía la velocidad de la combustión y es común que se origine una explosión. Usualmente el término “límites de inflamabilidad” se emplea para gases y el “límites de explosividad” para polvos combustibles.

Se define como *límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad* (LII o LIE) como la concentración mínima de vapor o gas en mezcla con el aire, por debajo de la cual, éste no se incendia o explota al ponerse en contacto con una fuente de ignición; es decir, en el momento en el que una mezcla de gases rebasa este límite inferior, esta se puede inflamar. Se ha observado que a medida de que aumenta el peso molecular, los límites interiores de inflamabilidad decrecen.

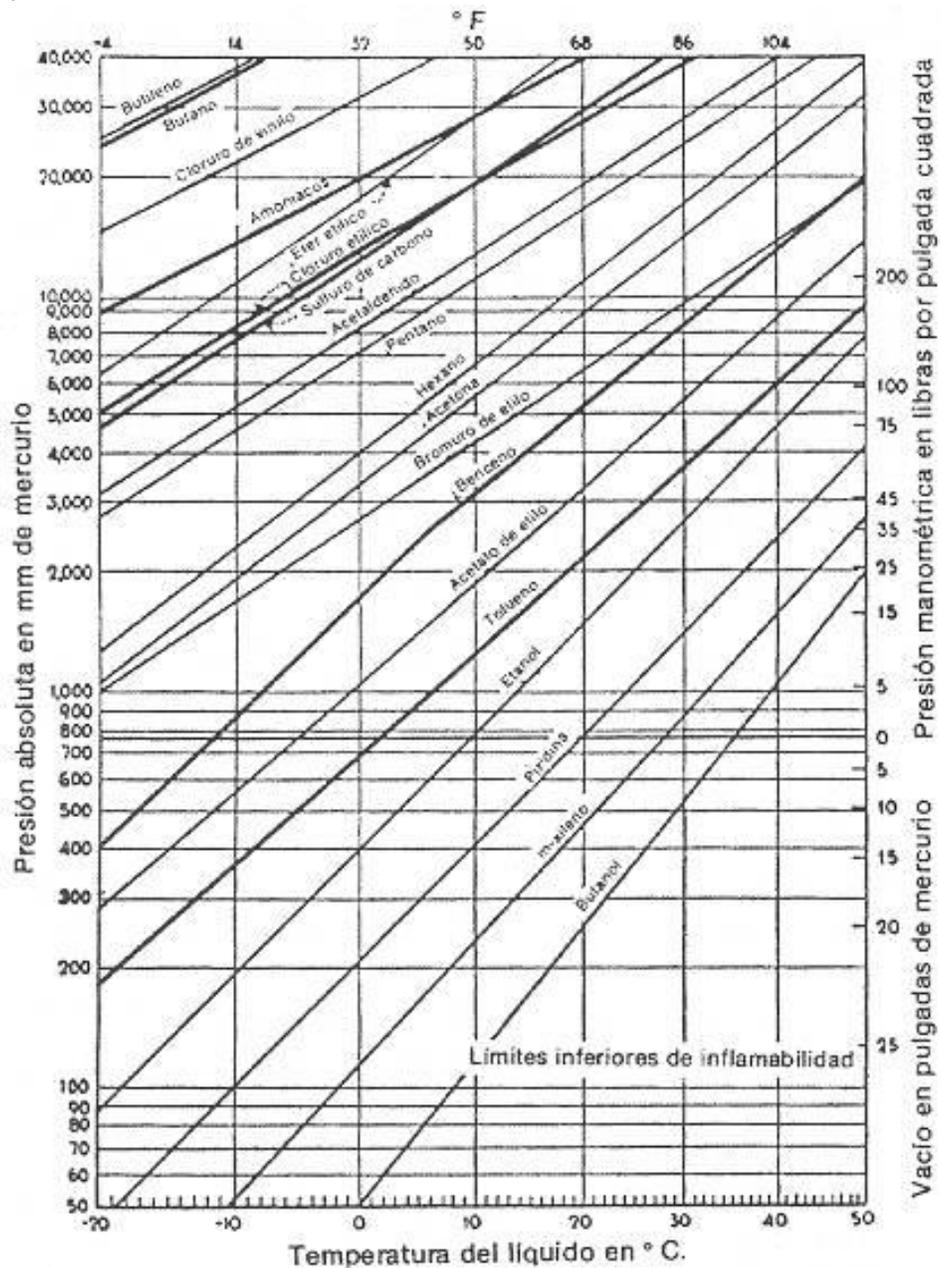
Por otro lado, el *límite superior de inflamabilidad y/o explosividad* (LSI o LSE) es la concentración máxima de vapor o gas en mezcla con el aire, por arriba de la cual, la mezcla no se incendia o explota al ponerse en contacto con una fuente de ignición.

Los gases sólo entran en combustión cuando se encuentran dentro de estos límites de composición de la mezcla gas-aire, en caso de que esta supere su concentración del límite inferior de inflamabilidad (específico para cada gas) éste se encenderá o explotará, dependiendo esto último de la presión de la mezcla y del tamaño del recinto donde se halle contenida la mezcla. El tipo de combustión que produce es completa, dejando residuos como el dióxido de carbono más agua y además producen prácticamente nada de humo.

Si se pretende que una determinada mezcla de gases inflamables en aire no produzca una atmosfera riesgosa, habrá que mantener la concentración de éstos por debajo del LII o por encima del LSI. En la normatividad de interés se toma la primera opción, ya que con los medios adecuados

de ventilación o extracción es factible trabajar por debajo de este. En cuanto a características de inflamabilidad respecta, se clasifica como un espacio confinado tipo I cuando la concentración es menor al 10% del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad, refiriendo que no existe riesgo en éste; y como tipo II cuando la concentración es mayor o igual a este límite, que sugiere la presencia de una atmosfera peligrosa.

Algunos ejemplos de límites de inflamabilidad/explosividad (límite inferior - límite superior) para algunas sustancias: éter etílico (1,7 % - 48 %); tolueno (1,2 % - 7 %); estireno (1,1 % - 8 %). Sin embargo, estos límites pueden verse variados por efecto de la temperatura y de la presión, como se muestra en la gráficos C-2 únicamente cuando se trate de líquidos o gases inflamables en equilibrio y en confinamiento.



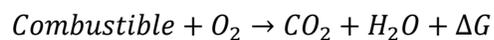
Gráfica C-2. Variación de inflamabilidad según la temperatura y presión.

La gráfica muestra la temperatura de inflamación de determinados líquidos y gases inflamables a una presión sometida de interés, por ejemplo, para el etanol se muestra la intersección de la presión a 760 mmHg con la temperatura a aproximadamente 10°C, que indica la temperatura de inflamación a presión atmosférica. Las mezclas de vapor y aire serán demasiado pobres para entrar en ignición a temperaturas inferiores y a presiones superiores a los valores indicados por la línea correspondiente para cada producto.

De cualquier manera, los almacenadores de sustancias químicas deben estar bien identificados y señalados conforme a lo establecido en el siguiente capítulo (identificando el grado de riesgo conforme a inflamabilidad, daños a la salud y reactividad) y mientras se realice la actividad dentro del confinamiento, las concentraciones de oxígeno y materiales combustibles deben ser monitoreadas para estar seguros de que los niveles de oxígeno se mantengan en el rango adecuado y los niveles de materiales combustibles no suban a más del 10% del límite de explosión menor. Si se identifican riesgos inflamables en la atmósfera durante las pruebas iniciales, el espacio confinado debe limpiarse, purgarse y/o ventilarse; y volverse a probar antes de que se permita la entrada al espacio. Sólo después de que los resultados de las muestras del aire estén dentro de los límites permisibles se debe dar la entrada, puesto que los gases que se utilizan para purgar el lugar pueden ser extremadamente riesgosos.

Los factores que intervienen en una combustión son cuatro: sustancia inflamable, comburente, calor y reacción química.

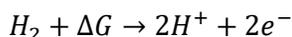
- *Sustancia inflamable.* Es el material que puede ser oxidado (agente reductor) como son el carbón, nafta, metano, hidrógeno, propano, etc. Pueden estar en cualquier estado de agregación pero lo que arde con llama son los gases de combustión despedidos.
- *Comburente.* Es el agente con la capacidad de oxidar al combustible o sustancia inflamable, y al hacerlo este se reduce. En este proceso el agente oxidante obtiene electrones del combustible, generalmente es oxígeno:



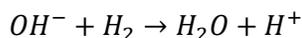
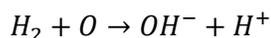
Sin embargo, también pueden actuar como comburentes aquellos que puedan desprender oxígeno, como son: los peróxidos (K_2O_2 , Na_2O_2 , H_2O_2 , etc.), nitratos (NH_4NO_3 , $Zn(NO_3)_2$, $Ca(NO_3)_2$, etc.), hidrocarburos (CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , etc.), permanganatos ($KMnO_4$, $Ca(MnO_4)_2$, etc.), óxidos de metales pesados (ZnO , Cr_2O_3 , Ni_2O_3 , etc.), ácidos (HNO_3 , H_2CrO_4 , H_2SO_4 , etc.).

- *Ignición.* Es el conjunto de condiciones físicas necesarias para activar la reacción redox de combustión. Una fuente de ignición es la energía que origina que el combustible llegue a su temperatura de ignición y puede deberse a diversas circunstancias, por ejemplo:
 - Superficies calientes que pueden encender una atmósfera explosiva por contacto, como muestra están algunos tanques de almacenamiento obstaculizan el flujo de calor hacia el exterior de este.
 - Las llamas ocasionadas por trabajos que despidan calor como son las labores de soldadura.

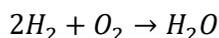
- Operaciones que implican fricción, choque y abrasión, pueden desprender chispas que, a su vez, pueden provocar la ignición de gases y vapores inflamables.
- La presencia de una reacción química exotérmica en conjunto con una velocidad baja de disipación del calor hacia el entorno.
- Chispas provocadas por instalaciones o material eléctrico.
- Reacción en cadena. Es el proceso que permite la continuidad del incendio (siempre y cuando se mantenga el aporte de combustible y comburente), durante la combustión ocurren tres tipos de reacciones básicas; la primera por medio de radicales libres, hidrógeno libre, carbón libre, etc., conocidas como “especies activas” que actúan como catalizadores en las etapas intermedias para mantener y propagar la combustión.



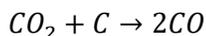
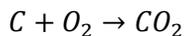
Donde el ΔG representa la energía de ignición necesaria para iniciar la combustión. El proceso es tal que realiza una serie de reacciones de hidroxilación (átomos de hidrógeno de los compuestos son sustituidos por un grupo hidroxilo, OH) en dichas reacciones el hidróxido es tanto formado como consumido, siendo los responsables de la continuación de la cadena.



A pesar de que la combustión requiere de cierta energía para activarse, las reacciones consiguientes son altamente exotérmicas. El hidrógeno libre se oxida.



El carbón libre sigue un curso de reacciones completamente diferentes que generan el CO_2 resultante



La formación de una atmósfera inflamable puede deberse a muchas causas, como evaporación de disolventes de pintura, restos de líquidos inflamables por almacenamiento o limpieza de tanques, reacciones que originan gases inflamables como el carburo de calcio en contacto con agua genera acetileno (C_2H_2). En lo particular en la industria química se forma fácilmente una atmósfera explosiva, ya que usualmente se transforman y emplean sustancias inflamables en la diversidad de procesos, por mencionar algunas:

Dentro de las operaciones de fabricación en la industria farmacéutica se almacenan, manipulan, procesan y recuperan líquidos inflamables (principalmente alcoholes como disolventes) en procesos como la fermentación, síntesis químicas, extracciones biológicas o naturales para la producción de principios activos y fabricación farmacéutica de formas galénicas.

En las refinerías, los hidrocarburos utilizados son inflamables y, según su punto de inflamación, pueden provocar atmósferas explosivas incluso a temperatura ambiente; incluso cualquier compañía de suministro de gas tiene riesgo de explosividad por fugas.

Los lodos producidos en las plantas de tratamiento de aguas, principalmente en los primarios, generalmente contienen basuras que no fueron removidas en las cribas del pretratamiento; su almacenamiento puede presentar varios problemas de seguridad ya que, a elevadas temperaturas, pueden auto calentarse y empezar a quemarse, incluso, en determinadas circunstancias, las partículas de sólidos secos pueden causar explosiones. Durante el tratamiento de lodos, en su estabilización, emergen diversos gases que pueden llevar a una mezcla aire/gas explosiva.

En la industria de pinturas y pigmentos, tras la generación de disolventes evaporados o neblinas consecuentes de estos pueden llevar a niveles de una atmosfera inflamable a considerar, aquí también se generan partículas sólidas que en suspenso pueden ser causa de explosión. Al igual que el transporte y almacenamiento de harinas, granos y derivados en la industria alimenticia que al ser productos ricos en almidón inflamable, reúne los requerimientos necesarios para una atmosfera inflamable.

Dentro de un espacio confinado puede producir una atmosfera inflamable por diversas cuestiones, como: el desprendimiento de productos inflamables absorbidos en la superficie interna de los recipientes, vapores de disolventes en trabajos de pintado, vapores de sustancias inflamables en operaciones de limpieza, etc. Sin embargo, aunque la concentración de sustancias peligrosas no se encuentre entre los límites de inflamabilidad, se debe de controlar la exposición al recurso humano.

3.2.3. TOXICIDAD O PELIGRO A LA SALUD.

La toxicidad es la capacidad de una sustancia en estado sólido, líquido o gaseoso para causar daño a un organismo vivo, ya sea que causen trastornos estructurales o funcionales. El término también se usa para describir el potencial que tiene una sustancia para causar efectos adversos y se conocen como sustancias químicas peligrosas, estas a su vez se definen como aquellas sustancias que por sus propiedades físicas y químicas al ser manejadas, transportadas, almacenadas o procesadas, presentan la posibilidad de riesgos de explosividad, inflamabilidad, combustibilidad, reactividad, corrosividad, radiactividad, toxicidad o irritabilidad, y que al ingresar al organismo por vía respiratoria, cutánea o digestiva, pueden provocar intoxicación, quemaduras o lesiones orgánicas al personal ocupacionalmente expuesto, según la concentración y el tiempo de exposición, siendo los criterios que determinan el grado de toxicidad.

Una sustancia altamente tóxica causará lesión a un organismo aún si se le administra en cantidades muy pequeñas y una sustancia de baja toxicidad no producirá efecto a menos que la cantidad administrada sea muy grande. Sin embargo, no es posible definir la toxicidad en términos cuantitativos sin referirse a la cantidad de sustancia administrada o absorbida, la vía por la cual se administra esta cantidad (por ejemplo, inhalación, ingestión, absorción a través de la piel) y la distribución en el tiempo de exposición, el tiempo y gravedad del daño y el tiempo necesario para causarlo. Por lo que la toxicidad o peligro a la salud se define de acuerdo a mediciones como son el grado de efecto a la salud del contaminante (tabla III-8) y el grado de exposición potencial (tabla III-9).

El *efecto a la salud* se describe desde el grado cero, siendo los menos perjudiciales, al grado 4 correspondientes a los más severos; de acuerdo a la tabla III-8.

Grado de efecto a la salud	Efecto a la salud	Criterios de toxicidad			
		DL ₅₀ en rata vía oral	DL ₅₀ en conejo vía cutánea	CL ₅₀ en rata vía respiratoria	
		mg/kg	mg/kg	mg/l	ppm
0	Efectos leves reversibles o sin efectos conocidos.	>5,000	>2,000	>20	>10,000
1	Efectos moderados reversibles	>500-5,000	>1,000-2,000	>2-20	>2,000-10,000
2	Efectos severos reversibles	>50-500	>200-1,000	>0.5-2	>200-2,000
3	Efectos irreversibles. Sustancias carcinógenas sospechosas, mutagenas, teratogenas.	>1-50	>20-200	>0.05-0.5	>20-200
4	Efectos incapacitantes o fatales, sustancias carcinógenas comprobadas.	≤1	≤20	≤0.05	≤20

Tabla III-8. Grados de efectos a la salud.

La DL₅₀ y la CL₅₀ generalmente se especifican en las hojas de seguridad de las sustancias en el mercado, o se encuentran fácilmente en bases de datos como es RTECS por sus siglas en inglés Registry of Toxic Effects of Chemical Substances. Son valores determinados por medio de pruebas toxicológicas en los que se evalúa el porcentaje de organismos de una población dada que se verá afectada a una cierta dosis. En el caso de la DL₅₀, Dosis letal media, se refiere a la cantidad de sustancia que provoca la muerte del 50% de la población animal debido a la exposición a la sustancia por cualquier vía distinta a la inhalación, generalmente vía oral o dermal; en todo caso, el valor DL₅₀ se expresa como el peso (miligramos o gramos) de material por kilogramo de peso corporal del animal. Por otra parte, las pruebas se pueden evaluar por medio de la exposición por la aspiración, en la que se mezcla una concentración conocida de una sustancia como gas, vapor, neblina o polvo en una cámara de aire especial en donde se colocan los animales de prueba; cuando se trata de vapores o gases, se expresa en ppm y cuando son polvos o neblinas se expresa en mg/L o en mg/m³. En esta prueba, la concentración a cuya exposición mueren el 50% de los animales de experimentación se le conoce como CL₅₀, Concentración letal media, en lugar de DL₅₀. Para ambas pruebas en los que se establecen los valores CL₅₀ Y DL₅₀ se emplean cinco o más concentraciones o dosis con rangos establecidos (generalmente entre 1.5 y 2.0 mg por kilogramo o litro) durante 48 y 24 horas de exposición o menos (si la muerte ocurre en menos tiempo).

La inhalación y la absorción por la piel son las rutas más comunes por las que los químicos en el lugar de trabajo entran al cuerpo. Por lo tanto, lo más relevante desde el punto de vista de exposición ocupacional son las pruebas de inhalación y de aplicación por piel.

Claro, que también se debe considerar el tiempo de exposición del trabajador con el toxico, por medio del *grado de exposición potencial* (tabla III-9). En el caso de que existan evaluaciones de la concentración medida en el ambiente laboral (CMA) se compara con el al límite máximo permisible de exposición (LMPE) de acuerdo a la ley y se considera el criterio marcado con dos asteriscos (**) para determinar el grado de exposición; si no es así, se toma el criterio marcado con un asterisco (*).

Grado	*Descripción de la exposición	**Rango del LMPE (PPT o CT)
0	No exposición con la sustancia química	$CMA \leq 0.1 \text{ LMPE}$
1	Exposición poco frecuente con la sustancia química a bajos niveles o concentraciones.	$0.1 \text{ LMPE} < CMA \leq 0.25 \text{ LMPE}$
2	Exposición frecuente con la sustancia química a bajas concentraciones o exposición poco frecuente a altas concentraciones.	$0.25 \text{ LMPE} < CMA \leq 0.5 \text{ LMPE}$
3	Exposición frecuente a altas concentraciones.	$0.5 \text{ LMPE} < CMA \leq 1.0 \text{ LMPE}$
4	Exposición frecuente a muy altas concentraciones.	$1.0 \text{ LMPE} < CMA$

Tabla III-9. Grado de exposición potencial.

Todos los centros de trabajo deben tener las Hojas de Datos de Seguridad de cada una de las sustancias químicas peligrosas que en él se manejen, y estar disponibles permanentemente para los trabajadores involucrados en su uso, para que puedan contar con información inmediata para instrumentar medidas preventivas o correctivas en el centro de trabajo como se señala en los apéndices C y D de la NOM-018-STPS-2015.

Para realizar la clasificación de los espacios confinados de acuerdo al riesgo se deberá tomar como referencia el nivel de acción determinada por los valores límite de exposición especificados por la NOM-010-STPS-2014. En cuanto a toxicidad o peligro a la salud respecta, se dice que existe un espacio confinado tipo I cuando la concentración del contaminante es menor que el nivel de acción (0.5 VLE) y tipo II en los casos que sea mayor o igual al nivel de acción.

Los valores límite de exposición (VLE) están dados por los límites máximos permisibles de exposición (LMPE) que exponen la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe superarse durante la exposición de los trabajadores en una jornada de trabajo; se expresa a condiciones normales de temperatura y presión en términos de mg/m^3 o ppm y son LMPE-CT, LMPE Pico y LMPE-PPT. El LMPE de corto tiempo (CT) es la concentración a la cual los trabajadores pueden estar expuestos de manera continua durante un periodo máximo de quince minutos, con intervalos de al menos una hora de no exposición entre cada periodo de exposición y un máximo de cuatro exposiciones en una jornada de trabajo y que no sobrepase el LMPE-PPT. El límite máximo permisible de exposición pico es la concentración que no debe rebasarse en ningún momento durante la exposición del trabajador; y por último, el LMPE-PPT es la concentración

promedio ponderada en tiempo de un contaminante del medio ambiente laboral para una jornada de ocho horas diarias y una semana laboral de cuarenta horas, a la cual se pueden exponer la mayoría de los trabajadores sin sufrir daños a su salud y se puede calcular de la siguiente forma:

$$LMPE - PPT = \frac{\sum_{i=1}^n C_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots + C_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Donde:

C_i es la concentración de la muestra contaminante en unidades de ppm o mg/m³.

t_i es el tiempo de medición utilizado en cada toma de muestra.

El nivel de acción al que refiere la norma en estudio, se define como la mitad del LMPE-PPT, los valores para cada una de las sustancias se establecen en el Apéndice I de la NOM-010-STPS-2014 y son retomados en la tabla III-10 con su NA correspondiente, estos valores están evaluados para jornadas laborales de ocho horas diarias, si la jornada es de seis a once horas se debe corregir el LMPE mediante el factor de corrección que se obtiene con la fórmula:

$$LMPE_{corregido} = (LMPE) \left(\frac{8}{h_d} \right) \left(\frac{24 - h_d}{16} \right)$$

Donde:

h_d es la duración de la jornada de trabajo en horas.

Cuando la exposición laboral de los trabajadores esté sujeta a la acción de dos o más sustancias que actúen sobre el mismo sistema u órganos, se debe considerar principalmente su efecto como producto más que cualquier efecto que puedan ejercer dichas sustancias por separado; si no existe información contraria, los efectos deben considerarse como aditivos y el LMPE-PPT de la mezcla no debe ser mayor a 1, es decir:

$$\frac{C_1}{LMPE - PPT_1} + \frac{C_2}{LMPE - PPT_2} + \dots + \frac{C_n}{LMPE - PPT_n} \leq 1$$

Y si la fuente de contaminación es una mezcla líquida y se asume que la mezcla se evapora totalmente, el LMPE se expresa con la siguiente fórmula:

$$LMPE - PPT_{mezcla} = \frac{1}{\frac{x_1}{LMPE - PPT_1} + \frac{x_2}{LMPE - PPT_2} + \dots + \frac{x_n}{LMPE - PPT_n}}$$

Cuando los efectos principales de los distintos contaminantes presentes en el medio ambiente de trabajo no son aditivos sino independientes, es decir, cuando los distintos componentes de la mezcla producen efectos en distintos órganos del cuerpo, se rebasa el LMPE cuando por lo menos un término de la misma serie tiene un valor mayor que la unidad:

$$\frac{C_1}{LMPE - PPT_1} \leq 1, \quad \frac{C_2}{LMPE - PPT_2} \leq 1, \quad \dots, \quad \frac{C_n}{LMPE - PPT_n} \leq 1$$

El LMPE-PPT es el considerado con valor base para determinar el valor límite de exposición al que se puede someter a un trabajador en las actividades en un espacio confinado, que aunque no se

realizan cotidianamente y en jornadas de ocho horas en un ambiente laboral, los trabajadores que las realizan suelen ser expuestos continuamente a sustancias tóxicas. Existen otras medidas de seguridad que se deben llevar a cabo cuando los trabajadores son expuestos a sustancias contaminantes con concentraciones superiores al nivel de acción y por debajo del LMPE, como la efectuar exámenes médicos cada determinado tiempo y en los casos en que las sustancias químicas contaminantes rebasen los LMPE se debe tomar como medidas de control la limitación de tiempo y frecuencia de exposición, así como dotar a los trabajadores del equipo de protección personal específico al riesgo.

No.	SUSTANCIA	LMPE-PPT		Nivel de acción (0.5 VLE)	
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
1	ABATE	-	10	-	5
2	ACEITE MINERAL NIEBLA	-	5	-	2.5
3	ACEITE VEGETAL NIEBLA (excepto aceites irritantes)	-	10	-	5
5	ACETATO DE 2-METOXIETILO (acetato de metil cellosolve)	5	16	2.5	8
6	ACETATO DE ETILO	400	1400	200	700
7	ACETATO DE ISOAMILO	100	525	50	262.5
8	ACETATO DE ISOBUTILO	150	700	75	350
9	ACETATO DE ISOPROPILO	250	950	125	475
10	ACETATO DE METILO	200	610	100	305
11	ACETATO DE n-AMILO	100	530	50	265
12	ACETATO DE n-PROPILO	200	840	100	420
13	ACETATO DE n-BUTILO	150	710	75	355
14	ACETATO DE sec-AMILO	125	670	62.5	335
15	ACETATO DE sec-BUTILO	200	950	100	475
16	ACETATO DE sec-HEXILO	50	300	25	150
17	ACETATO DE ter-BUTILO	200	950	100	475
18	ACETATO DE VINILO	10	30	5	15
20	ACETONA	1000	2400	500	1200
21	ACETONITRILLO	40	70	20	35
22	ACIDO ACETICO	10	25	5	12.5
27	ACIDO FORMICO	5	9	2.5	4.5
28	ACIDO FOSFORICO	-	1	-	0.5
29	ACIDO NITRICO	2	5	1	2.5
30	ACIDO OXALICO	-	1	-	0.5
31	ACIDO SULFURICO	-	1	-	0.5
32	ACIDO SULFHIDRICO	10	14	5	7
33	ACIDO TIOGLICOLICO	1	5	0.5	2.5
34	ACIDO TRICLOROFENOXIACETICO (2,4, 5-T)	-	10	-	5
35	ACRILAMIDA	-	0.03	-	0.015

36	ACRILATO DE n-BUTILO	10	55	5	27.5
37	ACRILATO DE ETILO	5	20	2.5	10
38	ACRILATO DE 2-HIDROXIPROPILO	0.5	3	0.25	1.5
39	ACRILATO DE METILO	10	35	5	17.5
40	ACRILONITRILO	2	4.5	1	2.25
41	ACROLEINA	0.1	0.25	0.05	0.125
42	AGUARRAS (turpentine)	100	560	50	280
43	ALCANFOR SINTETICO	2	12	1	6
44	ALCOHOL ALILICO	2	5	1	2.5
45	ALCOHOL DIACETONA (4-hidroxi-4-metil-2-pentanona)	50	240	25	120
46	ALCOHOL ETILICO (etanol)	1000	1900	500	950
47	ALCOHOL FURFURILICO	10	40	5	20
48	ALCOHOL ISOAMILICO	100	360	50	180
49	ALCOHOL ISOBUTILICO	50	150	25	75
50	ALCOHOL ISOPROPILICO	400	980	200	490
51	ALCOHOL METILICO (metanol)	200	260	100	130
53	ALCOHOL sec-BUTILICO	100	305	50	152.5
54	ALCOHOL ter-BUTILICO	100	300	50	150
55	ALCOHOL n-PROPILICO	200	500	100	250
56	ALDRIN	-	0.25	-	0.125
57	ALGODON (povos, crudo)	-	0.2	-	0.1
58	ALUDUM	-	10	-	5
59	ALUMINIO, ALQUILOS	-	2	-	1
60	ALUMINIO (humos de soldadura)	-	5	-	2.5
61	ALUMINIO, METAL (en polvo)	-	10	-	5
62	ALUMINIO, SALES SOLUBLES	-	2	-	1
63	ALUMINIO (povos de piro)	-	5	-	2.5
64	2-AMINO ETANOL (etanol amina)	3	8	1.5	4
66	AMONIACO	25	18	12.5	9
67	ANHIDRIDO ACETICO	5	20	2.5	10
68	ANHIDRIDO FTALICO	1	6	0.5	3
69	ANHIDRIDO MALEICO	0.25	1	0.125	0.5
70	o-ANISIDINA	0.1	0.5	0.05	0.25
71	p-ANISIDINA	0.1	0.5	0.05	0.25
72	ANILINA Y HOMOLOGOS	2	10	1	5
73	ANTIMONIO Y COMPUESTOS (como Sb)	-	0.5	-	0.25
74	ATRAZINA	-	10	-	5
75	ANTU (alfa naftil tiurea)	-	0.3	-	0.15
76	ARSENIATO DE CALCIO (como Ca)	-	1	-	0.5
78	ARSENIATO DE PLOMO (como Pb)	-	0.15	-	0.075
79	ARSENICO (soluble como As)	-	0.01	-	0.005

80	ARSINA	0.05	0.2	0.025	0.1
82	ASFALTO (petróleo) HUMOS	-	5	-	2.5
83	BARIO (compuestos solubles como Ba)	-	0.5	-	0.25
84	BENCENO	1	3.2	0.5	1.6
86	BENOMIL	0.8	10	0.4	5
87	p-BENZOQUINONA (quinona)	0.1	0.4	0.05	0.2
88	BERILIO (y compuestos como berilio)	-	0.002	-	0.001
89	BIFENILO	0.2	1.5	0.1	0.75
90	BREAS	-	10	-	5
91	BREAS DE CARBON Y VOLATILES (hidrocarburos aromáticos policíclicos, partículas)	-	0.002	-	0.001
92	BROMACIL	1	10	0.5	5
93	BROMO	0.1	0.7	0.05	0.35
94	BROMOCOLORO METANO (clorobromometano)	200	1050	100	525
95	BROMOFORMO	0.5	5	0.25	2.5
96	BROMURO DE ETILO	200	890	100	445
97	BROMURO DE METILO	15	20	7.5	10
98	BUTADIENO (1,3-butadieno)	1000	2200	500	1100
99	BUTANO	800	1900	400	950
100	2-BUTANONA (metil etil cetona, MEK)	200	590	100	295
101	BUTANOTIOL (butil mercaptano)	0.5	1.5	0.25	0.75
103	2-BUTOXIETANOL (butilcellosolve)	26	120	13	60
	- POLVO TOTAL	-	0.01	-	0.005
	- POLVO RESPIRABLE	-	0.002	-	0.001
105	CAL (óxido de calcio)	-	2	-	1
106	CANFENO CLORADO	-	0.5	-	0.25
107	CANFOR SINTETICO (2- canfanona)	2	12	1	6
108	CAOLIN	-	10	-	5
109	CAPROLACTAMA				
	-polvo	-	1	-	0.5
	-vapor	5	20	2.5	10
110	CAPTAFOL (difolatán)	-	0.1	-	0.05
111	CAPTAN	-	5	-	2.5
112	CARBARYL (servín)	-	5	-	2.5
113	CARBOFURAN (furadán)	-	0.1	-	0.05
114	CARBON, POLVOS	-	2	-	1
115	CARBONATO DE CALCIO (mármol)	-	10	-	5
116	CARBONILO DE NIQUEL (como Ni)	0.05	0.35	0.025	0.175
117	CARBURO DE SILICIO	-	10	-	5

118	CATECOL (pirocatecol)	5	20	2.5	10
119	CELULOSA (fibra de papel)	-	10	-	5
120	CEMENTO PORTLAND	-	10	-	5
121	CETENA (etanona)	0.5	0.9	0.25	0.45
122	CIANAMIDA	-	2	-	1
123	CIANAMIDA DE CALCIO	-	0.5	-	0.25
124	2-CIANOACRILATO DE METILO	2	8	1	4
125	CIANOGENO	10	20	5	10
126	CIANUROS (como Cn)	-	5	-	2.5
127	CICLOHEXILAMINA	10	40	5	20
128	CICLOHEXANO	300	1050	150	525
129	CICLOHEXANOL	50	200	25	100
130	CICLOHEXANONA	50	200	25	100
131	CICLOHEXENO	300	1015	150	507.5
132	CICLONITA (RDX)	-	1.5	-	0.75
133	CICLOPENTADIENO	75	200	37.5	100
134	CLOPIDOL	-	10	-	5
136	a-CLOROACETOFENONA (cloruro de fenacilo)	0.05	0.3	0.025	0.15
137	CLORDANO	-	0.5	-	0.25
138	CLORO	1	3	0.5	1.5
139	CLOROBENCENO (mono cloro benceno)	75	350	37.5	175
141	2-CLORO-1,3-BUTADIENO (-cloropreno)	10	45	5	22.5
142	CLOROBIFENILO			0	0
	- 42% cloro	-	1	-	0.5
	- 54% cloro	-	0.5	-	0.25
143	CLORODIFLUOROMETANO	1000	3500	500	1750
144	o-CLOROESTIRENO	50	285	25	142.5
145	CLOROFORMO (triclorometano)	10	50	5	25
146	2-CLORO-6-(TRICLOROMETIL) PIRIDINA (nitropirina)	-	10	-	5
147	1-CLORO-1-NITROPROPANO	20	100	10	50
148	CLOROPICRINA	0.1	0.7	0.05	0.35
149	o-CLOROTOLUENO	50	250	25	125
150	CLORPYRIFOS (dursbán)	-	0.2	-	0.1
151	CLORURO DE ALILO	1	3	0.5	1.5
152	CLORURO DE AMONIO (humo)	-	10	-	5
153	CLORURO DE BENCILO	1	5	0.5	2.5
154	CLORURO DE CARBONILO (FOSGENO)	0.1	0.4	0.05	0.2
155	CLORURO DE ETILO	1000	2600	500	1300
156	CLORURO DE METILENO (diclorometano)	100	330	50	165
157	CLORURO DE METILO	50	105	25	52.5
158	CLORURO DE VINILIDENO	5	20	2.5	10

159	COLORURO DE VINILO	5	13	2.5	6.5
160	COLORURO DE ZINC, HUMO	-	1	-	0.5
161	COBALTO, METAL, POLVO, HUMO (como Co)	-	0.1	-	0.05
162	COBRE, HUMO (como Cu)	-	0.2	-	0.1
163	COBRE POLVO Y NIEBLA (como Cu)	-	1	-	0.5
164	CORUNDUM (Al ₂ O ₃)	-	10	-	5
165	CRAC, HERBICIDA	-	15	-	7.5
166	CRESOL, TODOS LOS ISOMEROS	5	22	2.5	11
168	CROMATOS DE ZINC (como Cr)	-	0.05	-	0.025
169	CROMITA (mineral de proceso como Cr)	-	0.05	-	0.025
170	CROMO METALICO	-	0.5	-	0.25
171	CROMO				0
	- Metal y compuestos inorgánicos de cromo metal y Cr III	-	0.5	-	0.25
	-Compuestos solubles en agua de Cr VI y otros no especificados	-	0.05	-	0.025
	-Compuestos insolubles de Cr VI y otros no especificados	-	0.01	-	0.005
172	CROTONALDEHIDO	2	6	1	3
173	CRUFOMATO	-	5	-	2.5
174	CUMENO	50	245	25	122.5
175	--DIAMINO m-XILENO			0	0
176	DICLOROTETRAFLUROETANO	1000	7000	500	3500
177	DICLORURO DE PROPILENO (1,2 dicloropropano)	75	350	37.5	175
178	DIELDRIN	-	0.25	-	0.125
179	DIETILAMINA	10	30	5	15
180	DIETILEN TRIAMINA	1	4.2	0.5	2.1
181	DIETILFTALATO	-	5	-	2.5
182	DIFENILAMINA	-	10	-	5
183	DIFLUORODIBROMOMETANO	100	860	50	430
184	DIFLUORURO DE OXIGENO	-	-	-	#¡VALOR!
185	DIFONATO	-	0.1	-	0.05
186	DIHIDROXIBENCENO (hidroquinona)	-	2	-	1
187	DIISOBUTILCETONA (2,6-dimetil-4-heptanona)	25	145	12.5	72.5
188	DIISOCIANATO DE DIFENILMETANO (isocianato de bisfenilmetileno)	0.02	0.2	0.01	0.1
189	DIISOCIANATO DE ISOFORONA	0.01	0.09	0.005	0.045
190	DIISOPROPILAMINA	5	20	2.5	10
191	2,4-DIISOCIANATO DE TOLUENO (TDI)	0.02	0.14	0.01	0.07

192	N,N-DIMETILACETAMIDA	10	35	5	17.5
193	DIMETILAMINA	10	18	5	9
194	DIMETILANILINA (N,N-dimetilanilina)	5	25	2.5	12.5
195	DIMETILBENCENO (xileno(o-,m-,p-isómeros))	100	435	50	217.5
196	1,1-DIMETILHIDRACINA	0.5	1	0.25	0.5
197	DIMETILFORMAMIDA	10	30	5	15
198	DIMETILFTALATO	-	5	-	2.5
199	DIMETIL SULFATO (sulfato de dimetilo)	0.1	0.52	0.05	0.26
200	DIMETOXIMETANO (metilal)	1000	3100	500	1550
201	2,4-D (ácido 2,4-dicloro fenoxiacético)	-	10	-	5
202	D.D.T. (dicloro difenil tricloroetano)	-	1	-	0.5
203	D.D.V.P. (diclorvos)	0.16	1.5	0.08	0.75
204	DECABORANO	0.05	0.3	0.025	0.15
205	DEMETON (systox)	0.01	0.1	0.005	0.05
206	DIETILAMINOETANOL	10	50	5	25
207	DIAZINON	-	0.1	-	0.05
208	DIAZOMETANO	0.2	0.4	0.1	0.2
209	DIBORANO	0.1	0.1	0.05	0.05
211	2-N-DIBUTILAMINOETANOL	0.5	3.5	0.25	1.75
212	DICICLOPENTAFENIL HIERRO	-	10	-	5
213	DICICLOPENTADIENO	5	30	2.5	15
214	DICLOROTETRA FLUOR ETANO	1000	7000	500	3500
215	DICROTOFOS (bidrin)	-	0.25	-	0.125
217	o-DICLOROBENCENO	50	300	25	150
218	p-DICLOROBENCENO	75	450	37.5	225
219	DICLORODIFLUOROMETANO	1000	4950	500	2475
220	1,3-DICLORO- 5,5- DIMETILHIDANTOINA	-	0.2	-	0.1
221	1,1-DICLOROETANO	200	810	100	405
222	1,2-DICLOROETANO	10	40	5	20
223	1,2-DICLOROETILENO	200	790	100	395
224	DICLOROFLUOROMETANO	500	2100	250	1050
225	1,1-DICLORO-1-NITROETANO	2	10	1	5
226	DINITROBENCENO (todos los isómeros)	0.15	1	0.075	0.5
227	DINITRATO DE ETILENGLICOL	0.05	0.3	0.025	0.15
228	DINITRO-o-CRESOL	-	0.2	-	0.1
229	3,5-DINITRO o-TOLUAMIDA (dimitolmida)	-	5	-	2.5
230	DINITROTOLUENO	-	1.5	-	0.75
231	1,4-DIOXANO	25	90	12.5	45
232	DIOXATION (delnov)	-	0.2	-	0.1
233	DIOXIDO DE AZUFRE	2	5	1	2.5

234	DIOXIDO DE CARBONO	5000	9000	2500	4500
235	DIOXIDO DE CLORO	0.1	0.3	0.05	0.15
236	DIOXIDO DE NITROGENO	3	6	1.5	3
237	DIOXIDO DE TITANIO (como Ti)	-	10	-	5
238	DIOXIDO DE VINIL CICLOHEXANO	10	60	5	30
239	DIQUAT	-	0.5	-	0.25
240	DI-sec- OCTIL FTALATO (di-2-etilhexil ftalato, DOP)	-	5	-	2.5
241	DISOLVENTE DE HULE (nafta)	400	1600	200	800
242	DISOLVENTE STODDARD (gas nafta)	100	523	50	261.5
243	DISULFIRAM	-	2	-	1
244	DISULFOTON (disiston)	-	0.1	-	0.05
245	DISULFURO DE CARBONO	10	30	5	15
246	DISULFURO DE PROPILALILO	2	12	1	6
247	2,6-DITERBUTIL-p-CRESOL	-	10	-	5
248	DIURON	-	10	-	5
249	EMERY (esmeril)	-	10	-	5
250	ENDOSULFAN	-	0.1	-	0.05
251	ENDRIN	-	0.1	-	0.05
252	EPICLORHIDRINA	2	10	1	5
253	EPN	-	0.5	-	0.25
254	ESTAÑO OXIDO Y COMPUESTOS INORGANICOS EXCEPTO Sn H4 (como Sn)	-	2	-	1
255	ESTAÑO, COMPUESTOS ORGANICOS (como Sn)	-	0.1	-	0.05
256	ESTEARATO DE ZINC	-	10	-	5
257	ESTIBINA	0.1	0.5	0.05	0.25
258	ESTIRENO (fenil etileno)	50	215	25	107.5
259	ESTRICNINA	-	0.15	-	0.075
261	ETANOLAMINA	3	8	1.5	4
262	ETANOTIOL (etil mercaptano)	0.5	1	0.25	0.5
263	ETER DICLOROETILICO	5	30	2.5	15
264	ETER DIGLICIDILO (DGE)	0.1	0.5	0.05	0.25
265	ETER ETILICO (éter dietílico)	400	1200	200	600
266	ETER FENILICO (vapor)	1	7	0.5	3.5
267	ETER FENILICO-DIFENILO MEZCLA (vapor)	1	7	0.5	3.5
268	ETER GLICIDIL ALILICO (AGE)	5	22	2.5	11
269	ETER GLICIDIL n-BUTILICO (BGE)	25	135	12.5	67.5
270	ETER GLICIDIL ISOPROPILICO (IGE)	50	240	25	120
271	ETER ISOPROPILICO	250	1050	125	525
272	ETER METIL DIPROPILENGLICOL	100	60	50	30

273	ETIL AMIL CETONA (3-octanona)	25	130	12.5	65
274	ETILAMINA	10	18	5	9
275	ETILBENCENO	100	435	50	217.5
276	ETIL BUTIL CETONA (3-heptanona)	50	230	25	115
278	ETILEN DIAMINA (1,2-diaminoetano)	10	25	5	12.5
280	ETILENIMIDA	0.5	1	0.25	0.5
283	ETILMERCAPTANO	0.95	2	0.475	1
284	N-ETILMORFOLINA	20	95	10	47.5
285	ETION (nialate)	-	0.4	-	0.2
286	2-ETOXI-ETANOL	50	185	25	92.5
287	2-ETOXI-ETIL ACETATO (acetato de cellosolve)	50	270	25	135
288	p-FENILEN DIAMINA	-	0.1	-	0.05
290	FENIL GLICIDIL ETER	10	60	5	30
291	FENIL HIDRACINA	5	20	2.5	10
292	FENIL MERCAPTANO	0.5	2	0.25	1
293	FENOL	5	19	2.5	9.5
294	FENOTIACINA	-	5	-	2.5
295	FENSULFOTION (dasanit)	-	0.1	-	0.05
296	FERBAM	-	10	-	5
297	FERROVANADIO, POLVO	-	1	-	0.5
298	FIBRA DE VIDRIO, POLVO	-	10	-	5
299	FLUOR	1	2	0.5	1
300	FLUOROACETATO DE SODIO	-	0.05	-	0.025
301	FLUORURO (como F)	-	2.5	-	1.25
302	FLUORURO DE CARBONILO	2	5	1	2.5
303	FLUORURO DE PERCLORILO	3	14	1.5	7
304	FLUORURO DE SULFURILO	5	20	2.5	10
305	FORATO	-	0.05	-	0.025
307	FORMAMIDA	20	30	10	15
308	FORMIATO DE ETILO	100	300	50	150
309	FORMIATO DE METILO	100	250	50	125
310	FOSFATO DE DIBUTILO	1	5	0.5	2.5
311	FOSFATO DE TRIBUTILO	0.2	2.5	0.1	1.25
312	FOSFAMINA	0.3	0.4	0.15	0.2
313	FOSFORO AMARILLO	-	0.1	-	0.05
314	FOSFORO, PENTAFLUORURO DE	0.1	1	0.05	0.5
315	FOSFORO, PENTASULFURO DE	-	1	-	0.5
316	FOSFORO, TRICLORURO DE	0.2	1.1	0.1	0.55
317	FTALATO DE DIBUTILO	-	5	-	2.5
318	m-FTALODINITRILO	-	5	-	2.5
319	FURFURAL	2	8	1	4

320	GAS LICUADO DE PETROLEO	1000	1800	500	900
321	GLICERINA, NIEBLA	-	10	-	5
322	GLICIDOL	25	75	12.5	37.5
324	GRAFITO NATURAL	-	2	-	1
325	GRAFITO SINTETICO	-	10	-	5
326	HAFNIO	-	0.5	-	0.25
328	HEPTANO	400	1600	200	800
329	HEPTACLORO	-	0.5	-	0.25
330	HEXACLOROCICLOPENTADIENO	0.01	0.1	0.005	0.05
331	HEXACLOROETANO	1	10	0.5	5
332	HEXACLORONAFTALENO	-	0.2	-	0.1
333	HEXAFLUOROACETONA	0.1	0.7	0.05	0.35
334	n-HEXANO	50	176	25	88
	Y OTROS ISOMEROS	500	1760	250	880
335	2-HEXANONA (metilbutilcetona)	5	20	2.5	10
336	HEXAFLUORURO DE SELENIO (como se)	0.05	0.4	0.025	0.2
337	HEXAFLUORURO DE AZUFRE	1000	6000	500	3000
338	HEXAFLUORURO DE TELURIO (como Te)	0.02	0.2	0.01	0.1
339	HEXONA (metil isobutil cetona)	50	205	25	102.5
341	HIDRACINA	0.1	0.1	0.05	0.05
342	HIDROXIDO DE CALCIO	-	5	-	2.5
343	HIDROXIDO DE CESIO	-	2	-	1
345	HIDROXIDO DE TRICICLOHEXILESTAÑO (pietran)	-	5	-	2.5
347	HIDRURO DE LITIO	-	0.025	-	0.0125
348	HIERRO, SALES SOLUBLES (como Fe)	-	1	-	0.5
349	HUMOS DE SOLDADURA	-	5	-	2.5
350	INDENO	10	45	5	22.5
351	INDIO Y COMPUESTOS (como In)	-	0.1	-	0.05
352	ITRIO	-	1	-	0.5
353	ISOCIANATO DE METILO	0.02	0.05	0.01	0.025
355	ISOPROPILAMINA	5	12	2.5	6
356	a-ISOPROPOXIFENILMETIL CARBAMATO (baygón)	-	0.05	-	0.025
357	LACTATO DE n-BUTILO	5	25	2.5	12.5
358	LINDANO	-	0.5	-	0.25
359	MADERA POLVO, MADERA DURA	-	1	-	0.5
360	MADERA SUAVE	-	5	-	2.5
361	MAGNESITA	-	10	-	5
362	MALATHION	-	10	-	5
363	MANGANESO Y COMPUESTOS INORGANICOS (como Mn)	-	0.2	-	0.1

	MANGANESO, HUMO (como Mn)	-	1	-	0.5
364	MERCURIO (compuestos de alquilos) (como Hg)	-	0.01	-	0.005
	MERCURIO (arilos como Hg)	-	0.05	-	0.025
	MERCURIO (todas las formas inorgánicas incluyendo el metal)	-	0.05	-	0.025
366	METANOTIOL (metil mercaptano)	0.5	1	0.25	0.5
367	METIL AZINPHOS	-	0.2	-	0.1
368	METIL ACRILONITRILLO	1	3	0.5	1.5
369	METILACETILENO-PROPADIENO MEZCLA (MAPP)	1000	1800	500	900
370	METIL ACETILENO	1000	1650	500	825
371	METILAL (dimetoximetano)	1000	3100	500	1550
372	METIL n-AMILCETONA (2-heptanona)	50	235	25	117.5
373	METILAMINA	10	12	5	6
374	METILEN bis (4-CICLOHEXILISOCIANATO)	0.01	0.11	0.005	0.055
375	4,4'-METILEN bis (2- CLOROANILINA) (MOCA; MBOCA)	0.02	0.22	0.01	0.11
376	METIL BISFENIL ISOCIANATO (MDI)	0.005	0.051	0.0025	0.0255
377	METIL CICLOHEXANO	400	1600	200	800
378	METIL CICLOHEXANOL	50	235	25	117.5
379	METIL CLOROFORMO (1,1,1-tricloroetano)	350	1900	175	950
380	o-METILCICLOHEXANONA	50	230	25	115
381	2-METILCICLOPENTADIENIL MANGANESO TRICARBONIL (como Mn)	-	0.2	-	0.1
382	a-METILESTIRENO	50	240	25	120
383	METIL DEMETON	-	0.5	-	0.25
384	METIL ETIL CETONA (2-butanona) (MEK)	200	590	100	295
385	METIL ISOBUTIL CETONA (hexona)	50	205	25	102.5
386	METIL ISOBUTIL CARBINOL (alcohol amil- metílico)	25	100	12.5	50
387	METACRILATO DE METILO	100	410	50	205
388	METIL HIDRACINA	0.01	0.019	0.005	0.0095
389	METIL ISOAMIL CETONA	100	475	50	237.5
390	METIL PARATHION	-	0.2	-	0.1
391	METHOMYL	-	2.5	-	1.25
392	METOXICHLOR	-	10	-	5
393	2-METOXIETANOL (metil calloslove)	25	80	12.5	40
394	MICA	-	3	-	1.5
	MOLIBDENO (como Mo)				
	- COMPUESTOS SOLUBLES	-	5	-	2.5

	- COMPUESTOS INSOLUBLES	-	10	-	5
396	MONOCROTOPHOS (azodrin)	-	0.25	-	0.125
397	MONOMETIL ANILINA	2	9	1	4.5
399	MONOXIDO DE CARBONO	50	55	25	27.5
400	MORFOLINA	20	70	10	35
402	NAFTALENO	10	50	5	25
404	NEGRO DE HUMO (negro de carbón)	-	3.5	-	1.75
405	NICOTINA	-	0.5	-	0.25
406	NIQUEL (compuestos solubles) (como Ni)	-	0.1	-	0.05
407	NIQUEL, METAL	-	1	-	0.5
408	NIQUEL, SULFURO DE (humos y polvos)	-	1	-	0.5
409	NITRATO DE n-PROPILO	25	105	12.5	52.5
410	p-NITRO ANILINA	1	6	0.5	3
411	NITRO BENCENO	1	5	0.5	2.5
412	p-NITRO CLORO BENCENO	-	1	-	0.5
413	NITRO-TRI- CLORO METANO (cloropicrina)	0.1	0.7	0.05	0.35
415	NITRO ETANO	100	310	50	155
416	NITRO GLICERINA	0.05	0.5	0.025	0.25
417	NITRO METANO	100	250	50	125
418	NITRAPIRINA (2-cloro-6-(triclorometil) piridina)	20	100	10	50
419	1-NITRO PROPANO	25	90	12.5	45
420	2-NITRO PROPANO	25	90	12.5	45
421	NITROTOLUENO (o, m, p)	5	30	2.5	15
422	NONANO (todos sus isómeros)	200	1050	100	525
423	OCTACLORO NAFTALENO	-	0.1	-	0.05
424	OCTANO	300	1450	150	725
425	OXIDO DE ALUMINIO		10	0	5
426	OXIDO DE BORO	-	10	-	5
427	OXIDO DE CADMIO, HUMO (como Cd)			0	0
428	OXIDO DE CALCIO	-	2	-	1
429	OXIDO DE DIFENILO CLORADO	-	0.5	-	0.25
430	OXIDO DE ETILENO	1	2	0.5	1
431	OXIDO DE ESTAÑO	-	10	-	5
432	OXIDO DE HIERRO (Fe2O3 como Fe)	-	5	-	2.5
433	OXIDO DE MAGNESIO, HUMO (como Mg)	-	10	-	5
434	OXIDO NITRICO	25	30	12.5	15
435	OXIDO DE PROPILENO (1,2-epoxipropano)	20	50	10	25
436	OXIDO DE ZINC, HUMO	-	5	-	2.5
437	OXIDO DE ZINC, POLVOS	-	10	-	5

438	OZONO	-	-	-	#¡VALOR!
439	PARAFINA, HUMOS	-	2	-	1
440	PARAQUAT			0	0
	Como polvo total	-	0.5	-	0.25
	Fracción respirable	-	0.1	-	0.05
441	PARATHION	-	0.1	-	0.05
442	PARTICULAS POLICICLICAS DE HIDROCARBUROS AROMATICOS	-	0.02	-	0.01
443	PENTABORANO	0.005	0.01	0.0025	0.005
444	PENTACARBONILO DE HIERRO (como Fe)	0.1	0.2	0.05	0.1
445	PENTAFLUORURO DE BROMO	-	0.5	-	0.25
446	PENTACOLORO NAFTALENO	-	0.5	-	0.25
447	PENTAERITRITOL	-	10	-	5
449	PENTAFLUORURO DE BROMO	0.1	0.7	0.05	0.35
450	PENTANO	600	1800	300	900
451	2-PENTANONA	200	700	100	350
452	PERCLOROETILENO (tetracloroetileno)	100	670	50	335
453	PERCLOROMETIL MERCAPTANO	0.1	0.8	0.05	0.4
454	PERLITA	-	10	-	5
455	PEROXIDO DE BENZOILO	-	5	-	2.5
456	PEROXIDO DE HIDROGENO	1	1.5	0.5	0.75
458	PHOSDRIN (mevinphos)	0.01	0.1	0.005	0.05
459	PICLORAM	-	10	-	5
460	PIRETRUM	-	5	-	2.5
461	PIRIDINA	5	15	2.5	7.5
462	2-PIVALIL-1,3-INDANDIONA (pindona)	-	0.1	-	0.05
463	PLATA				
	METAL	-	0.1	-	0.05
	COMPUESTOS SOLUBLES (como Ag)	-	0.01	-	0.005
464	PLATINO sales solubles (como Pt)	-	0.002	-	0.001
465	PLOMO, POLVOS INORGANICOS, HUMOS Y POLVOS (como Pb)	-	0.15	-	0.075
466	PROPANO	-	-	-	#¡VALOR!
467	PROPILENO	-	-	-	#¡VALOR!
468	PROPILENIMINA	2	5	1	2.5
469	QUINONA (p-benzoquinona)	0.1	0.4	0.05	0.2
470	RESINA (productos de la pirólisis de las varillas de soldadura como formaldehído)	-	0.1	-	0.05
471	RESORCINOL	10	45	5	22.5
472	RODIO, METAL, HUMOS Y POLVO (como Rh)	-	1	-	0.5

473	RODIO, SALES SOLUBLES (como Rh)	-	0.01	-	0.005
474	RONNEL	-	10	-	5
475	ROTENONA	-	5	-	2.5
476	SACAROSA	-	10	-	5
477	SELENIO COMPUESTOS (como Se)	-	0.2	-	0.1
478	SELENIURO DE HIDROGENO	0.05	0.2	0.025	0.1
479	SILANO (tetrahidruro de silicio)	5	7	2.5	3.5
480	SILICATO DE CALCIO	-	10	-	5
481	SILICATO DE ETILO	10	85	5	42.5
482	SILICATO DE METILO	1	6	0.5	3
483	SILICE AMORFA			0	0
	GEL DE SILICE		10	0	5
	SILICE FUNDIDA	-	0.1	-	0.05
	SILICE, HUMOS	-	2	-	1
	SILICE PRECIPITADA	-	10	-	5
	TIERRA DE DIATOMEAS (sin calcinar)	-	10	-	5
	PARTICULAS INHALABLES	-	10	-	5
	PARTICULAS RESPIRABLES	-	3	-	1.5
484	SILICE CRISTALINA				
	CRISTOBALITA	-	0.05	-	0.025
	CUARZO	-	0.1	-	0.05
	TRIDIMITA	-	0.05	-	0.025
	TRIPOLI (contenido respirable de polvo de cuarzo)	-	0.1	-	0.05
485	SILICIO	-	10	-	5
486	SOAPSTONE				0
	POLVOS INHALABLES	-	6	-	3
	POLVOS RESPIRABLES	-	3	-	1.5
488	SULFAMATO DE AMONIO (ammate)	-	10	-	5
489	SULFOTEP	-	0.2	-	0.1
490	TALCO (sin fibras de asbesto)	-	2	-	1
491	TALIO, COMPUESTOS SOLUBLES (como Ta)	-	0.1	-	0.05
492	TANTALO	-	5	-	2.5
493	TELURIO Y COMPUESTOS (como Te)	-	0.1	-	0.05
494	TELURIO DE BISMUTO (como Bi ₂ Te ₃)	-	10	-	5
	TELURURO DE BISMUTO (contaminado con Se)	-	5	-	2.5
495	TEPP	0.004	0.05	0.002	0.025
496	p-ter-BUTIL TOLUENO	10	60	5	30
498	TERFENILOS HIDROGENADOS	0.5	5	0.25	2.5
499	TETRABORATOS, SALES DE SODIO				

	- ANHIDRO	-	1	-	0.5
	- DECAHIDRATADO	-	5	-	2.5
	- PENTAHIDRATADO	-	1	-	0.5
500	TETRABROMURO DE ACETILENO	1	15	0.5	7.5
501	TETRABROMURO DE CARBONO	0.1	1.4	0.05	0.7
502	1,1,1,2-TETRACLORO-2,2-DIFLUOROETANO	500	4170	250	2085
503	1,1,2,2-TETRACLORO-1,2-DIFLUOROETANO	500	4170	250	2085
504	TETRACLORO NAFTALENO	-	2	-	1
505	1,1,2,2-TETRACLOROETANO	5	35	2.5	17.5
506	TETRACLOROETILENO (percloroetileno)	200	1250	100	625
507	TETRACLORURO DE CARBONO	5	30	2.5	15
508	TETRAETILO DE PLOMO (como Pb)	-	0.1	-	0.05
510	TETRAHIDROFURANO	200	590	100	295
511	TETRAHIDRURO DE GERMANIO	0.2	0.6	0.1	0.3
512	TETRAMETILO DE PLOMO (como Pb)	-	0.15	-	0.075
513	TETRAMETIL SUCCINO NITRILO	0.5	3	0.25	1.5
514	TETRANITRO METANO	1	8	0.5	4
515	TETRIL (2,4,6-trinitrofenilmetil- nitramina)	-	1.5	-	0.75
516	THIRAM	-	1	-	0.5
517	4,4'-TIOBIS (6-ter-BUTIL-m- CRESOL)	-	10	-	5
518	TOLUENO	50	188	25	94
519	o-TOLUIDINA	5	22	2.5	11
520	TOXAFENO (CANFENO CLORADO)	-	0.5	-	0.25
522	TRICARBONIL CICLOPENTADIENIL MANGANESO (como Mn)	-	0.1	-	0.05
524	1,1,2-TRICLOROETANO	10	45	5	22.5
525	1,1,1-TRICLOROETANO (metil cloroformo)	350	1900	175	950
526	TRICLOROETILENO	100	535	50	267.5
528	TRICLORO NAFTALENO	-	5	-	2.5
529	1,2,3-TRICLORO PROPANO	50	300	25	150
530	1,1,2-TRICLORO 1,2,2- TRIFLUOROETANO	1000	1600	500	800
531	TRIETILAMINA	25	100	12.5	50
532	TRIFENILFOSFATO	-	3	-	1.5
533	TRIFLUORO BROMO METANO	1000	6100	500	3050
536	TRIFLUORURO DE NITROGENO	10	30	5	15
537	TRIMETIL BENCENO	25	125	12.5	62.5
538	TRIMETIL FOSFITO	2	10	1	5

539	2,4,6-TRINITRO FENIL METIL- NITRAMINA	-	1.5	-	0.75
540	2,4,6-TRINITRO FENOL (ácido pícrico)	-	0.1	-	0.05
541	2,4,6-TRINITROTOLUENO (TNT)	-	0.5	-	0.25
542	TRI-O-CRESILO FOSFATO	-	0.1	-	0.05
543	TRIOXIDO DE ANTIMONIO (uso-manipulación, como Sb)	-	0.5	-	0.25
544	TRIOXIDO DE ANTIMONIO	-	1	-	0.5
545	TRIOXIDO DE ARSENICO	-	0.5	-	0.25
546	TETRAOXIDO DE OSMIO (como Os)	0.0002	0.002	0.0001	0.001
547	TUNGSTENO Y COMPUESTOS (como W)			0	0
	-SOLUBLES	-	1	-	0.5
	-INSOLUBLES	-	5	-	2.5
548	URANIO (NATURAL) COMPUESTOS SOLUBLES E INSOLUBLES	-	0.2	-	0.1
549	VALERALDEHIDO	50	175	25	87.5
550	PENTOXIDO DE VANADIO (V2O5) POLVOS RESPIRABLES Y HUMOS	-	0.5	-	0.25
551	VIDRIO, FIBRA DE (polvo)	-	10	-	5
552	VINIL TOLUENO	50	240	25	120
553	VM Y NAPHTA	300	1350	150	675
554	WARFARIN	-	0.1	-	0.05
555	XILENO (o-m-p-isómeros)	100	435	50	217.5
556	XILIDENA	0.5	25	0.25	12.5
557	YESO (gypsum, plaste de París, sulfato de calcio)	-	10	-	5
559	YODOFORMO	0.6	10	0.3	5
560	YODURO DE METILO	2	10	1	5
561	ZIRCONIO, COMPUESTOS (como Zi)	-	5	-	2.5

Tabla III-10. Límites máximos permisibles de exposición y Niveles de acción.

La presencia de gases tóxicos en un ambiente confinado son consecuencia de las labores ahí realizadas o por el propio recinto previas a estas, como se presenta en fosos sépticos, recintos mal ventilados (agravando con el contenido de aguas residuales), por deficiencia de lavado o venteo, ingresos desde otras fuentes, gases que se generan durante la labor en el recinto, paredes que absorben sustancias contaminantes, descomposición de materiales, etc. Algunos de los gases tóxicos más comunes que podemos encontrar en los espacios confinados son:

- Monóxido de carbono (CO).

Llamado el "asesino silencioso", el envenenamiento con CO puede ocurrir repentinamente. Es un gas incoloro e inodoro generado por la combustión de combustibles comunes o donde la combustión es incompleta. Es frecuentemente liberado por accidente o mantenimiento

inadecuado de mecheros o chimeneas en espacios confinados y por máquinas de combustión interna. En concentraciones aproximadas de 200 ppm durante un tiempo de exposición considerable provoca dolores leves de cabeza y conforme la concentración aumenta, esfuerzo cardiaco, zumbido en los oídos, náuseas, hasta el colapso inconsciencia o hasta la muerte.

- Dióxido de azufre (SO₂).

La combustión de sulfuro o componentes que contienen sulfuro, produce este gas irritante. En un nivel de concentración de 1/10 ppm provoca el incremento del pulso y respiración, la intensidad de la respiración decrece.

- Ácido sulfhídrico (H₂S).

A pesar que este gas incoloro tiene un olor desagradable, no suele ser advertencia ya que la sensibilidad al olor desaparece rápidamente después de respirar una pequeña cantidad de gas. Se encuentra en alcantarillas o tratamientos de aguas y en operaciones petroquímicas. El H₂S es inflamable y explosivo en altas concentraciones. Envenenamiento repentino puede causar inconsciencia y paro respiratorio. En un envenenamiento menos repentino, aparecen náuseas, malestar de estómago, irritación en los ojos, tos, vómitos, dolor de cabeza y ampollas en los labios.

- Amoniaco (NH₃).

Es un fuerte irritante que puede producir irritación en ojos, garganta y sistema respiratorio hasta producir la muerte por espasmo bronquial. Puede ser explosivo si los contenidos de un tanque o sistema de refrigeración son descargados en una llama abierta.

- Hidrocarburos aromáticos.

Solventes como el benceno, tolueno, xileno, son líquidos volátiles inflamables que pueden ocasionar envenenamiento crónico después de respirar pequeñas cantidades en un período de tiempo. Producen reacciones como fatiga, confusión mental, náuseas, dolor de cabeza delirio e inconsciencia.

Tanto la toxicidad como el porcentaje de oxígeno y el grado de inflamabilidad y/o explosividad son los aspectos que se deben medir para la evaluación del riesgo en un recinto confinado para la prevención de accidentes y enfermedades de trabajo, y que están referidos en otros ordenamientos a materias tales como: seguridad e higiene; seguridad e higiene industrial; seguridad y salud; seguridad, salud y medio ambiente de trabajo; seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo.

Capítulo 4. RIESGOS DE LOS ESPACIOS CONFINADOS.

4.1. DEFINICIÓN.

En la normatividad se define un riesgo como la correlación de la peligrosidad de uno o varios factores y la exposición de los trabajadores con la posibilidad de causar efectos adversos para su vida, integridad física o salud, o dañar al centro de trabajo, que puede convertirse en riesgo grave al no observar los requisitos y condiciones de seguridad correspondientes.

Un riesgo es un peligro cuantificado e involucra dos factores: la consecuencia o severidad y la frecuencia o probabilidad. El primer factor se determina de acuerdo a la severidad y personal expuesto al posible daño; y el segundo agente refiere a que tan constante se puede esperar que ocurra el incidente. Por lo que, de mayor a menor riesgo, se puede catalogar en cuatro tipos:

1. Alta probabilidad y alta severidad
2. Alta probabilidad y baja severidad
3. Baja probabilidad y alta severidad
4. Baja probabilidad y baja severidad

Todo proyecto representa riesgos y puede deberse a una o más causas y, si ocurre, puede tener uno o más impactos, los cuales se ven reflejados en tres restricciones básicas, el alcance de la actividad, el tiempo de realización y/o el costo; conocidas como “restricción triple”. Los recintos confinados son espacios riesgosos por si solos debido a su limitación con el exterior, sin embargo, por muy necesario que estos sean, los propósitos que induzcan a introducir personal a ellos, puede fomentar el incremento de riesgos significativamente.

Para disminuir los riesgos se deben analizar y controlar de manera efectiva. Las organizaciones perciben el riesgo como el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos del proyecto, actividad y/o de la organización. Los involucrados están dispuestos a aceptar diferentes niveles de riesgo con base a una serie de factores que se clasifican a grandes rasgos en tres categorías:

- **Apetito de riesgo:** Es el grado de incertidumbre que una entidad está dispuesta a aceptar, con miras a una recompensa.
- **Tolerancia al riesgo:** El grado, cantidad o volumen de riesgo que podrá resistir una organización o individuo.
- **Umbral de riesgo:** Refiere a la medida del nivel de incertidumbre o el nivel de impacto en el que un interesado pueda tener particular interés. Por debajo de ese umbral de riesgo, la organización aceptará el riesgo. Por encima de ese umbral de riesgo, la organización no tolerará el riesgo.

4.2. ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO

La administración del riesgo es el proceso sistemático de planear, identificar, analizar, planificar respuesta y controlar los riesgos de la actividad, con el objetivo de maximizar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y minimizar la de sucesos adversos. Y se describe generalmente en planificar la administración de los riesgos, identificarlos, realizar análisis cualitativos y cuantitativos, planificar respuestas, controlar y monitorearlos.

4.2.1. PLANIFICAR LA ADMINISTRACIÓN DE LOS RIESGOS

La planificación de la Administración de los Riesgos es el proceso de definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos. Es vital para comunicarse y obtener el acuerdo y el apoyo de todos los interesados a fin de asegurar que el proceso de gestión de riesgos sea respaldado y llevado a cabo de manera eficaz a lo largo de la actividad. La planificación también es importante para proporcionar los recursos y determinar los tiempos suficientes para las actividades y para establecer una base acordada para la evaluación de riesgos.

En esta fase se determina el estado actual de las posibles áreas afectadas por riesgo, incluidos el alcance y el costo. Se registra el personal involucrado tanto en la actividad como el alcance de los posibles afectados, incluyendo los factores ambientales que comprenden, entre otros, las actitudes frente al riesgo, los umbrales y las tolerancias, que describen el nivel de riesgo que una organización soportará, para lo que, usualmente se utilizan técnicas analíticas para entender y definir el contexto general de la administración de riesgos, por ejemplo, se puede realizar un análisis del perfil de riesgo de los interesados a fin de clasificar y calificar el apetito y la tolerancia al riesgo de los interesados, otras técnicas, como el uso de hojas de calificación del riesgo estratégico, se utilizan para proporcionar una evaluación de la exposición al riesgo. En función de estas evaluaciones, se puede asignar los recursos adecuados. Para asegurar una definición exhaustiva del plan de gestión de los riesgos se debe recabar por medio de reuniones el juicio y la experiencia de grupos o individuos con capacitación o conocimientos especializados en el tema en cuestión, como por ejemplo los involucrados en la labor, los responsables que han colaborado en actividades en el mismo ámbito, expertos en la materia, colaboradores de la industria, asesores y/o asociaciones profesionales.

La planificación de la administración de los riesgos describe el modo en que se estructurarán y se llevarán a cabo las actividades de gestión de riesgos y la metodología, designación roles y responsabilidades, el presupuesto, calendario (cuando y con qué frecuencia se llevarán a cabo los procesos de gestión de riesgos), categorías de riesgo, definiciones de la probabilidad e impacto de los riesgos, matriz de probabilidad e impacto, revisión de las tolerancias de los interesados, formatos de los informes y el seguimiento.

La categoría del riesgo se refiere al medio por el cual se planea agrupar las causas potenciales de riesgo, utilizando diversos enfoques. Pueden ser estructuras de desglose de riesgos (EDR) donde se representa jerárquicamente los riesgos y permite separarlos entre los diversos enfoques.

La calidad y la credibilidad del análisis de riesgos requieren que se definan distintos niveles de probabilidad e impacto de los riesgos, es decir, definir las condiciones para las escalas que definirán el índice de riesgo sobre los principales objetivos como se ejemplifica en la tabla IV-1 con definiciones generales de consecuencia o severidad y en la tabla IV-2 con posibles criterios de asignación de probabilidad o frecuencia en un tiempo determinado.

La frecuencia puede definirse según la metodología utilizada, en la escala del 1 al 5 o del 0 “para eventos no probables” al 1 “como evento certero” de acuerdo a la definición probabilística (número de resultado de interés entre el número total de resultados posibles), de acuerdo al número de eventos (fallas de un equipo, instrumento, componente o errores humanos) por un tiempo determinado (por década, año, día u hora). Es una estimación aproximada para cuantificar si un evento puede suceder desde varias veces en un año o hasta no ocurrir en varios años, ya sea que se tome este dato de registros de informes recopilados para obtener datos estadísticos cercanos a la realidad o de la experiencia de las personas e industrias que han sufrido determinadas fallas.

Severidad	Condiciones definidas para las escalas de impacto de un riesgo sobre los principales objetivos.				
	Muy bajo 0.1	Bajo 0.3	Moderado 0.5	Alto 0.7	Muy alto 0.9
Tiempo	Aumento del tiempo insignificante	Aumento del tiempo <5%	Aumento del tiempo del 5%-10%	Aumento del tiempo del 10% - 20%	Aumento del tiempo <20%
Alcance	Disminución del alcance apenas perceptible	Cuestiones secundarias del alcance afectadas	Cuestiones principales del alcance afectadas	Reducción del alcance inaceptable	Elemento final efectivamente inservible
Riesgo sobre la salud	Fácil de mitigar	Prolongación de estancia	Intervención médica o quirúrgica	Incapacidad permanente o total	Amenaza de muerte
Riesgos estructurales	Insignificante	Mínimo	Moderado	Importante	Catastrófico

Tabla IV-1. Condiciones definidas para las escalas de impacto de un riesgo sobre los principales objetivos.

Criterio de frecuencia	Descripción (ocurrencia por tiempo)	Probabilidad
1 – Frecuente	Ocurre una vez por mes	$P = 1/31 = 0.03226$
2 – Poco frecuente	Ocurre más de una vez por año	$P_{\min} = 1/365 = 0.00274$
3 – Raro	Ocurre una vez en cinco años	$P = 1/(365*5)$
4 – Muy raro	Ocurre una sola vez cada veinte años	$P = 1/(365*20)$
5 – Extremadamente raro	Ocurre una sola vez en cien años	$P = 1/(365*100)$

Tabla IV-2. Criterios definidos para la escala de frecuencia o probabilidad de un riesgo.

De acuerdo a esto se consigue construir una matriz que asigne las evaluaciones de riesgo basadas en las combinaciones de las escalas de probabilidad e impacto. La matriz de probabilidad e impacto es el formato en forma de cuadrícula que ayuda a vincular la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo con su impacto sobre los objetivos, siendo el índice de riesgo el producto de estos factores evaluados. La organización es la que fija normalmente estas combinaciones específicas que llevan a calificar un riesgo de importancia “alta”, “moderada” o “baja” como se muestra en la tabla IV-3. La zonas verdes y azules representan los riesgos de menor impacto y debe considerarse como mínimo los plan de detección y monitoreo; las zonas amarillas representan los riesgos moderados, deben ser investigados, analizados y determinar planes de actuación preventivos; y los riesgos localizados en las zonas rojas representan los riesgos graves que deben ser mitigados y determinar planes de actuación correctivos y de repuesta.

Impacto	Riesgo				
	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
0.9	0.09	0.27	0.45	0.63	0.81
0.7	0.07	0.21	0.35	0.49	0.63
0.5	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45
0.3	0.03	0.09	0.15	0.21	0.27
0.1	0.01	0.03	0.05	0.07	0.09
	Probabilidad				

Tabla IV-3. Matriz cardinal de probabilidad e impacto.

Dependiendo de las preferencias de la organización, se pueden utilizar valores numéricos o términos descriptivos como en la tabla IV-4. El Índice de Riesgo (IR) en esta tabla se ubican las clases A, B, C y D, las cuales pueden tener la siguiente interpretación: “D” Riesgos aceptables que no requieren ser mitigados, “C” Riesgos aceptables con controles efectivos, “B” Riesgos indeseables que deben mitigarse hasta tener un riesgo tipo C o menor dentro de un periodo máximo determinado, y “A” Riesgos inaceptables que deben ser mitigados hasta tener un riesgo C o menor dentro de un periodo máximo determinado y menor a los clasificados como tipo B.

IR		Impacto			
		1	2	3	4
Probabilidad	1	A	A	B	C
	2	A	B	C	D
	3	B	C	D	D
	4	C	D	D	D

Tabla IV-4. Matriz ordinal de probabilidad e impacto.

Los interesados determinan a partir de lo establecido la tolerancia del riesgo que están dispuestos a asumir, así como los formatos de cómo se documentarán, analizarán y comunicarán los resultados del proceso de administración de los riesgos.

4.2.2. IDENTIFICAR LOS RIESGOS

Es el proceso de determinar los riesgos que pueden afectar y documentar sus características. El beneficio clave de este proceso es la documentación de los riesgos existentes y el conocimiento y la capacidad que confiere al equipo del proyecto para anticipar eventos, cualquier error u omisión en la identificación y evaluación de éstos pueden desencadenar consecuencias graves o fatales para los trabajadores o personal a sus alrededores. El formato de las declaraciones de riesgos debe ser consistente para asegurar que cada riesgo se comprenda claramente y sin ambigüedades a fin de poder llevar a cabo un análisis y un desarrollo de respuestas eficaces.

Lo sugerido es que la identificación de riesgos sea una labor de un grupo de personas expertos en el tema, si bien estas personas son a menudo participantes clave en la identificación de riesgos, se debería fomentar por parte de todo el personal involucrado. Para esta labor se pueden ocupar diversas técnicas de recopilación de información como tormenta de ideas, técnica Delphi (cuestionarios generalmente anónimos para solicitar ideas acerca de los riesgos importantes, posteriormente analizados y con comentarios adicionales de expertos), entrevistas, análisis de causa raíz, análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas).

Los riesgos identificados son registrados en un documento en el cual se registran los resultados del análisis de riesgos y de la planificación de la respuesta a los riesgos. En la elaboración de trabajos en recintos confinados, se encuentran principalmente riesgos por atmosferas peligrosas pero también riesgos de otro tipo, como por agentes mecánicos, físicos y biológicos.

Una atmosfera se considera peligrosa para las personas cuando o debido a su composición, existe riesgo de muerte, incapacitación, lesión o enfermedad grave, o dificultad para abandonar el recinto por sus propios medios. Una atmosfera es inmediatamente peligrosa para la vida y salud (IPVS) cuando debido a su composición existe un riesgo de muerte inmediata, es decir, cuando el contenido de oxígeno es inferior al 17% en volumen, la concentración de gases o vapores inflamables alcanza el 25% del límite inferior de explosividad o la concentración de una sustancia representa una amenaza inmediata para la vida, y que puede producir efectos adversos irreversibles

para la salud en un periodo de 30 minutos, o que puede afectar la capacidad de una persona para escapar de una atmósfera peligrosa.

En la ilustración 4.1 se presenta un ejemplo de una tormenta de ideas para riesgos que se pueden presentar en un espacio confinado por riesgos relacionados a su atmosfera en sus diferentes riesgos, las causas de estos se generalizan en dos tipos que se presentan en la tabla IV-4: debidos al propio espacio confinado o por intervención del trabajo realizado en el confinamiento.

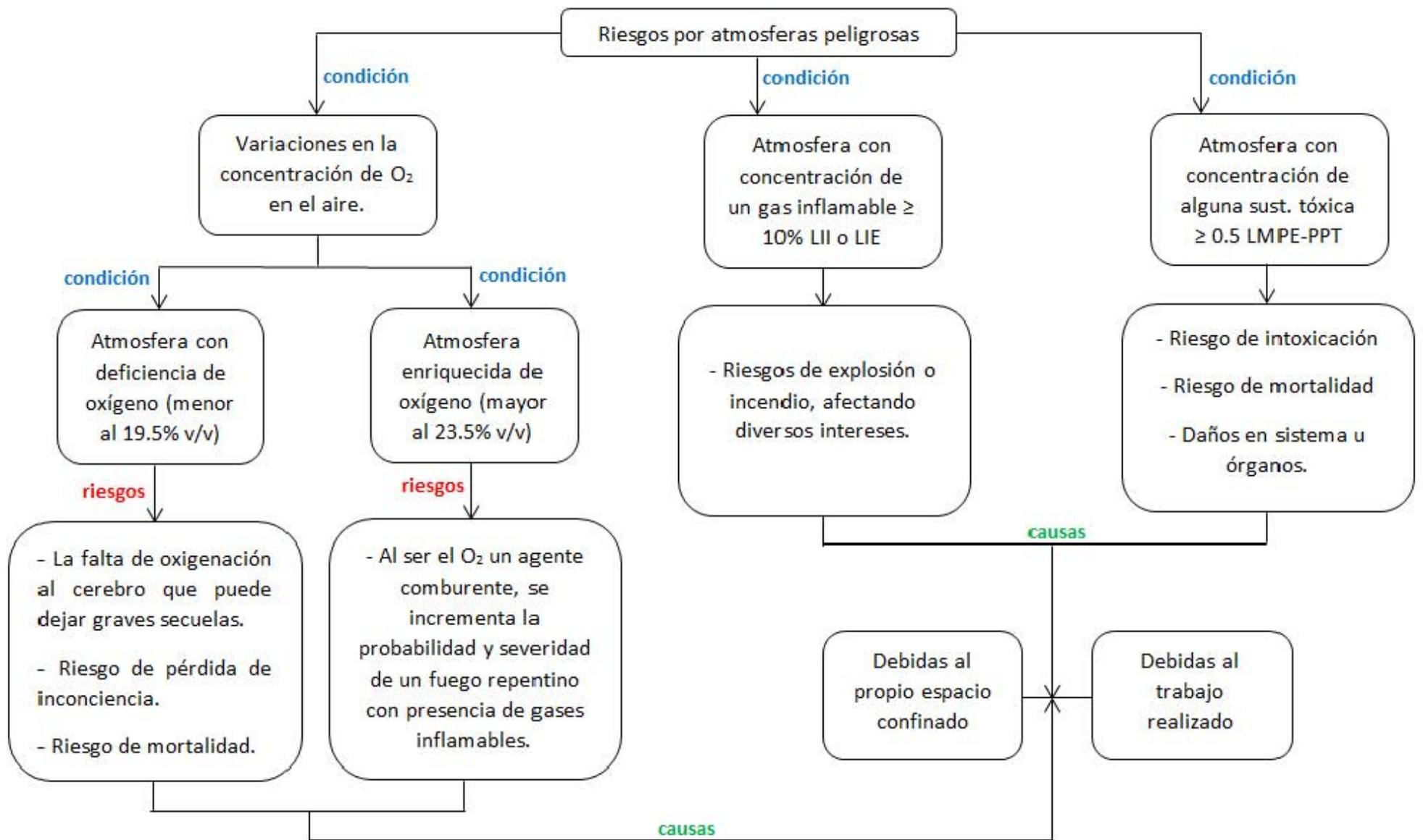


Ilustración 4.1. Tormenta de ideas para riesgos relacionados con la atmosfera del recinto.

Riesgos	Causas debidas al propio espacio confinado	Causas debidas a los trabajos realizados en el confinamiento.
<p><i>Asociados con atmosferas deficientes de oxígeno:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo de asfixia. - Secuelas por falta de oxigenación al cerebro. - Pérdida de conciencia, incluso hasta la muerte. - Problemas de juicio o de coordinación muscular que dificulten salida del trabajador. 	<ul style="list-style-type: none"> - La corrosión, herrumbres, pudrición, descomposición o fermentación de materia orgánica, al ser procesos consumidores de O₂, pueden disminuir o agotar el nivel de oxígeno. - En confinamientos que contengan gases más densos (comúnmente CO₂) el oxígeno es desplazado, incluso al ser desalojados deja cierta concentración de gas que dificulta la estabilidad del espacio. - Por absorción, como en lechos filtrantes de carbón activo húmedo en la reparación de depósitos de filtración de agua. - Reacciones de oxidación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de oxígeno por actividades de llama como sopletes, soldadura. - Por desplazamientos en trabajos como son los de mantenimiento o reparación de una purga con nitrógeno u otros gases inertes. - En la liberación de conductos obstruidos.
<p><i>Asociados con atmosferas enriquecidas de oxígeno:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aumenta la probabilidad y severidad de fuego con la presencia de gases inflamables, a medida que dicha concentración va aumentando, los materiales arden con más intensidad y la temperatura alcanzada por la llama es mayor. - Por encima del 25% de O₂ se puede alcanzar la reacción de combustión en carácter explosivo. - Riesgos a quemaduras, por encima del 28% la protección con tejidos ignífugos es inservible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proveniente de escape. - Residuos gas en contenedores de oxígeno líquido (la vaporización de un litro de oxígeno-líquido produce 854 litros de oxígeno-gas, a una temperatura de 15º C y 1 bar de presión). - En contenedores de absorbentes de oxígeno y se calienta puede liberar cantidades apreciables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Erróneamente se vierte oxígeno puro para eliminar una atmosfera carente de este, cuando en realidad, lo ideal es utilizar un tanque de aire. - Si el aire está expuesto a superficies extremadamente frías por ejemplo, que contienen nitrógeno líquido se puede formar aire líquido que al evaporarse puede conducir al enriquecimiento de oxígeno. - Por una conexión nueva para servicio de oxígeno. - Fugas de equipos próximos con suministro de oxígeno.
<p><i>Asociados con atmosferas con concentraciones de un gas inflamable ≥ 10% LII /LIE:</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - En tanques contenedores de sustancias inflamables o reactores en las que se 	<ul style="list-style-type: none"> - En operaciones de recarga de batería pueden generar niveles significativos de

<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo de explosión o incendio en presencia de un comburente y una fuente de ignición como la soldadura u oxicorte, provocando afectaciones en diversos intereses. - Daños estructurales. 	<p>producen reacciones químicas que las originen, como el H₂SO₄ en presencia de Fe desprende hidrogeno. O CaC₂ con agua produce acetileno.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Presencia de gases inflamables. - Concentraciones oxígeno por encima del 28% en volumen puede provocar autoignición. - El oxígeno en exceso puede impregnarse en la ropa de los trabajadores y en caso de fuego, este consume el oxígeno de la vestimenta, poniendo en riesgo al trabajador. - Superficies calientes que pueden encender una atmosfera explosiva por contacto. - Cambios repentinos de temperatura combinados con la liberación de vapores petroquímicos o gas metano, producen reacciones inseguras. 	<p>gases explosivos o tóxicos, comunes en sótanos y túneles que tienen baterías recargables.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Como resultados de la evaporación de disolventes de pintura. - Limpieza con gasolina u otras sustancias inflamables. - Descargas electrostáticas en el transvase de líquidos inflamables. - Operaciones de carga y descarga o transporte de polvos combustibles (son tan finos que pueden pasar como desapercibidos por instrumentos de detección). - Empleo de oxígeno o aire comprimido en equipos de bombeo especiales para el transvase de líquidos inflamables introducidos en el interior de depósitos. - Operaciones que implican fricción, choque y abrasión, pueden desprender chispas que, a su vez, pueden provocar la ignición de gases y vapores inflamables.
<p><i>Asociados con atmosferas con concentraciones de una sustancia tóxica ≥ 0.5 LMPE:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Daños en tejido vivo. - Alteraciones a sistema nervioso central. - Provocaciones de enfermedades graves. - Fallecimiento por intoxicación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de CO. - Existencia de sustancias tóxicas. - La descomposición de materia orgánica con generación de hidrocarburos, CO, CO₂, H₂S, NH₃ u otra sustancia que en el confinamiento pueda generar ambientes tóxicos. - Falta o deficiente lavado o venteo, cañerías mal cerradas, residuos (barros) o ingresos desde otras fuentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sustancias tóxicas generadas durante el trabajo. - Empleo de disolventes orgánicos en desengrasado y limpieza. - Difusión de gases tóxicos al liberar conductos obstruidos. - Al inertizar con productos no inflamables como CO₂, He, N₂, pudieran reaccionar con otros materiales dentro formando sustancias peligrosas.

Tabla IV-5. Causas asociadas a los riesgos por atmosferas peligrosas.

Por otro lado, en los recintos confinados también se pueden presentar riesgos independientes de su atmosfera, como riesgos físicos, mecánicos o biológicos, los cuales se ejemplifican en la ilustración 4.2 como análisis de causa raíz, en el cual, además de evaluar los riesgos y sus posibles causas, también prevé algunos mitigadores. El proceso de identificación de riesgos es de vital importancia, ya que un riesgo no identificado no puede ser objeto de estudio y se vuelve un riesgo no controlado, que bajo ciertas circunstancias puede dar origen a un incidente.

RIESGO	CAUSA	PREVENCIÓN
- Resbalones, tropezones o caídas.	- Derrames, fugas, conexiones de tuberías o superficies a desnivel o inestables.	- Mantener área con buena iluminación y señalizaciones.
- Visibilidad inadecuada para laborar incluso con iluminación.	- Polvos suspendidos en el aire que oscurecen la visión a 1.5 m de distancia o menos.	- Ventilación y equipo de seguridad adecuados.
- Sobreesfuerzo por posturas desfavorables, ambientes calurosos o fríos.	- Espacios angostos, equipos a utilizar pesados y difíciles de movilizar.	- Planificación de la labor para hacerlo lo más ágil posible.
- Peligros de hundimiento, sepultura, asfixia por inmersión.	- Ingreso a almacenes de material flojo como granos, harina, etc., que guardan bolsas de aire que pueden derrumbarse con cualquier peso.	- No ingresar a confinamientos sin previo desalojo de materiales y/o utilizar equipo de seguridad adecuado.
- Agresiones de animales	- Los confinamientos pueden ser refugio de roedores, serpientes, arañas, insectos, etc.	- Prever la existencia de estos para control de plagas y utilizar equipo de seguridad.
- Electrocuiones, acumulación de cargas eléctricas estáticas.	- Utilización de luminarias, herramientas y equipos eléctricos, en lugares húmedos. Cables de alta tensión. Turbulencias provocadas en solventes.	- Evitar o utilizar instalaciones eléctricas con especial cuidado y el equipo de protección personal, evitar turbulencias que pudieran causar choques de partículas generando cargas eléctricas.
- Quemaduras, heridas, aplastamientos, mutilaciones.	- Piezas en movimiento como equipo de molienda, mezcladores, conexiones de vapor de agua, flechas de transmisión, engranes.	- Cerrar válvulas de conexiones cercanas al área de trabajo, interrumpir labores y mantener señalizado en todo momento.
- Enfermedades, infecciones en heridas.	- Presencia de parásitos, virus, bacterias u hongos.	- Prever su existencia e ingresar con el equipo adecuado de protección.

Ilustración 4.2. Análisis causa raíz de riesgos ajenos a su atmosfera.

4.2.3. REALIZAR LOS ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE LOS RIESGOS.

Los análisis cualitativos ofrecen resultados basados en la experiencia con la finalidad de priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos; por otro lado, en el análisis cuantitativo se analiza de manera numérica el efecto de los riesgos identificados. De acuerdo al análisis cualitativo se puede mejorar el desempeño concentrándose en los riesgos de alta y mediana prioridad por tener un impacto significativo sobre los intereses del trabajo, lo que conlleva al análisis cuantitativo con el objetivo de analizar el efecto de dichos eventos de riesgo. Los procesos de análisis cuantitativo y cualitativo de riesgos se pueden hacer juntos o separados.

Los análisis se califican de acuerdo con las definiciones proporcionadas en el plan de administración de los riesgos. Se establece como prioridad la probabilidad de ocurrencia en un tiempo determinado y el impacto correspondiente definidos previamente como en la tabla IV-1 que se determinaron algunas condiciones para las escalas de impacto de un riesgo; o en la tabla IV-2 donde se establecen posibles criterios para la valoración de frecuencia, y así, se consigue situar el índice de riesgo en las matrices de riesgo como se muestran en las tablas IV-3 y IV-4. Además, se permite considerar otros factores para situar el índice de riesgo, tales como el plazo de respuesta y la tolerancia al riesgo por parte de la organización en cuanto a costos, alcance y calidad.

La idea de evaluar los riesgos es establecer la probabilidad de cada riesgo, es decir, su nivel de confianza en el que se supone se volverá una realidad y la evaluación del impacto que es un análisis del efecto potencial de los riesgos. Estas estimaciones de probabilidad e impacto se establecen para cada riesgo identificado con ayuda de entrevistas o reuniones con participantes experimentados, con conocimientos ya sea por proyectos internos o externos; esta labor puede resultar complicada debido a la confiabilidad del juicio de expertos, muchas veces sin contar con el respaldo de datos históricos, por lo que el análisis cualitativo se debe de hacer con el mayor grado de entendimiento, exactitud, calidad, confiabilidad e integridad de datos.

El **análisis cualitativo de riesgos** evalúa el impacto y la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos identificados con la finalidad de ordenarlos de acuerdo a sus efectos potenciales sobre los objetivos. Se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos, es decir, no son necesarios datos numéricos ni expertos estadísticos, más bien, este análisis se enriquece con la participación de distintas áreas de la organización, es por lo general un medio rápido de establecer prioridades para la planeación de la respuesta y sentar las bases para el análisis cuantitativo. Además, permite determinar y evaluar enfoques alternativos para mitigar o moderar los riesgos altos, indicando el camino a seguir a fin de tomar acciones para evitar, controlar, asumir o transferir cada riesgo. Estos análisis deben ser constantemente actualizados y se recomienda agruparlos por categorías, ya que esto permite detectar patrones o causas comunes de riesgo. Las ventajas del análisis cualitativo son:

- Permite obtener el nivel general del riesgo, que a su vez permite a los inversionistas sentar las prioridades.
- La priorización de riesgos permite asignar eficientemente los recursos.
- Los riesgos clasificados como significativos serán candidatos para realizar análisis adicional sobre el impacto, cuantificar la probabilidad de ocurrencia, evaluar alternativas de mitigación, etc.
- Identificar los riesgos insignificantes que podrán agruparse, evitando estudios adicionales.
- Los riesgos pueden agruparse también, según necesidad de acción, dando prioridad a los de acción inmediata.
- El análisis servirá de guía para el proceso de respuesta al riesgo.

El análisis cualitativo puede basarse en métodos comparativos y métodos generalizados. Los métodos comparativos se basan en la utilización de técnicas obtenidas de la experiencia adquirida en equipos e instalaciones similares, así como en el análisis de sucesos que hayan ocurrido en establecimientos parecidos al que se analiza con la finalidad de permitir la comparación propia o con externos reconocidos por sus buenas prácticas y por ende, identificar las situaciones inseguras. Dentro de estos se consideran los códigos, normas, listas de verificación, análisis históricos de accidentes, revisiones, auditorías de seguridad, etc.,

Una *lista de verificación* es un checklist que ayuda a evaluar de forma genera y ágil, las condiciones en las que se encuentra la instalación que se va a analizar y hallar vulnerabilidades; por ejemplo:

LISTA DE VERIFICACIÓN DE INSTALACIONES Y EQUIPOS	SI	NO	OBSERVACIONES
Condiciones adecuadas de válvulas	✓		
Condiciones adecuadas de líneas		✗	Línea 13 (hacia tanque almacenador TA-02) con fuga.
Condiciones adecuadas de escaleras	✓		
Instalaciones eléctricas aisladas	✓		
Área libre de objetos estorbosos	✓		
Condiciones adecuadas de indicadores de nivel, presión y temperatura.		✗	Indicador digital de nivel inestable.
Los puntos peligrosos están protegidos adecuadamente con guardas.	✓		
Alarmas de seguridad funcionales	✓		

Tabla IV-6. Ejemplo de lista de verificación.

El análisis histórico de accidentes es la información recopilada del pasado con el que se pueden encontrar fallas menores con posibilidad de agravarse, e incluso encontrar las fuentes de peligro comunes que requieren mayor atención. Las revisiones y auditorías de seguridad permiten identificar las condiciones de los procedimientos de operación y mantenimiento que pueden dar origen a un incidente. Un ejemplo del análisis cualitativo podría ser el de la tabla IV-7 donde se muestra una correlación de datos históricos de los daños por los cuales se requiere de un mantenimiento, que en conjunto con la tabla IV-8 se analiza la clasificación del riesgo asociado con base al impacto y probabilidad del riesgo de acuerdo a lo ilustrado en el esquema 4.3

Año	Código	Problema	Daños a la empresa (\$)
2002	A	Rotura de tanque	1,000.00
2002	B	Falla en bomba	50.00
2003	C	Falta de suministro de gas	500.00
2004	D	Falla general de energía	200.00
2005	C	Falta de suministro de gas	450.00
2005	C	Falta de suministro de gas	600.00
2005	A	Rotura de tanque	1,100.00
2005	D	Falla general de energía	230.00
2006	C	Falta de suministro de gas	550.00
2006	D	Falla general de energía	250.00

Tabla IV-7. Análisis histórico de datos cualitativos.

En la tabla anterior se muestran datos cualitativos con las etiquetas “A” para rotura de tanque, “B” para falla en bomba, “C” para falta de suministro de gas y “D” para falla general de energía, las etiquetas pueden ser o no numéricos ya que representan datos cualitativos. De acuerdo a esto se asigna la clasificación del riesgo para cada falla.

Código	Problema	Probabilidad de ocurrencia		Impacto		Clasificación del Riesgo	
A	Rotura de tanque	10	Significativo	10	Significativo	100	Significativo
B	Falla en bomba	5	Moderado	1	Insignificante	5	Moderado
C	Falta de suministro de gas	10	Significativo	10	Significativo	100	Significativo
D	Falla general de energía	5	Moderado	5	Moderado	25	Moderado

Tabla IV-8. Ejemplo en tabla de análisis cualitativo del riesgo.

Dentro del análisis cualitativo la clasificación puede resultar subjetiva pero la información puede ser muy útil para priorizar riesgos que requieren un análisis más detallado.

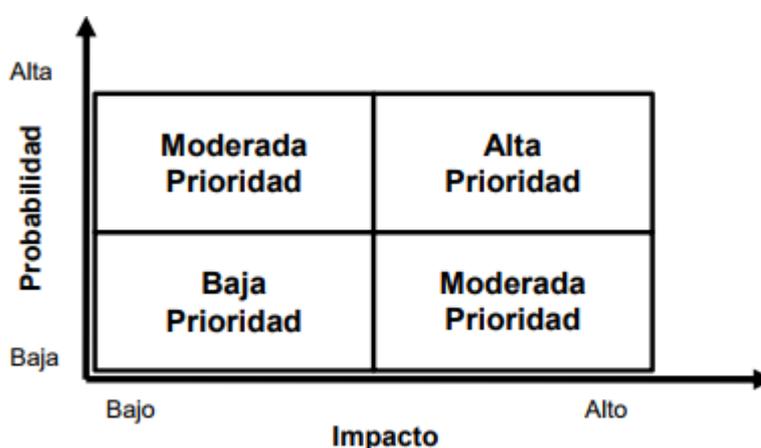


Ilustración 4.3. Esquema de calificación cualitativa de riesgos.

Todos los riesgos se deberán ser registrados en una lista, incluso los riesgos con una baja calificación en cuanto a probabilidad e impacto para su futuro monitoreo. El beneficio de este proceso es que permite reducir el nivel de incertidumbre y concentrarse en los riesgos de alta prioridad.

La organización puede calificar un riesgo de manera individual para cada objetivo (costo, tiempo, alcance, sector salud, etc.). La calificación de los riesgos ayuda a definir las respuestas a los mismos, por ejemplo, los riesgos con impacto negativo y que se encuentran en la zona de riesgo alto de una matriz de riesgo, pueden requerir prioridad en la acción y estrategias de respuesta agresivas. Las amenazas que se encuentran en la zona de riesgo bajo pueden no requerir una acción de gestión proactiva, más allá de ser incluidas en el registro de riesgos como parte de la lista de observación o de ser agregadas a una reserva para contingencias.

En algunos casos, es posible que el proceso de realizar el **análisis cuantitativo** no sea necesario para desarrollar una respuesta efectiva a los riesgos identificados. La disponibilidad de tiempo y presupuesto, así como la necesidad de declaraciones cualitativas o cuantitativas acerca de los riesgos y sus impactos, determinarán qué métodos emplear para cada labor en particular y debe repetirse después del proceso de planear la respuesta de los riesgos y de monitorear y controlar los riesgos con el objetivos de determinar si se ha reducido satisfactoriamente el riesgo. En el análisis cuantitativo de riesgos se hace la recopilación de datos involucrados, se revisan las estadísticas y las distribuciones de probabilidad.

Las técnicas más conocidas en los análisis cualitativos y cuantitativos son: análisis What if..?, análisis de capas de protección (LOPA), análisis de riesgos y operabilidad (HazOp), análisis por árbol de fallas (FTA), análisis por árbol de eventos (ETA), análisis de modos de fallas y efectos (FMEA), etc.

- *Análisis What if..?*

Esta técnica es de carácter cualitativo pero es útil al determinar las consecuencias originadas por un evento no deseadas sin importar cuál fue su causa con el fin de poder recomendar medidas que eviten que se origine el evento no deseado, es un análisis de fácil aplicación y adaptación, flexible, creativo pero que requiere netamente de la experiencia en la identificación de riesgos y peligros potenciales, lo cual se puede complicar al no tener una manera de jerarquizar o estructurar de manera sistemática el procedimiento. Un equipo de expertos constituido habitualmente por dos o tres personas, simulan diversos eventos que generen una falla en algún elemento, sección o sistema de la planta evaluar (seguridad eléctrica, protección contra incendios, instrumentación de un equipo determinado, almacenamiento, manejo de materiales, etc.) cuestionando las desviaciones del proceso mediante la pregunta “¿qué pasa si..?”. Por ejemplo: ¿qué pasa si existen vapores dentro del tanque en el que se realizara trabajo de soldadura?, ¿qué pasa si el trabajador sufre un desmayo?, ¿qué pasa si se adicionan reactivos en el tanque desalojado?, ¿qué pasa si la lectura de muestreo es incorrecta?, ¿qué pasa si el procedimiento de mantenimiento es deficiente?, ¿qué pasa si no se notifica la existencia de una fuga?, ¿qué pasa si no se cierra la válvula “X” permitiendo el paso al reactivo?, ¿qué pasa si el trabajador no utiliza su equipo de protección?, ¿qué pasa si se forma una nube tóxica?, ¿qué pasa si no se efectúa el muestreo periódicamente como indica el procedimiento?, ¿qué pasa si se localiza el equipo oxidado?, ¿qué pasa si la tubería “Z” se encuentra obstruida?, etc.

Al analizar cualquier equipo, sección o procedimiento en un proceso químico, se debe contar con diagramas de flujo de proceso, DTI (diagrama de tubería e instrumentación), diagramas de detalle, procedimientos de operación actualizados o cualquier acceso a información específica del proceso o del equipo que ayuden a generar un listado exhaustivo para cuestionar las desviaciones de cualquier variable o condición de la operación normal.

Al hacer las preguntas se busca encontrar las respuestas, es decir, las consecuencias de los eventos propuestos y las protecciones que pueden ayuden a mitigar el daño o evitar un accidente. Las respuestas evidenciarán los efectos por las fallas en elementos del proceso, procedimientos, diseños, etc. El procedimiento, como todo el análisis de riesgo, debe ser documentado como evidencia en hojas de trabajo con las preguntas simuladoras de eventos riesgosos, las consecuencias localizadas y las recomendaciones propuestas.

- *Análisis de riesgos y operabilidad (HazOp).*

Conocida como técnica HazOp del inglés Hazard and Operaility, es un estudio sistemático que con ayuda de un equipo multidisciplinario y mediante el uso de palabras guía aplicadas a cada parámetro del proceso (P, T, X, flujo, etc.) ayuda a identificar desviaciones de las condiciones normales de operación, causas y consecuencias, sistemas de protección y recomendaciones para evitar incidentes y accidentes. Es comúnmente utilizada para identificar los riesgos que implican la operación del proceso, sin embargo, se factible también para localizar los riesgos en labres de mantenimiento, seguridad, administrativas, construcción, etc.; el éxito de la técnica depende de la participación de los integrantes para realizar cada uno de los puntos de la metodología y, principalmente de la información disponible como los DFP's y DTI's actualizados, manuales, procedimientos, registros

históricos de accidentes, registros de calibración y pruebas de equipos, etc. Los pasos a seguir para llevar a cabo esta técnica son:

1. *Dividir la planta en circuitos y posteriormente en nodos.* Los circuitos son las secciones claramente definidas (uno o varios equipos que en conjunto cumplen una misión en el proceso), estos se dividirán en partes lo suficientemente pequeña para ser significativa y lo suficientemente grande para considerarse, llamada nodo.
2. *Seleccionar un nodo y describir su intención de diseño.* Para la correcta interpretación de cada factor se debe comprender cada división.
3. *Definir los parámetros importantes a considerar.* Por ejemplo presión, temperatura, flujo, mantenimientos, seguridad, etc.
4. *Identificar posibles desviaciones.* Las desviaciones son cualquier falla que ocasiona un cambio, modificación o adultera la intención de diseño; son fáciles de localizar con apoyo de las palabras guía o términos clave que se aplican a cada parámetro a contemplar, como se muestra en el ejemplo de la tabla IV-9, las columnas se muestran las palabras guía y debajo de ellas sus interpretaciones; estas evalúan como en una matriz los parámetros localizados en la fila izquierda.

Parámetro	Palabras guía						
	NO Negación	MÁS Incremento cuantitativo	MENOS Decremento cuantitativo	PARTE DE Decremento cualitativo	ADEMÁS Incremento cualitativo	INVERSO Contrario al deseado	OTRO Sustitución completa
Presión		Mayor P	Menor P		Golpe ariete		Colapso por P de vacío
Temperatura		Alta T	Baja T		Fragilizaciones		
Flujo	No hay	Más flujo	Menos flujo	Desviado	Contaminado	Retroceso	
Nivel	Vacío	Nivel alto	Nivel bajo				
Inflamables	Inexistentes	Mayor a LII	Menor a LII	Fuga	Evaporaciones		
Tóxico	Inexistentes	Mayor al NA	Menor al NA	Fuga	Exposición		
% v/v O ₂		Mayor al 19.5%	Menor al 19.5%	Desplazamiento	Alimentación		
Ventilación	Sin ventilación	Corrientes fuertes	Insuficiente				
Eléctrico		Alto voltaje	Bajo voltaje				Generación de electricidad estática.
Contenedor	Ruptura			Fuga mínima	Inseguro		Contaminación al ambiente por derrame
Instrumentación	Inexistente	Redundante	Dañado	Falla de un elemento del instrumento	Alarmas		Paro de emergencia
Estructura	Falla en soporte		Corrosión		A prueba de fuego		
Contaminación	Inexistente	Exceso	Mínima				
Mantenimiento	Inexistente		Faltante	Frecuencia no establecida			Desmantelamiento
Información	Pérdida	Confusa	Inadecuada	Incompleta		Mal interpretada	Errónea
Tiempo		Mayor al planeado	Menor al planeado				
Equipo de Seguridad	No hay protección		Falta equipo	Cumplimiento parcial de norma			
Controles adm.	Inexistentes		Faltantes				

Tabla IV-9. Matriz de desviaciones definidas por parámetros y palabras guía.

5. *Identificar la causa de cada desviación y determinar su frecuencia.* Los participantes del análisis proponen para cada desviación identificada, las posibles causas que la pudieran generar, las causas podrían ser por error humano, falla de equipamiento o eventos externos.
6. *Identificar las consecuencias sin protecciones y determinar su gravedad.* Las consecuencias se evalúan asumiendo que cualquier sistema de protección instalado es inefectivo o inexistente. Las consecuencias encontradas se categorizan de acuerdo a la matriz de probabilidad e impacto, asignándoles por elección de los participantes, su valor correspondiente. La consecuencia podría ser “no significativa” o hasta tener impacto sobre trabajadores, público, medio ambiente y/o material.
7. *Listar las protecciones posibles para cada nodo.* Para cada causa planteada, se determinan las consecuencias derivadas y las salvaguardas existentes en la instalación. Las protecciones son todos aquellos dispositivos o estrategias de control (alarmas visuales o sonoras, válvulas de seguridad, válvulas de no retorno, indicadores de nivel, presión o temperatura, disparos de arranque y paro, etc.) o aquellas medidas preventivas (programas de capacitación al personal, programas de mantenimiento, rotación de equipos, rutinas y recorridos operacionales, muestreos, etc.) que permiten evitar la ocurrencia de dicho evento o para mitigar su efecto.
8. *Determinar el nivel de riesgo sin y con protecciones usando la matriz de riesgo.* Se evalúa qué tanto disminuye el nivel del riesgo con una o más protecciones que se hayan podido localizar, por medio de la eficacia de las protecciones sugeridas que disminuye la probabilidad de falla y por ende, su índice de riesgo, como se establece en la ecuación: $IR = (\text{probabilidad})(\text{impacto})$.
9. *Dar recomendaciones.* Los integrantes del equipo realizan las recomendaciones que podrían eliminar o mitigar el problema y para asegurar que se implementen, se establece una fecha compromiso a cada recomendación, así como un responsable.

Esta técnica puede reportarse con las mismas hojas de estudio, las cuales suelen ser de algún software previamente programado. Por ejemplo:

Empresa:					Fecha:		
Estudio HazOp realizado por:							
Circuito “X”:					Nodo “Y”:		
Desviación	Causas	Consecuencias	P	G	IR	Protecciones	Recomendaciones

Tabla IV-10. Formato de reporte HazOp.

Donde la “P” representa la probabilidad o frecuencia del suceso, la “G” su gravedad o severidad y el IR (índice de riesgo) el resultado del producto de los grados asignados para “P” y “G”.

- *Análisis de modos de falla y efectos (AMFE).*

El análisis de Modos de falla y Efectos, AMFE o FMEA por sus siglas en inglés Failure Modes and Effects Analysis es un método cualitativo que establece una lista o tabla con las posibles fallas de componentes individuales, el modo, la detección y sus respectivos efectos. Una falla se puede identificar como una función anormal de un componente, una función fuera del rango del componente, función prematura. Es un método válido que se usa habitualmente como fase previa a la elaboración de árboles de fallas, ya que permite un buen conocimiento del sistema.

El equipo necesario suele ser de dos personas perfectamente conocedoras de las funciones de cada equipo o sistema así como de la influencia de estas funciones en el resto de la línea de proceso. Es necesario para la correcta ejecución del método disponer de listas de equipos y sistemas,

conocimiento de las funciones de cada equipo, junto al conocimiento de las funciones de los sistemas en su conjunto dentro de la planta. El análisis se simplifica en un formulario de trabajo como se muestra en la tabla IV-11.

Empresa:			Fecha:	
Analista:				
Sistema:			Diagramas de referencia:	
Falla	Modo de falla	Detección	Efectos	Protecciones / Recomendaciones

Tabla IV-11. Formulario de trabajo para AMFE.

Además como información adicional en el AMFE se pueden incluir las salvaguardas para cada modo de falla identificado, que reduzcan la posibilidad de ocurrencia de una falla específica o consiga mitigar sus consecuencias. Es un método que sirve de complemento para otras técnicas lo cual ayuda a optimizar la confiabilidad del sistema y es relativamente rápido frente a otros más complejos como el HazOp.

- *Análisis por árbol de eventos (AAE).*

También conocido como “ETA” por sus siglas del inglés Event Tree Analysis, es la técnica que muestra de manera gráfica las posibles consecuencias de un accidente, resultantes de un evento iniciador, es decir, de la falla específica de un sistema, equipo, suceso o error humano.

Partiendo del suceso iniciador, se plantean sistemáticamente dos ramificaciones, generalmente en la parte superior se refleja el éxito o la ocurrencia del suceso y en la parte inferior se representa una falla o no ocurrencia del mismo; respetando el mismo patrón en la progresión del accidente. En el desarrollo de eventos posteriores se consideran las respuestas de los sistemas y operadores de seguridad al evento iniciador, hasta obtener el conjunto de fallas o errores que conducen a un accidente.

El suceso iniciador puede ser cualquier desviación importante, provocada por una falla de un equipo, error de operación o error humano. Dependiendo de las salvaguardas tecnológicas del sistema, de las circunstancias y de la reacción de los operadores, las consecuencias pueden ser muy diferentes. Por esta razón, un AAE, está recomendado para sistemas que tienen establecidos procedimientos de seguridad y emergencia para responder a sucesos iniciadores específicos.

Se explica la metodología del árbol de eventos en la ilustración 4.4 con un ejemplo de una fuga de un gas inflamable en un tanque almacenador cercano a otros. Los pasos a seguir son:

1. Colocar de izquierda a derecha la cronología de eventos.
2. Evaluar las funciones de seguridad ramificando los resultados positivos y negativos.
3. Describir las secuencias que representarán las salidas que puede seguir el evento iniciador, conocidas como “secuencias de salida”, algunas de estas puede que no conlleven un peligro especial pero otras, representan sucesos verdaderamente peligrosos.
4. Evaluar las secuencias de salida, que son resultado del producto de la frecuencia del evento iniciador y la probabilidad de ocurrencia de las funciones de seguridad.
5. Documentar resultados. En la documentación se debe incluir una discusión de la definición del problema, la descripción del sistema analizado y las recomendaciones que surgen del análisis del árbol de eventos.

← Causa → <<————— Sucesos impactados por salvaguardas —————>>

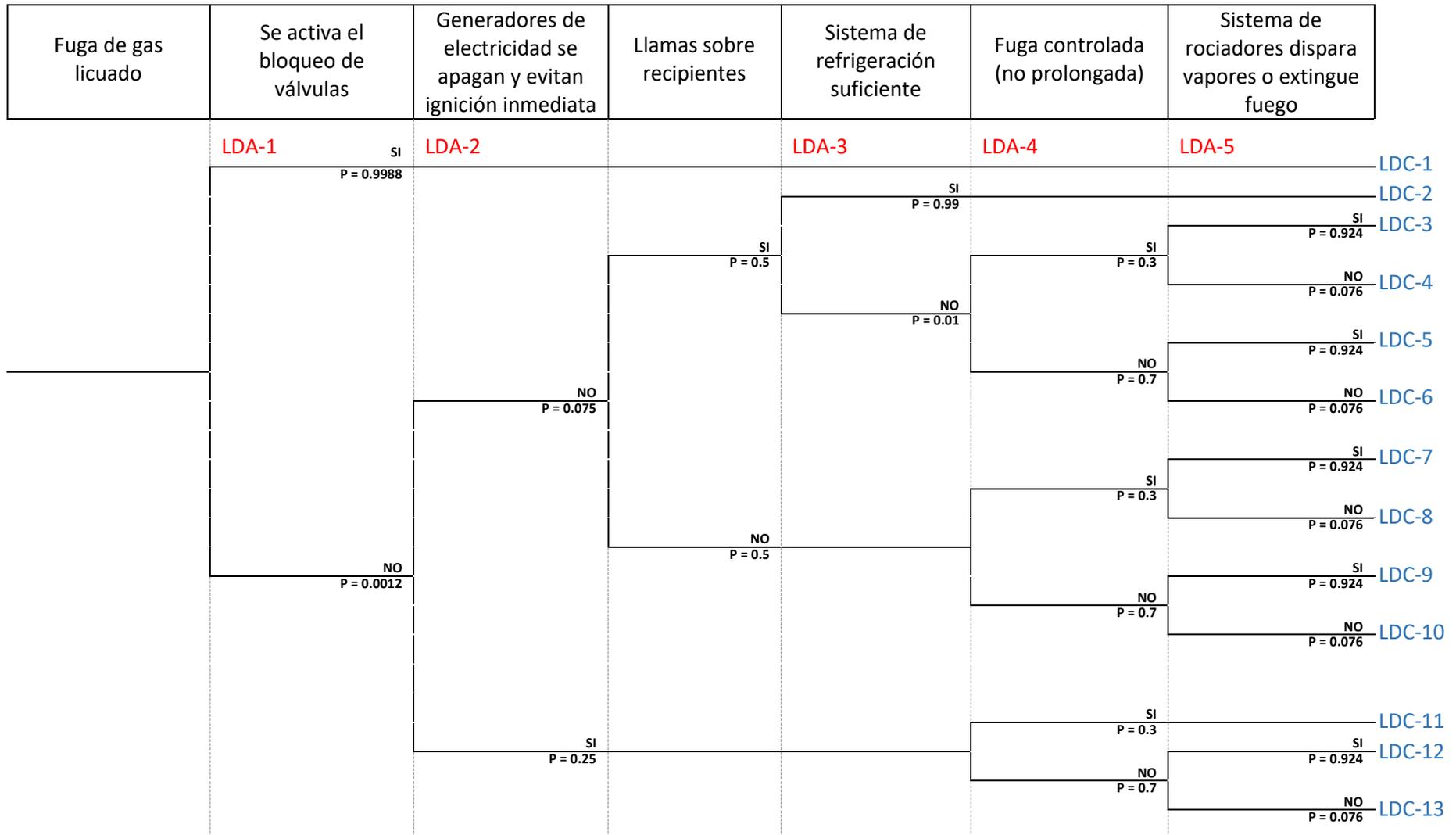


Ilustración 4.4. Análisis por árbol de eventos.

En el ejemplo ilustrado las LDA son las Líneas De Aseguramiento y las LDC son Líneas De Consecuencia. Las consecuencias para este caso, ya sea que se vea involucrado un incendio no, impacta desde una emisión de diversas magnitudes, nube de gas controlada o con riesgo de explosión, un flash fire o hasta explosiones de tipo BLEVE, UVCE o pool fire, estas explosiones resultan dentro un confinamiento, fuera o sobre un charco líquido respectivamente. De acuerdo a la consecuencia se dicta la frecuencia asociada este, su gravedad en pérdidas ambientales, económicas, productivas, fallecimientos, lesionados, etc.

- *Análisis por árbol de fallas (AAF).*

Conocida también como “FTA” por sus siglas del inglés Fault Tree Analysis es un método de fácil comprensión de la causalidad que consiste en el desarrollo de un diagrama lógico a partir de un suceso no deseado (por ejemplo la rotura de un tanque de almacenamiento con cualquier sustancia química) descomponiéndolo en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos (causa raíz), ligados normalmente a fallas de componentes, errores humanos, errores operativos.

Al igual que el ETA es un método común al e proporcionar resultados tanto cualitativos mediante la búsqueda de caminos críticos, como cuantitativos, en términos de probabilidad de fallas de componentes. El estudio determina las combinaciones de fallas de equipos, condiciones de operación, condiciones ambientales y/o errores humanos que contribuyen a la ocurrencia del evento no deseado, dando lugar a identificar las medidas correctivas para la mejora de la confiabilidad o la seguridad del sistema.

El árbol de fallas se guía por la simbología que se muestra en la tabla IV-12, los enlaces por lo que los tipos de sucesos se unen se les conocen como puertas lógicas, que llevan a la transferencia o desarrollos posteriores del árbol.

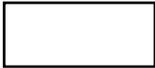
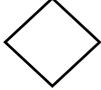
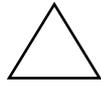
Símbolo	Significado
	<i>Evento principal:</i> Situado en la parte superior del árbol. <i>Sucesos intermedios:</i> Resultado de la interacción de otros sucesos desarrollados mediante puertas lógicas.
	<i>Sucesos básicos:</i> Base de la raíz del árbol. No necesitan más desarrollo posterior.
	<i>Sucesos no desarrollados:</i> No son sucesos básicos y podrían desarrollarse más pero esta acción no se considera necesaria por la información acumulada.
	<i>Puertas “O”:</i> Operación lógica que requiere la ocurrencia de <i>cualquiera</i> de los sucesos de entrada para producir la salida.
	<i>Puertas “Y”:</i> Operación lógica que requiere la ocurrencia simultánea de los sucesos de entrada para producir la salida.
	<i>Suceso externo:</i> Indica la condición o un suceso que existe como parte del escenario en que se desarrolla el árbol de fallas.
	<i>Símbolos de transferencia:</i> Indica la continuación del desarrollo, se utiliza por medio de un código para la salida y entrada de por ejemplo, otra página.

Tabla IV-12. Simbología utilizada en el árbol de fallas.

Es un método ideal para sucesos relativamente complejos en los que intervienen muchos elementos y que se pueden descomponer en sucesos más sencillos y aunque requiere de amplia experiencia y conocimiento del sistema a analizar, bien podría llevarse a cabo este análisis con una o dos personas con la documentación necesaria de los equipos. Es frecuentemente utilizado en situaciones en donde otra técnica de identificación de riesgos haya señalado un peligro que pudiera dar origen a un accidente importante y se requiere de un análisis más detallado.

- *Análisis por capas de protección (ACP).*

En inglés “Layer Of Protection Analysis (LOPA)” es un método que permite determinar y valorar el riesgo a través de cada una de las capas de protección que la conforman, empezando desde el diseño del proceso, sistema básico de control, pasando por alarmas de intervención manual, sistema instrumentado de seguridad (SIS), protección activa, protección pasiva y concluyendo con las respuestas de emergencia; donde a su vez, cada capa está compuesta de equipos y/o procedimientos de control que actúan conjuntamente con las otras capas de protección ya antes mencionadas para controlar y/o mitigar los riesgos.

Cada capa modifica el riesgo evaluado, con un efecto de mitigación diferente (sobre probabilidad o gravedad). En general, la severidad del efecto de mitigación es mayor para las medidas de diseño de proceso, especialmente para equipos mecánicos y electrónicos, se considera con un alto nivel de confiabilidad. Diversas compañías proporcionan datos estandarizados sobre la frecuencia de falla de equipos por año pero pueden encontrarse también como eventos por horas trabajadas por año o eventos por determinado número de años, etc.

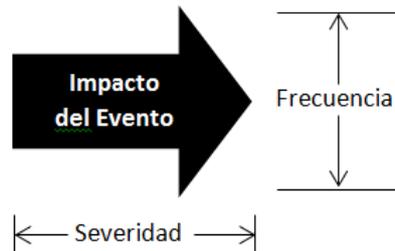
La efectividad de cada capa de protección independiente (CPI, en inglés IPL “Independent Protection Layer”) se cuantifica en términos de su PFD (Probabilidad de Falla de Demanda) que se define como la probabilidad de que una capa no realice su función, las cuales pretenden reducir la frecuencia de la consecuencia para un evento de iniciación dado. Algunos datos se recopilan en la tabla a continuación:

Descripción de fracaso	PFD
Fallo residual del recipiente de presión	$10^{-7} < F < 10^{-5} / \text{año}$
Falla del tanque atmosférico	$10^{-5} < F < 10^{-3} / \text{año}$
Falla residual de la tubería en su totalidad	$10^{-8} < F < 10^{-7} / 1.5 \text{ años}$
Falla residual del 10% de la tubería	$10^{-6} < F < 10^{-5} / 1.5 \text{ años}$
Falla de sello de bomba	$10^{-2} < F < 10^{-1} / \text{año}$
Falla en dispositivo para liberar presión	$10^{-2} < F < 10^{-1} / \text{año}$
Operador (de rutina, bien entrenado, sin estrés, si fatiga)	$10^{-3} < F < 10^{-1} / \text{oportunidad}$

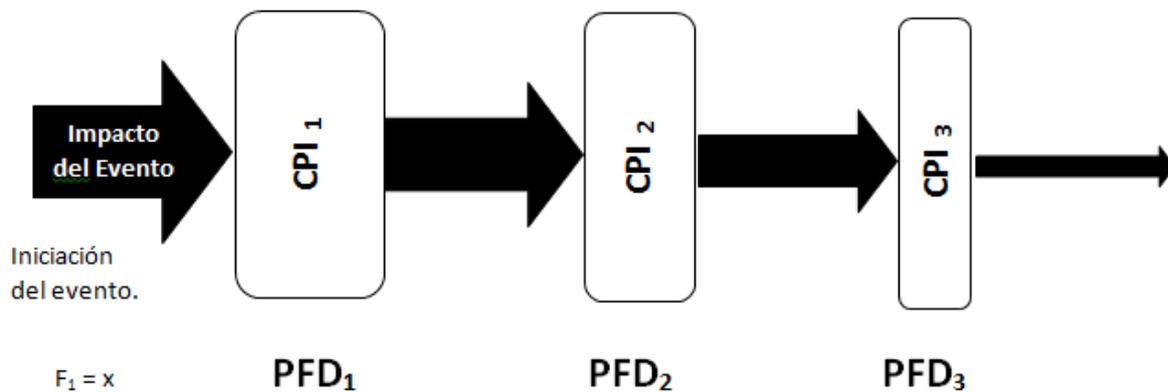
Tabla IV-13. Probabilidades típicas de fallas.

Como muchos otros análisis de evaluación de riesgos, se realiza mediante una serie de pasos básicos, para LOPA son:

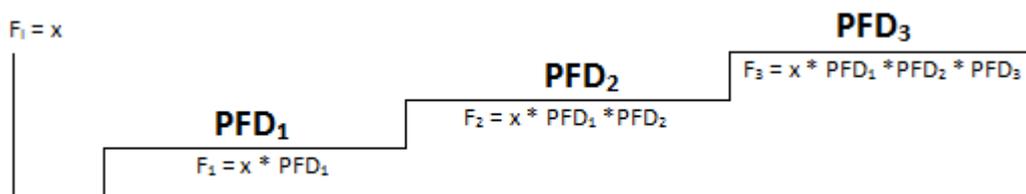
1. Identificar las consecuencias potenciales indeseables de un escenario de accidente y determinar la frecuencia del evento iniciador.



2. Identificar las CPI (Capas de Protección Independientes) y estimar su PFD (Probabilidad de Falla Demandada).



3. Estimar las frecuencias intermedias de las consecuencias mitigadas. La frecuencia de la consecuencia (i) se estima mediante la frecuencia de que el evento no deseado ocurra (e) y se multiplica por la probabilidad de falla de cada capa (PFDi), es decir: $F_i = F_e \left(\prod_{j=1}^{j=n} PFD_{ij} \right)$.



4. Evaluar la necesidad de CPI adicionales.

Como todos los métodos de análisis de riesgos cuantitativos y cualitativos, debe ser documentado con las recomendaciones resultantes del estudio, así como el desarrollo del mismo.

5. Planificar la Respuesta de los Riesgos.

Planificar la Respuesta a los Riesgos es el proceso de desarrollar opciones para reducir las amenazas, abordando los riesgos en función de su prioridad previamente identificada en los pasos anteriores. Su importancia data en responder de manera adecuada a cada riesgo con apoyo de diversas

estrategias de respuesta, debe seleccionarse entre estas, la o las que tengan mayor probabilidad de eficacia, por lo que se debe de contar con el juicio de expertos que aseguren que el riesgo se resuelva mediante decisiones de diseño, especificaciones y alternativas de solución.

Puede desarrollarse un plan de reserva, que se implementará si la estrategia seleccionada no resulta totalmente efectiva o si se produce un riesgo aceptado; también deben revisarse como cualquier otro los riesgos que surgen como resultado directo de la implementación de una respuesta a los riesgos, conocidos como *riesgos secundarios*.

Las posibles respuestas para los riesgos se pueden comprender en: *evitar, transferir, mitigar o aceptar el riesgo*. Las estrategias de evitar y mitigar habitualmente son eficaces para riesgos críticos de alto impacto, mientras que las de transferir y aceptar normalmente son buenas estrategias para amenazas menos críticas y con bajo impacto global. Se explican a continuación:

- *Evasión del riesgo*. Implica desistir de llevar a cabo cualquier actividad en las condiciones originales.
- *Transferencia del riesgo*. En caso de que ocurra el evento riesgoso, un tercero fuera del proyecto afronta las consecuencias, como un seguro que lleva al pago de una prima de riesgo que toma en cuenta el impacto del evento y su probabilidad de ocurrencia.
- *Mitigación del riesgo*. Disminuirlo de tal forma que sea manejable, ya sea disminuyendo la magnitud del impacto o su probabilidad de ocurrencia. Existe una relación inversa entre costos y riesgo, por lo que se debe reducir el riesgo a un nivel aceptable y que sea económicamente viable.
- *Aceptación del riesgo*. Se aceptan aquellos riesgos que no se han podido evitar o transferir. En muchas ocasiones, algún nivel de riesgo persiste después de haber implementado una respuesta específica, por lo que deben ser aceptados y administrados para verificar que se mantienen dentro de los límites tolerables, estos riesgos se denominan como *riesgos residuales*.

El tipo de respuesta de un riesgo determinado depende de diversos factores como la naturaleza del riesgo (temporal, eventual, repetitivo, conocido o desconocido), la probabilidad de ocurrencia y la magnitud del evento, si es o no fácilmente controlable, los recursos de la empresa, los costos y beneficios de cada estrategia. El análisis costo-beneficio no es un buen criterio para basar en su totalidad la estrategia de respuesta a un riesgo, no se debe olvidar considerar factores como calidad del producto, impacto ambiental, reputación, etc.

Algunas estrategias de respuesta se diseñan para ser usadas únicamente si se producen determinados eventos, se denominan como planes de contingencia o planes de reserva. Para algunos riesgos, resulta apropiado para el equipo del proyecto elaborar un plan de respuesta que sólo se ejecutará bajo determinadas condiciones predefinidas, cuando se prevé que habrá suficientes señales de advertencia para implementar el plan.

Ante cada respuesta concluida para los riesgos identificados se analiza el área afectada, se asigna el responsable adecuado para su cumplimiento y un plan de respuesta con la metodología para enfrentar al riesgo.

De acuerdo a la NOM-018-STPS-2000 que determina el sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo, refiere como medidas básicas para trabajar en el sector químico, la señalización de la presencia de sustancias químicas, así como sus indicaciones del riesgo que presentan.

Las sustancias químicas peligrosas deben ser señalizadas e identificadas con el modelo rectángulo o modelo rombo a fin de proporcionar a los trabajadores información visual inmediata para prevenir daños a su salud y al centro de trabajo; su grado de riesgo se determina de acuerdo a los criterios y las características de la sustancia, especificados en la tabla IV-14. En cuanto a daños a la salud respecta, existen ciertas discrepancias respecto a las concentraciones letales en los diferentes modelos, por lo que cada razón social debe definir el modelo con el que se identificarán todas sus sustancias con la finalidad de evitar confusiones y adoptar un solo sistema; las concentraciones con el símbolo “□” representa al modelo rectángulo y el símbolo “◇” al modelo rombo, en las que no se aparezca ninguno de estos símbolos es porque es la misma concentración de referencia para aplicar a ambos modelos.

Grado de riesgo	Daños a la salud	Inflamabilidad	Reactividad
4	<p>Severamente peligroso. Por una o repetidas exposiciones puede amenazar la vida o causar un daño mayor o permanente. Corrosivo, con efectos irreversibles en la piel; extrema-damente irritante y que persiste más de 7 días.</p> <p>Concentraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oral DL₅₀ rata: <ul style="list-style-type: none"> □ hasta 1 mg/kg. ◇ ≤ 5 mg/kg. • Piel DL₅₀ conejo/rata: <ul style="list-style-type: none"> □ hasta 20 mg/kg. ◇ ≤ 40 mg/kg. • Inhalación CL₅₀ rata: <ul style="list-style-type: none"> □ hasta 0.2 mg/L o hasta 20 ppm. ◇ ≤ 0.5 mg/L o ≤ 1000 ppm. 	<p>Sustancias que vaporizan rápida o completamente a P_{atm} y a T_{amb} normal o que se dispersan con facilidad en el aire y que arden fácilmente, éstas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sustancias y gases inflamables. • <i>Cualquier líquido o sustancia gaseosa que es líquida a baja presión, y que tiene una T_{ignición} < 22.8°C y T_{eb} ≤ 37.8°C.</i> • Sustancias que arden al exponerse al aire o espontáneamente. 	<p>Con facilidad son capaces de detonar a T y P normales, se incluye a los materiales que son sensibles al choque térmico o al impacto mecánico a T y P normales.</p>
3	<p>Seramente peligroso. Lesión grave probablemente de atención rápida y tomar tratamiento mé-dico. Muy irritante o con efectos reversibles en piel o cornea (opacidad) que persisten más de 7 días.</p> <p>Concentraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oral DL₅₀ rata: <ul style="list-style-type: none"> □ de 20 a 50 mg/kg. ◇ de 5 a 50 mg/kg. • Piel DL₅₀ conejo: <ul style="list-style-type: none"> □ de 20 a 200 mg/kg. ◇ de 40 a 200 mg/kg. • Inhalación CL₅₀ rata 	<p>Líquidos y sólidos que pueden arder bajo casi todas las condiciones de T_{amb}, éstos incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Líquidos que tienen una T_{ignición} < 22.8°C y T_{eb} ≥ 37.8°C. • Líquidos que tienen una T_{ignición} ≥ 22.8°C y T_{eb} < 37.8°C. • Sustancias que de acuerdo a su forma física o a las condiciones ambientales pueden formar mezclas explosivas con el aire y que se dispersan con facilidad en el aire. • Sustancias que se queman con extrema rapidez, usualmente contienen oxígeno. 	<p>Sustancias que por sí mismas son capaces de detonación o descomposición o reacción explosiva, pero que requieren una fuente de iniciación o que deben ser calentadas bajo confinamiento antes de su iniciación, éstas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sustancias que son sensibles al choque térmico o impacto mecánico a temperaturas y presiones elevadas. • Sustancias que reaccionan explosivamente con el agua sin requerir calentamiento o confinamiento.

	<p>□ de 0.2 a 2 mg/L o de 20 a 200 ppm. ◇ de 0.5 a 2 mg/L o de 1000 a 3000 ppm</p>		
2	<p>Moderadamente peli-groso. Puede ocasionar lesión menor o temporal. Moderadamente irritante, reversible dentro de 7 días.</p> <p>Concentraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oral DL₅₀ rata: de 50 a 500 mg/kg. • Piel DL₅₀ conejo/rata: de 200 a 1,000 mg/kg. • Inhalación CL₅₀rata: <ul style="list-style-type: none"> □ de 2 a 20 mg/L o de 200 a 1,000 ppm. ◇ de 2 a 10 mg/L o de 3,000 a 5,000 ppm. 	<p>Sustancias que deben ser precalentadas moderadamente antes de que pueda ocurrir la ignición. No forman atmósferas peligrosas con el aire bajo condiciones normales pero a T_{amb} elevadas o con precalentamiento moderado, podrían liberar vapores en cantidades suficientes, éstas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Líquidos con T_{ignición} entre 37.8°C y 93.4°C. • Polvos que se queman con facilidad, pero que generalmente no forman atmósferas explosivas con el aire. • Fibras que se queman con facilidad y crean peligro de fuego, como el algodón. • Sólidos y semisólidos que despiden fácilmente vapores inflamables. 	<p>Sustancias que sufren con facilidad un cambio químico violento a temperaturas y presiones elevadas, éstas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sustancias que reaccionan violentamente con el agua o forman mezclas potencialmente explosivas con la misma.
1	<p>Ligeramente peligroso. Irritación o posible lesión reversible. Ligeramente irritante, reversible dentro de 7 días.</p> <p>Concentraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oral DL₅₀ rata: de 500 a 5,000 mg/kg. • Piel DL₅₀ conejo/rata: de 1,000 a 5,000 mg/kg. • Inhalación CL₅₀ rata: <ul style="list-style-type: none"> □ de 20 a 200 mg/L o de 2,000 a 10,000 ppm. ◇ de 10 a 200 mg/L o de 5,000 a 10,000 ppm. 	<p>Sustancias que deben ser precalentadas antes de que ocurra la ignición sin importar la T_{amb} a la que estén expuestas, éstas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sustancias que se quemarán cuando se expongan a una T de 815.5°C por máximo 5 minutos. • Líquidos, sólidos y semisólidos con una T_{ignición} ≥ 93.4°C. • Líquidos T_{ignición} > 35°C y que no son capaces de sostener una reacción en cadena. • Líquidos con T_{ignición} > 35°C en una solución acuosa. • Líquidos que no tienen punto de fuego cuando son probados por el método ASTM D 92 hasta la T_{eb} del líquido o hasta 	<p>Sustancias que por sí mismas son estables normalmente pero que pueden convertirse en inestables a ciertas temperaturas y presiones, éstas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sustancias que reaccionan vigorosamente con el agua, pero no violentamente. • Sustancias que cambian o se descomponen al exponerse al aire, la luz o la humedad.

		una temperatura en la cual muestra bajo prueba un cambio físico evidente.	
0	<p>Mínimamente peligroso. No significa un riesgo para la salud, no irritante.</p> <p>Concentraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oral DL₅₀ rata: <ul style="list-style-type: none"> □ ≥ 5,000 mg/kg. ◇ > 2,000 mg/kg. • Piel DL₅₀ conejo/rata: <ul style="list-style-type: none"> □ ≥ 5,000 mg/kg. ◇ > 2,000 mg/kg. • Inhalación CL₅₀ rata ≥ 200 mg/l o ≥ 10,000 ppm. 	<p>Sustancias que no se quemarán, éstas incluyen cualquier material que no se quemará en aire, cuando sea expuesto a una temperatura de 815.5°C durante un periodo mayor de 5 minutos.</p>	<p>Sustancias que por sí mismas son estables normalmente, aun bajo condiciones de fuego, éstas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sustancias que no reaccionan con el agua. • Sustancias que no exhiben una reacción exotérmica a temperaturas ≤ 500°C cuando son probadas por calorimetría.

Tabla IV-14. Criterios para determinar grado de riesgo de sustancias químicas peligrosas en modelo rombo y rectángulo.

Además, en el modelo rombo se identifican los riesgos especiales con las letras OXI para indicar la presencia de una sustancia oxidante; el símbolo W para indicar que una sustancia puede tener una reacción peligrosa al entrar en contacto con el agua; o de manera opcionalmente usar las letras o símbolos del equipo de protección personal. En cuanto al modelo rectángulo respecta, el equipo de protección necesario para trabajar con la sustancia en cuestión se especifica en su último recuadro por medio de letras de identificación (se pueden utilizar una o más letras) como se establece en siguiente tabla.

Letra de identificación	Equipo
A	Anteojos de seguridad.
B	Anteojos de seguridad y guantes.
C	Anteojos de seguridad, guantes y mandil.
D	Careta, guantes y mandil.
E	Anteojos de seguridad, guantes y respirador para polvos.
F	Anteojos de seguridad, guantes, mandil y respirador para polvos.
G	Anteojos de seguridad, guantes y respirador para vapores.
H	Goggles para salpicaduras, guantes, mandil y respirador para vapores.
I	Anteojos de seguridad, guantes y respirador para polvos y vapores.
J	Goggles para salpicaduras, guantes, mandil y respirador para polvos y vapores.
K	Capucha con línea de aire o equipo SCBA, guantes, traje completo de protección y botas.
X	Consulte con el supervisor las indicaciones especiales para el manejo de estas sustancias.

Tabla IV-15. Letras de identificación para equipo de protección personal para el modelo rectángulo.

Estos requerimientos no son los únicos a considerar si se ingresa al confinamiento, los específicos se verán en el siguiente capítulo.

Las Naciones Unidas (ONU) en el 2003 adoptaron el Sistema Globalmente Armonizado (GHS, “Global Harmonized System”) para la clasificación y etiquetado de productos químicos que incluye los criterios para la clasificación de peligros a la salud, físicos y ambientales, así como para especificar qué información debe incluirse en las etiquetas de químicos peligrosos y en hojas de datos de seguridad. Y aunque el sistema no es de obligatorio en el país, diversas empresas lo ocupan con el objetivo de mantener la misma nomenclatura mundial cuando son exportadores o aspiran a serlo.

Las sustancias químicas que se obtienen como residuos, se clasifican por medio del CRETIB de acuerdo a la NOM-052-SEMARNAT-2005 que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos. El CRETIB es el acrónimo de clasificación de las características a identificar en los residuos peligrosos y que significa:

- **Corrosivo.** Cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:
 - Líquido acuoso que presenta un $\text{pH} \leq 2$ o $\text{pH} \geq 12.5$.
 - Sólido que cuando se mezcla con agua destilada presenta un $\text{pH} \leq 2$ o $\text{pH} \geq 12.5$.
 - Líquido no acuoso capaz de corroer el acero al carbón, tipo SAE 1020, a una velocidad de 6.35 milímetros o más por año a una temperatura de 328 K (55°C).
- **Reactivo.** Cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:
 - Líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el aire se inflama en un tiempo menor a cinco minutos sin que exista una fuente externa de ignición

- Cuando se pone en contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables en una cantidad mayor de 1 litro por kilogramo del residuo por hora.
- Es un residuo que en contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor.
- Si posee en su composición cianuros o sulfuros que se puedan liberar al exponerse a condiciones ácidas generando gases en cantidades mayores a 250 mg de ácido cianhídrico por kg de residuo o 500 mg de ácido sulfhídrico por kg de residuo.
- Explosivo. cuando es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de ignición. Esta característica debe determinarse mediante el conocimiento del origen o composición del residuo.
- Tóxico. Cuando una sustancia rebasa su valor límite máximo de exposición de acuerdo a lo recabado en la tabla III-10.
- Inflamable. Cuando una muestra representativa presenta cualquiera de las siguientes propiedades:
 - Líquido o una mezcla de líquidos que contienen sólidos en solución o suspensión con un punto de inflamación inferior a 60.5°C, medido en copa cerrada.
 - No es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C.
 - Es un gas que a 20°C y una presión de 101,3 kPa, arde cuando se encuentra en una mezcla del 13% o menos por volumen de aire, o tiene un rango de inflamabilidad con aire de cuando menos 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad.
 - Es un gas oxidante que puede causar o contribuir más que el O₂ del aire, a la combustión de otro material.
- Biológico infeccioso. Cualquier microorganismo capaz de producir enfermedades cuando está presente en concentraciones suficientes, en un ambiente propicio, en un hospedero susceptible y en presencia de una vía de entrada.

Al implementar los planes de respuesta asignados a cada riesgo conlleva al último paso de la evaluación de riesgos para la actividad requerida.

4.2.3. CONTROLAR Y MONITOREAR LOS RIESGOS.

Controlar los Riesgos es el proceso de implementar los planes de respuesta, dar seguimiento a los riesgos identificados, monitorear los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos.

El proceso de Controlar los Riesgos puede implicar la selección de estrategias alternativas, la ejecución de un plan de contingencia o de reserva, la implementación de acciones correctivas y la modificación del plan de respuesta. De hecho, controlar los riesgos no es un proceso que finalice con el ciclo de vida de la actividad, sino que debe monitorearse en lapsos programados de tiempo para detectar riesgos nuevos, sus cambios o si se tornan obsoletos.

La finalidad de este proceso es monitorear y controlar los riesgos iniciales, residuales y secundarios, se identifican nuevos riesgos y sus cambios, valorar la efectividad de los planes contra riesgos, evaluar si se respetan las políticas y procedimientos, determinar si las reservas para contingencias de costo o tiempo deben modificarse para adaptarlas a la evaluación de riesgos actuales.

La importancia del monitoreo del riesgo impacta en cuidar las variables y sus riesgos asociados continuamente dentro de niveles aceptables por cambios que se pudieran presentar, es decir, la supervisión de la evolución de los riesgos a través del tiempo, además permiten analizar las tendencias de sus variables. Por ejemplo, en el caso de confinamientos, se toman muestras de las concentraciones presentes en ella previa a la entrada, sin embargo, se monitorean durante el trabajo. Esta vigilancia ayudará a tomar decisiones correctas en el momento adecuado.

Al controlar los riesgos es importante considerar: Emplear el plan de riesgos como guías para coordinar el trabajo en el confinamiento y evaluar sus riesgos, vigilar y actualizar el plan de riesgo, promover la participación de los miembros del equipo comunicándoles el proceso de control de riesgos y fomentación la participación. Algunos beneficios del Control de Riesgos, son:

El Control de Riesgos permite al administrador de riesgos conocer en todo momento la situación de los riesgos, facilitando el análisis de las estrategias y tácticas para enfrentarlos para tomar decisiones a tiempo con justificación de los ajustes requeridos. Las respuestas del control de riesgos se pueden simplificar en el siguiente diagrama.

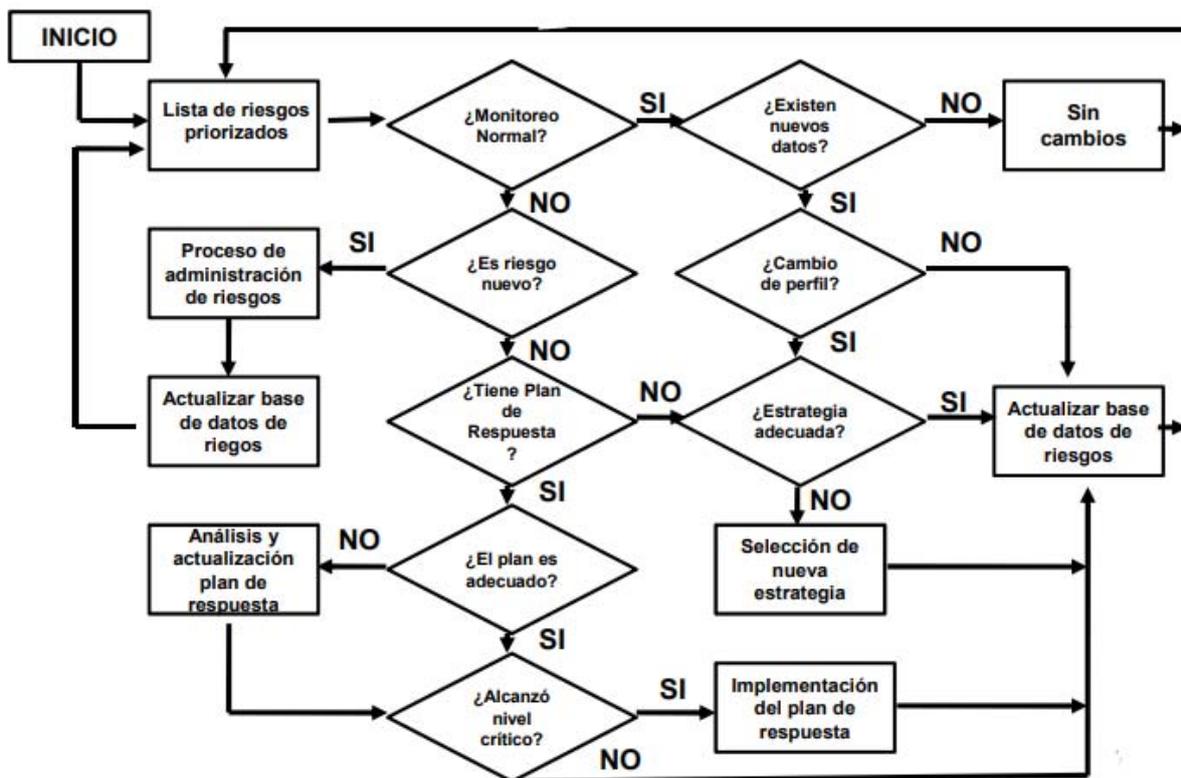


Ilustración IV-5. Diagrama de respuestas para el control de riesgos.

4.3. ACCIDENTES VERIDICOS EN ESPACIOS CONFINADOS.

Con la finalidad de recabar experiencias de accidentes en espacios confinados para su mejor comprensión y evaluación, a continuación se exponen algunos casos. Los detalles de equipo de seguridad y de medición se verán en los capítulos posteriores.

- 1 de Febrero de 2002 en Barrancabermeja, Colombia.

En una planta de etileno II de Ecopetrol se realizó una parada programada para el mantenimiento de posibles fugas en equipos dentro de la caja fría, por lo que era necesario retirar el relleno de perlita usada para aislar térmicamente los equipos. Esto se llevaría a cabo en dos fases: La primera, retirar

el material por gravedad por medio de una tubería conectada al costado inferior de la caja y cuando el nivel del material fuera insuficiente, se pasaría a la segunda fase, ingresar personal a la caja fría con el fin de forzar la salida del sólido por el mismo ducto.

La primera fase se ejecutó sin dificultades, no obstante, las personas asignadas en la segunda fase resultaron afectadas. A tal labor se asignaron tres personas, de las cuales solo una de ellas ingresaría al espacio confinado para movilizar la perlita y las otras dos permanecerían en la entrada de éste para colaborar y controlar la misión.

El trabajador que ingreso al confinamiento usó como equipo de seguridad: Sistema de aire fresco, línea de vida a sostenida a un cinturón, botas, casco, overol y guantes. Durante el tiempo que realizaba los trabajos, el sistema de aire fresco se detuvo, al percatarse, el trabajador intento desalojar el espacio pero mientras ascendía por las escaleras, sufrió un desmayo, cayendo y quedando atascado entre una tubería y un soporte, lo que imposibilitó sacarlo con el lazo que llevaba atado al cinturón. Ante esta situación, el Supervisor se alistó con el equipo de escape de emergencia, un sistema de respiración portátil, y bajo a apoyar al trabajador que se encontraba atascado, tras varios minutos logró liberarlo de los tubos que lo retenían pero al agotarse el suministro de aire, el Supervisor también desmayó. Al percatarse de esto, otro trabajador se colocó una mascarilla de doble filtro para polvos e ingreso al confinamiento, sin embargo, a los pocos segundos, también se desmayó.

Tras varios minutos, se logró sacar al primer trabajador con la línea de vida, que al ser atendido, se recuperó satisfactoriamente. Sin embargo, los otros dos colaboradores, al no traerla, dificultaron la labor de rescate, quedando en el confinamiento por más tiempo sin suministro de aire, éstos trabajadores llegaron al centro médico de la empresa sin signos vitales, ni respondieron a la reanimación, falleciendo por sofocamiento.

Se pueden identificar como causas del fallecimiento de los trabajadores a la falta de equipo adecuado y autoridad sin adiestramiento. Los trabajadores deben usar arneses al utilizar línea de vida, el equipo respiratorio debe ser suficiente y adecuado para supervisores y personal que va a ingresar al confinamiento. El tercer trabajador tenía la capacidad de sacar al primero por medio de la línea de vida, ya que ya no se encontraba atascado.

- 5 de Noviembre de 2005 en la Ciudad de Delaware, EE.UU.

En la refinería de Valero se realizaban trabajos de mantenimiento, se removió un codo de la tubería en la parte superior del reactor R-01, en éste se ingresaba nitrógeno. Se creó una abertura rodeada de pernos de acero en la parte superior del tanque, por el cual salía cierta concentración de nitrógeno y aunque los trabajadores colocaron cintas de precaución en la zona, no se especificaba el riesgo asociado.

Posteriormente, los contratistas recibieron el permiso de trabajo para reinstalar el codo de tubería pero éste no especificaba el contenido del reactor. Al preparar el área para trabajar, se percataron de la presencia de un rollo de cinta adhesiva dentro del reactor, a un metro y medio de distancia hacia abajo, lo cual significaba un problema para pasar la inspección de limpieza requerida y no podrían instalar el codo de tubería hasta que se quitara de ahí, sin embargo, ingresar al reactor para extraer la cinta, requería de otro personal entrenado y un permiso para entrar al confinamiento. Los trabajadores pensaron que el proceso demoraría demasiadas horas y el trabajo se había programado para finalizar en ese mismo turno (nocturno), además se encontraba disponible momentáneamente la grúa que levantaría el codo para ponerlo en su lugar.

Para evitar la demora, uno de los trabajadores intentó enganchar la cinta con un alambre largo y flexible, posicionándose cerca de la abertura, al no lograrlo, el trabajador se acercó más y se sentó en el borde la abertura con las piernas colgando hacia adentro del confinamiento. No se sabe a ciencia cierta el acontecimiento, es incierto si el trabajador decidió entrar rápidamente al reactor para sacar la cinta (confiando en que su compañero lo ayudaría a salir) o si su inclinación al sentarse en el borde lo hizo respirar la atmosfera casi carente de oxígeno provocando que se cayera al interior del reactor pero otros dos compañeros al percatarse del suceso, introdujeron una escalera y uno de los colaboradores ingreso, al no tener equipo de respiración autónomo, también se desmayó.

El contratista que se encontraba fuera reporto el suceso, los rescatistas al llegar tomaron lectura de la atmosfera confinada, la cual declaro una atmosfera con menos del 1% v/v de O₂. Con el equipo de protección adecuado sacaron a los trabajadores después de casi diez minutos de que el primer trabajador había caído inconsciente al reactor, sin embargo, los trabajadores no sobrevivieron.

Ciertamente, los trabajadores no mostraron capacitación de buenas prácticas o haber sido alertados adecuadamente sobre los peligros asociados. Posterior al accidente, se colocó una barrera alrededor del área con un letrero que decía “Purga de Nitrógeno en operación, atmosfera deficiente de oxígeno, no avance sin autorización”.

- 17 de junio de 2007 en Kansas, EE.UU.

En las instalaciones de Barton Solvents un camión cisterna llevo al área de almacenamiento para transferir Nafta a uno de los tanques, un líquido regularmente volátil e inflamable no conductivo que tiende a acumular electricidad estática. En los tanques de almacenamiento de quince toneladas se encontraba un instrumento de medición de nivel de líquidos sostenida por una cinta de metal que estaba puesta a tierra, suspendida de poleas y conectada a un flotante de metal por un sistema de conexión flexible dentro del tanque; ésta conexión presentaba un peligro durante el llenado del tanque, el solvente se bombeaba por medio de tres compartimientos del camión cisterna hacia al tanque pero cuando se cambiaba la manguera de un compartimiento a otro, ingresaba aire por la línea, creando burbujas y turbulencias dentro del tanque.

Una carga eléctrica estática se acumuló en el líquido no conductivo, generando gases explosivos. La turbulencia del líquido provoco el movimiento del flotante hasta que aflojo la cinta de metal y acumuló una carga eléctrica también, después de un tiempo este sistema origino una chispa de electricidad estática provocando así, que la mezcla inflamable se encendiera explosivamente. El estallido sacó volando parte del tanque de almacenamiento, el fuego se propagó rápidamente y varios tanques aledaños explotaron también, saliendo disparadas escombros del equipo a los alrededores de la planta.

Al trabajar con este tipo de sustancias se recomienda purgar tanques de almacenamiento con algún gas inerte para remover el oxígeno y disminuir el riesgo de inflamabilidad, agregar agentes antiestáticos a líquidos no conductivos y bombearlos despacio.

Capítulo 5. EQUIPOS DE DETECCIÓN Y MONITOREO.

5.1. DEFINICIÓN.

Como se ha destacado en el capítulo anterior, los espacios confinados representan un riesgo importante de salud y de seguridad para los trabajadores. El saber reconocer el tipo de atmosfera peligrosa a la que se enfrenta de manera apropiada y certera, para planear apropiadamente el trabajo a realizar, puede ser la diferencia entre un trabajo bien hecho y una catástrofe.

El control de los riesgos específicos por atmósferas peligrosas se lleva a cabo por medio de mediciones ambientales con el empleo de instrumental adecuado (por lo general de lectura directa) con el fin de adoptar las medidas preventivas correspondientes para el ingreso al espacio confinado, ya sea con la preparación del confinamiento para “inertizar” la atmosfera ante los riesgos atmosféricos o realizando una selección adecuada de equipo de protección personal (capítulo 6).

Las mediciones deben efectuarse previamente a la realización de los trabajos y de forma continuada mientras se realicen éstos, ya que pueden producirse variaciones de la atmosfera. Las mediciones previas deben efectuarse desde el exterior o desde una zona segura, en el caso de no poder alcanzar desde el exterior la totalidad del espacio se deberá ir avanzando paulatinamente y con las medidas preventivas necesarias, ubicando especialmente los rincones en los que se pueda acumular alguna sustancia contaminante y asegurar la renovación de dicho sitio. En el monitoreo continuo de determinados parámetros, es aconsejable utilizar monitores de gases de alarma personal, que son de menor tamaño y peso, fácil de usar y bajo costo.

5.2. DETECCIÓN Y MONITOREO DE ATMOSFERAS PELIGROSAS.

Los equipos de detección utilizan diferentes tipos de sensores según el tipo de gas o vapor que se desea medir. Actualmente en el mercado existen modelos para medir la concentración de distintas sustancias, entre las que se destacan, oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico, amoníaco y compuestos orgánicos volátiles (COV's).

El equipo de detección debe ser de lectura directa, contar con alarma de peligro por la detección de una atmósfera peligrosa, estar protegido contra emisiones electromagnéticas o interferencias de radiofrecuencia y ser a prueba de explosión o intrínsecamente seguro.

Cuando el confinamiento sea determinado como Tipo I, a al menos uno de los trabajadores que laboren simultáneamente se le dotará de equipos portátiles para detectar deficiencia de oxígeno, atmósferas inflamables o explosivas, y concentración de contaminantes del ambiente laboral químicos. Si el confinamiento se determina Tipo II, se les deberá proporcionar a todos los trabajadores y obligatoriamente el muestreo y monitoreo debe ser continuo.

Se seleccionará el equipo en base a los posibles gases y vapores existentes en la atmósfera peligrosa a medir, cumpliendo estrictamente con las normas de funcionamiento y mantención explicitadas por el fabricante, considerando inclusive la adquisición de gases patrones para el ajuste de éstos.

La muestra inicial se tomará desde el exterior del confinamiento (por un orificio de drenaje u otro puerto pequeño de entrada) y previo a iniciar con los trabajos programados, se deberá evaluar las muestras de por lo menos, la parte superior, media y fondo del espacio confinado, esto debido a la densidad de los posibles gases, algunos pueden permanecer en el fondo del confinamiento, y otros, al ser similares al aire, pueden ser encontrados en concentraciones variadas a través del espacio confinado.

Los resultados de la prueba atmosférica tendrán un impacto directo en la selección del equipo de protección necesaria para las tareas en el espacio confinado, los cuales serán analizados en el siguiente capítulo.

Los instrumentos de lectura directa se clasifican en instrumentos de solo gas o instrumentos multigas, es decir, típicamente monitorean una o la combinación de las siguientes condiciones atmosféricas:

- Deficiencia o enriquecimiento de oxígeno
- Presencia de gas combustible.
- Presencia de gases tóxicos.

Dependiendo de las capacidades del instrumento, el monitoreo se puede hacer simultáneamente para oxígeno y gas combustible, o para oxígeno, gas combustible, y gases tóxicos. Los instrumentos que llevan a cabo este tipo de monitoreo, son comúnmente conocidos como detectores multigas.

En los casos en que se tenga (sin posible error) identificados los contaminantes existentes, se puede utilizar detectores de sustancia específica:

5.2.1. MONITORES PARA PORCENTAJE DE OXÍGENO.

El porcentaje de oxígeno debe mantenerse entre 19.5 y 23.5%. Si se encuentra por debajo de este límite es perjudicial para la salud del trabajador, ya que, dificulta su respiración. Y por encima del límite, aumenta considerablemente el riesgo de explosión en presencia de sustancias inflamables. Si no es factible mantener este nivel con aporte de aire fresco, deberá realizarse el trabajo con equipos respiratorios semiautónomos o autónomos, según el caso.

En la actualidad existe una gran variedad de tecnologías y equipos utilizados en la detección de ambientes deficientes o enriquecidos de oxígeno. Estos detectores tienen en su configuración básica un sensor que permite la medición de la concentración de oxígeno que se encuentra en el aire, generalmente sobre un rango de 0 a 25%. La concentración puede disminuir debido a su desplazamiento por otro gas, el cual puede presentar características tóxicas, indicando con ello que se deben tomar medidas preventivas.

En la actualidad los equipos de detección de atmósferas inflamables (explosímetros) suelen llevar incorporado sistemas de medición del nivel de oxígeno.

5.2.2. MONITORES DE GAS COMBUSTIBLE.

La medición de sustancias inflamables en aire se efectúa mediante explosímetros o detectores de explosividad, equipos capaces de determinar el porcentaje del límite de un gas o vapor específico presente en un ambiente. Es necesario aclarar que este tipo de equipo no mide el porcentaje del gas o vapor en el aire sino que el porcentaje de éste en relación al límite inferior de explosividad LIE. Esto quiere decir, que cuando el equipo indique el 100% se ha llegado o superado el límite del gas o vapor, por lo que deberá mantenerse por debajo del 10% para encontrarse en condiciones aceptables de trabajo.

Los explosímetros son equipos calibrados respecto a una sustancia inflamable patrón. Cuando la medición de la sustancia es diferente a ésta, se compara y dispone por medio de gráficas aportadas por el proveedor para identificar la conversión equivalente del dato de lectura y así, obtener el valor de la concentración de la sustancia objeto de la medición.

Los equipos deben disponer de sensor regulado para señalar visual y acústicamente cuando se alcanza el 10%, 20% y 25% del límite inferior de inflamabilidad (LII) y/o explosividad (LIE). El rango para laboral en el confinamiento es cuando se encuentra menor que el 10% del límite inferior, por encima de éste, empieza a representar un riesgo inminente a la salud de los trabajadores y a medida que se eleva, refleja un riesgo grave, recordando que en el límite inferior es la concentración mínima de vapor o gas en mezcla con el aire necesaria para producir un incendio o explosión al ponerse en contacto con una fuente de ignición, por lo que, mientras se efectúen mediciones o trabajos previos desde el exterior de espacios con posibles atmósferas inflamables hay que vigilar minuciosidad la existencia de focos de ignición en las proximidades de la boca o dentro del recinto.

5.2.3. MONITORES DE GASES TÓXICOS.

Son dispositivos compactos, que miden los niveles de monóxido de carbono (CO), ácido sulfhídrico (H₂S) u otros gases de interés, dependiendo del modelo seleccionado. La mayoría de los monitores de gas tóxico usan celdas electroquímicas, el gas de interés que entra a la celda produce una reacción de salida proporcional a la cantidad de gas en la muestra. Las alarmas sonoras y visual, sonarán si las concentraciones de gas exceden los niveles programados.

De acuerdo al gas o vapor tóxico que se espera encontrar en un confinamiento, se utilizan detectores específicos en función de la instalación o trabajo, típicamente CO, CO₂, H₂S y SO₂.

Para atmósferas tipo I con concentración menor al 0.5 del límite máximo permisible de exposición (LMPE) y para trabajos de corta duración, se emplea mascarillas buconasales para contaminantes olfativamente detectables.

5.3. PREPARACIÓN DEL CONFINAMIENTO ANTE ATMOSFERAS PELIGROSAS.

5.3.1. ESPACIO CONFINADO AISLADO.

Al realizar trabajos en el interior de espacios confinados debe asegurarse que éstos estén totalmente aislados y bloqueados ante posibles riesgos, es decir, bloquear válvulas necesarias para asegurar el confinamiento del suministro de sustancias indeseables, ya sea por pérdidas o fugas provenientes de líneas conectadas a éste, así como el desalojo de ellas previo a la labor, cortar el suministro energético no necesario para la puesta en marcha de elementos mecánicos, etc.

Estas variables se controlan a través de sistemas de enclavamiento o interlocks inviolables que permiten trabajar en mantenimiento, manteniendo cerrados o apagados sistemas energéticos o de flujo, los cuales deben estar a cargo del personal responsable de las herramientas de desbloqueo. La utilización de bridas ciegas en líneas también permite aislar la unión e interrumpir el flujo, actuando como sello cuando alguna de las partes se desinstala.

Complementariamente a tales medidas preventivas es necesario señalar con información clara y permanente que se están realizando trabajos en el interior de espacios confinados y los correspondientes elementos de bloqueo no deben ser manipulados por personal no autorizado.

5.3.2. ESPACIO CONFINADO VENTILADO.

La ventilación es una de las medidas preventivas fundamentales para asegurar la inocuidad de la atmósfera interior en los casos en las que se encuentre un ambiente inflamables, tóxico o cuyo nivel de oxígeno sea deficiente o enriquecido, tanto previa a la realización de los trabajos o durante éstos para la renovación continua del ambiente, asegurando así, que las concentraciones de sustancias indeseables se encuentren dentro de los límites permisibles.

La ventilación antes del ingreso para trabajar debe ser hasta el grado que sea necesario para reducir las sustancias inflamables y tóxicas a niveles aceptables y para proporcionar un contenido apropiado de oxígeno dentro del espacio. La ventilación durante la labor depende de la naturaleza del espacio, su contenido y las operaciones que se vayan a realizar dentro de éste.

En un confinamiento no hay ventilación natural adecuada, por lo que es preciso recurrir a ventilación forzada. Esto nunca debe de hacerse con oxígeno puro, aunque el confinamiento haya sido clasificado como carente de este. El oxígeno puede reaccionar violentamente con otros materiales en la atmosfera presente en el confinamiento o provocar un alto riesgo de incendio y/o explosión en presencia de sustancias inflamables.

El caudal de aire a aportar y la forma de hacerlo está en función de las características del espacio, del tipo de contaminante y del nivel de contaminación existente; puede ser:

- **Ventilación por difusión.**

Se utiliza cuando la fuente de contaminación no es puntual y se encuentra distribuida en el confinamiento. El flujo de ventilación (soplado o extracción) se determina de manera cuidadosa con la finalidad de que el barrido y renovación del aire sea el adecuado para la eliminación una atmosfera peligrosa, ya sea inflamable, tóxica o carente de oxígeno.

En la mayoría de los casos, por presencia de gases de mayor densidad que la del aire, se recomienda extraerlos por medio de la introducción del tubo de extracción hasta el fondo del recinto posibilitado que la boca de entrada permita el ingreso natural del aire.

En cambio si se trata de sustancias de densidad similar o inferior a la del aire será recomendable ingresar aire al fondo del recinto facilitando la salida del gas indeseable por la parte superior.

- **Ventilación por extracción localizada.**

Este sistema de ventilación elimina los contaminantes mediante extracción localizada, en el que un sistema local de extracción de aire con un arreglo tipo campana se coloca cerca del punto del trabajo donde se generan los contaminantes, los lleva hasta el ducto del sistema y los saca del ambiente de trabajo. Este procedimiento se utiliza siempre y cuando la fuente de contaminación sea puntual e identificada, ya que actúa directamente sobre la fuente emisora, impidiendo que se difunda por el ambiente. Los sistemas de ventilación por extracción localizada se componen de los siguientes elementos básicos:

- *Campana.* Conducto de extracción del contaminante.
- *Conducto.* Tubería guía de corriente de venteo, generalmente construidos de acero galvanizado.
- *Ventilador.* Unidad que aporta energía para producir las corrientes de aire en el interior de los conductos.
- *Purificador.* Equipo separador del contaminante para evitar su difusión a la atmosfera. Filtros, torres de lavado.

Al ventilar atmosferas inflamables se debe examinar que los equipos utilizados sean seguros y específicos para tales sustancias, que se encuentren debidamente aislados y conectados a tierra, según corresponda, para controlar la acumulación de electricidad y descargas.

Capítulo 6. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP).

6.1. DEFINICIÓN.

Dado el cúmulo de accidentados en recintos confinados, el acceso por parte de trabajadores a espacios confinados se debe realizar considerando la protección de éstos frente a los diversos riesgos de tipo general que puedan existir, seleccionándose los elementos de protección personal adecuados al trabajo que se deba realizar considerando un programa de capacitación y mantenimiento del mismo.

Los elementos de protección personal son aquellos equipos, aparatos o dispositivos especialmente fabricados para preservar el cuerpo humano, evitando el contacto directo con factores de riesgo que le pueden ocasionar una lesión o enfermedad.

6.2. CLASIFICACIÓN.

Los equipos de protección personal pueden ser con diferentes grados de protección y se clasifican en la protección a las regiones anatómicas: sistema auditivo, respiratorio, visual y corporal, este último incluye las extremidades, cabeza y tronco (ropa y accesorios). A continuación se presenta como guía, la selección y el control de las protecciones personales de los elementos recomendables ante el riesgo en función de la actividad del trabajador.

6.2.1. EQUIPO DE PROTECCIÓN AUDITIVA.

Son los elementos de protección personal cuyas propiedades de atenuación sonora para prevenir los efectos dañinos en el órgano de la audición, reduciendo los niveles de presión sonora que llegan al oído. Estos pueden ser desde tapones hasta orejeras con acolamientos especializados.

6.2.1.1. TAPONES.

Los tapones son los protectores auditivos que se introducen en los conductos auditivos o que los cubren, para bloquear su entrada, no son recomendables para personas que han padecido o padecen de otitis. En algunos casos los tapones se unen con un cordón o con un arnés (Ilustración 6.1), pueden ser desechables o reutilizables.



Ilustración 6.1. Tapones moldeables (A), premoldeados (B) y con arnés (C).

6.2.1.2. OREJERAS.

Las orejeras son los protectores auditivos compuestos por un arnés y un par de copas diseñadas para cubrir cada pabellón auditivo (orejas), pueden estar diseñadas para acoplarse a otros EPP's.



Ilustración 6.2. Orejeras con arnés universal (A), sujeta a nuca (B), sujeta a barbilla (C), acoplable a casco (D) y con sistema de comunicación (E).

6.2.1.3. SELECCIÓN DE EQUIPO DE PROTECCIÓN AUDITIVA.

En los espacios confinados es importante que el equipo que se introduzca sea meramente lo necesario y lo más ligero posible para asegurar la comodidad y agilidad del individuo relacionado, que a su vez, garantiza que se use el EPP en todo momento. En especial, en espacios muy reducidos es adecuado el uso de tapones. Sin embargo, la selección de EPA depende otros factores, como son la presión sonora a la que se exponga el trabajador, las condiciones ambientales y demás riesgos que impliquen el uso de otros EPP's. Por ejemplo las orejeras atenúan con mayor facilidad el sonido que los tapones, las especificaciones están dadas en los manuales de los proveedores. Sin embargo, es importante considerar que el protector auditivo no funja como impedimento en la comunicación durante el trabajo. En los casos en que el ruido sea excesivo y requiera el uso de orejeras, se puede considerar que tengan sistema de comunicación (Ilustración 6.2-E).

En labores que exponen a altas temperaturas o humedad excesiva, pueden generar sudoración abundante en la zona recubierta por las orejeras, en estos hechos, es preferible la utilización de tapones. Si no es factible la utilización de tapones, se recomienda usar orejeras con almohadillas rellenas de líquido; si se utilizan almohadillas rellenas con espuma, se recomienda recubrirlas con un material absorbente al sudor, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

En los trabajos con polvo y suciedad en que se utilizan tapones reutilizables, existe riesgo de infección en el oído, por este motivo es recomendable la utilización de tapones desechables. Si se utilizan orejeras en ambientes con polvo, puede acumularse una capa entre la almohadilla de la orejera y la piel, lo que puede causar irritación.

La presencia de agentes químicos puede generar la contaminación del protector auditivo, generando irritaciones o abrasiones en la piel, por lo que es recomendable el uso de orejeras.

En el mercado se encuentra diversidad de orejeras con compatibilidad a otros EPP's, como se mencionó el sistema de comunicación, también pueden ser acoplables a casco de protección (Ilustración 6.2-D) que puede poseer propiedades dieléctricas en los casos que se exponga a agentes eléctricos. Debe considerarse que la orejera se debe utilizar con el o los modelos de cascos que fueron certificados. En el caso de utilizar orejeras no acoplables, éstas pueden ser de posición única o universal pero utilizada detrás de la nuca o bajo la barbilla (Ilustración 6.2-B y C respectivamente), en conjunto con la cinta de cabeza para ayudar a su correcto ajuste. Estas también se utilizan para no interferir ante protección ocular, respiratoria y/o pantallas faciales.

6.2.2. EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA APARATO RESPIRATORIO.

La protección respiratoria incluye los dispositivos, aparatos, equipos o grupo de ellos que protege el sistema respiratorio de atmósferas no respirables, ya sea purificando el aire o por medio del suministro del mismo.

6.2.2.1. EQUIPOS PURIFICADORES DE AIRE.

Se denominan respiradores purificadores de aire a los equipos diseñados para usarse como protección respiratoria en atmósferas con agentes químicos o partículas contaminantes, tales como polvos, humos y neblinas, que no son inmediatamente peligrosos para la vida o la salud, y que contienen el oxígeno adecuado para mantener la vida. Existen de dos tipos:

- **Respiradores de presión negativa.**

Resultante de la presión negativa contra partículas nocivas presentes en el ambiente laboral, retienen las partículas a través de los elementos filtrantes purificadores de aire, con motivo de su introducción mediante la inhalación del usuario.



Ilustración 6.3. Mascarilla autofiltrante (A), media máscara (B) y máscara completa con filtros (C).

La pieza facial es la parte de la protección respiratoria que cubre la boca y la nariz (Ilustración 6.3-A y B) o cubre el rostro completo (Ilustración 6.3-C) y debe ser fabricada de modo que se ajuste a la cara del usuario proporcionando hermeticidad al ingreso de gases específicos y/o partículas dispersas.

De acuerdo con la NOM-116-STPS-2009, “Seguridad - Equipo de protección personal - Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas”, los filtros se clasifican de acuerdo a su capacidad de retención y límite de capacidad filtrante de la siguiente manera:

- *Filtros clase N:*

El uso de estos filtros está restringido a atmósferas libres de aerosoles (o neblinas) de aceite³.

Pueden utilizarse para cualquier partícula peligrosa suspendida en el aire, líquida o sólida, que no contenga sustancias aceitosas. Por lo general estos filtros podrían ser utilizados y reutilizados tomando únicamente en consideración condiciones de higiene, deterioro y aumento en la resistencia para respirar.

Su nivel de eficiencia mínima se determina mediante el ensayo con aerosol de NaCl, existen tres tipos filtros de partículas N90 (eficiencia mínima del 90%), N95 (eficiencia mínima del 95%) y N100 (eficiencia mínima del 99.97%).

³ Sustancia aceitosa: Cualquiera de las numerosas sustancias minerales, vegetales y sintéticas, y grasas de origen animal o vegetal que son generalmente resbaladizas, combustibles, viscosas, líquidas o licuables a temperatura ambiente, solubles en distintos solventes orgánicos tales como éter, pero no en agua.

- *Filtros clase R:*

Es un filtro diseñado para la remoción de cualquier tipo de partícula, incluyendo aerosoles (o neblinas) líquidos con base de aceite. Pueden utilizarse para cualquier tipo de partícula peligrosa suspendida en aire. Si se usan en una atmósfera con aceite, los filtros serie R deben utilizarse durante un máximo de ocho horas.

Su nivel de eficiencia mínima se determina mediante el ensayo con parafina o maíz grado reactivo, puro y frío, existen tres tipos filtros de partículas R90 (eficiencia mínima del 90%), R95 (eficiencia mínima del 95%) y R100 (eficiencia mínima del 99.97%).

- *Filtros clase P:*

Son filtros diseñados para la remoción de cualquier tipo de partículas, incluyendo aerosoles (o neblinas) líquidos con base de aceite y no tienen limitantes de tiempo de uso más que los marcados por saturación del filtro. Pueden utilizarse para cualquier tipo de partícula peligrosa suspendida en aire, líquida o sólida.

Los fabricantes suelen establecer un tiempo máximo de uso recomendable para sus filtros tipo P, por lo general, recomiendan sean usados y reutilizados por no más de 40 horas de uso o 30 días, lo que suceda primero, salvo que el filtro necesite ser cambiado por razones higiénicas, esté dañado o se torne difícil respirar antes de que se cumpla el tiempo de uso límite. O cuando se utilicen en atmósferas libres de aerosoles (o neblinas) de aceite, podrían ser utilizados y reutilizados tomando únicamente en consideración condiciones de higiene, deterioro y aumento en la resistencia para respirar.

Su nivel de eficiencia mínima se determina mediante el ensayo con parafina o maíz grado reactivo, puro y frío, existen tres tipos filtros de partículas P90 (eficiencia mínima del 90%), P95 (eficiencia mínima del 95%) y P100 (eficiencia mínima del 99.97%).

- ***Respiradores de presión positiva.***

Son los equipos que apoyan el flujo del aire a través del medio filtrante por un motor-ventilador, es decir, respiradores motorizados. Se conocen en el mercado como PAPR “Powered Air Purifying Respirators” (Ilustración 6.4) y están compuestos por mascarar de rostro completo, filtro y motor que se coloca en la cintura como cinturón.



Ilustración 6.4. Respirador motorizado (PAPR).

6.2.2.2. EQUIPOS SUMINISTRADORES DE AIRE.

Son los equipos que proporcionan aire de calidad respirable desde una fuente externa no contaminada. Se pueden clasificar de acuerdo al método por el cual el aire respirable es suministrado:

- **Equipos autónomos:**

Se conocen también como equipos de respiración autocontenida, son los equipos que incluyen la fuente suministradora de aire con calidad respirable, es decir, es transportado por el trabajador. Pueden ser de circuito cerrado o abierto.



Ilustración 6.5. Equipo autónomo de circuito cerrado (A) y abierto (B).

Los de circuito cerrado (Ilustración 6.5-A) hacen recircular el aire exhalado por el equipo para ser regenerado, ya sea que contengan algún absorbente de CO_2 como un cartucho de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e inyecte oxígeno puro en la proporción necesaria o el CO_2 sea transformado el oxígeno. Los equipos de circuito abierto (Ilustración 6.5-B) liberan directamente a la atmósfera el CO_2 en lugar de recircularlo y aportan por medio de un tanque de aire comprimido colocado como espaldera.

- **Equipos semi-autónomos:**

Los equipos autónomos o no autónomos son aquellos en las que, el aire es suministrado desde una atmósfera no contaminada con o sin la asistencia de un compresor por medio de una línea de aire, en lugar de ser transportado por el trabajador. Su desventaja es que, si el suministro de aire falla por cualquier circunstancia (falla del compresor, rotura de manguera, etc.) el usuario queda sin protección respiratoria y podría no escapar del ambiente peligroso. Además, la longitud del tubo lo limita a una distancia fija de la fuente de suministro de aire. Su ventaja es que el suministro de aire puede ser ilimitado.

Los equipos semi-autónomos dotan el aire con calidad respirable desde una fuente estacionaria (Ilustración 6.6-A) o desde un área no contaminada (Ilustración 6.6-B) por medio de una manguera, siendo así un equipo menos pesado para el trabajador respecto a los equipos autónomos.



Ilustración 6.6. Equipos semi-autónomos con línea de aire a fuente estacionaria (A) o con extensión hasta área no contaminada.

Dada la variedad de equipos de protección personal para el aparato respiratorio, es de gran índole conocer sus características, para hacer la selección adecuada ante el riesgo previamente previsto en el confinamiento donde se realizará la operación.

6.2.2.3. SELECCIÓN DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA APARATO RESPIRATORIO.

Se requerirá protección respiratoria cuando la exposición a la atmosfera en el confinamiento signifique un riesgo para la salud, previsto en la evaluación e identificación de los riesgos por medio de las mediciones previas, localizando así la presencia de gases inflamables o tóxicos y/o atmosferas deficientes de oxígeno.

En la selección del EPP respiratoria debe considerarse principalmente las condiciones del lugar de trabajo, es decir, la presencia de peligros asociados a éste, que pueden incidir en el funcionamiento o uso incomodo del equipo (temperaturas extremas, confinamientos muy pequeños, etc.), trabajos extensos demandantes de cansancio físico, las propiedades y concentraciones de las sustancias existentes (partículas, gases, irritantes, asfixiantes, inflamables, deficiencia de oxígeno, etc.), los límites de exposición permisibles, etc. Los equipos deben adaptarse a las características anatómicas del trabajador y ser compatibles con otros EPP que sean requeridos.

Cabe mencionar que el médico laboral y el encargado del trabajo, deben evaluar al usuario y determinar si se encuentra en condiciones de trabajar en un confinamiento, que no sufra de claustrofobia, etc. Cuando el trabajador tiene barba no debe usar protección respiratoria purificadora de aire tipo presión negativa, ya que afecta al sello de este a su rostro.

Los equipos suministradores de aire se utilizan cuando el trabajador entra a espacios confinados deficientes de oxígeno, cuando un respirador no proporciona la protección requerida, cuando se enfrentan a condiciones ambientales representantes de un peligro inmediato para la vida o cuando por alguna razón se imposibilita la toma de muestras que determinen el grado de peligro atmosférico (entonces se utiliza el equipo para las condiciones más graves).

Con la finalidad de seleccionar el equipo apropiado de acuerdo a las sustancias o condiciones atmosféricas del confinamiento, se recomienda determinar *el factor de protección* requerido de acuerdo a la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). Todos los equipos de protección respiratoria tienen asignado un factor de protección que indica el grado de protección

respiratoria que proporcionará al trabajador que lo use; cuanto más alto, mayor será la protección respiratoria proporcionada.

Para saber el factor de protección que el equipo deberá proporcionar se debe determinar el índice de protección (IP). Este se calcula dividiendo la concentración del contaminante entre el límite de exposición permitido:

$$IP = \frac{\text{Concentración del contaminante}}{\text{Límite de exposición permitido}}$$

Con el IP se determina el factor de protección requerido del equipo, el cual deberá ser igual o mayor a este. Mediante la siguiente tabla se determina el factor de protección:

Índice de Protección (IP)	Factor de Protección
1 – 9	10
10 – 49	50
50 – 99	100
100 – 999	1,000
1,000 – 10,000	10,000

Tabla VI-1. Determinación del Factor de Protección.

El factor de protección indicado para cada equipo, determina las características que deben cumplirse en cuanto a protección respiratoria según el tipo de contaminante:

- **Partículas.**

Factor de Protección	Clase y tipo de Equipo de Protección Respiratoria
	Purificadores de aire
10	Pieza facial auto filtrante de media máscara contra partículas
10	Filtro contra partículas más pieza facial de media máscara
25	Filtro contra partículas más un casco de ajuste holgado
25	Filtro contra partículas más un casco o capucha
50	Filtro contra partículas más pieza facial de máscara completa
50	Filtro contra partículas más pieza facial de media máscara
250	Filtro contra partículas más pieza facial de máscara completa
	Suministradores de aire
10	Equipo con línea de aire de presión negativa con pieza facial de media máscara
50	Equipo con línea de aire de flujo continuo con pieza facial de media máscara
50	Equipo con línea de aire de presión negativa con pieza facial de máscara completa
250	Equipo con línea de aire de flujo continuo con pieza facial de máscara completa
1,000	Equipo con línea de aire de presión positiva con pieza facial de media máscara
1,000	Equipo con línea de aire de presión positiva con pieza facial de máscara completa

Tabla VI-2. Equipo de Protección Respiratoria contra Partículas.

- Gases y/o vapores.

Factor de Protección	Clase y tipo de Equipo de Protección Respiratoria
	<i>Purificadores de aire</i>
10	Pieza facial auto filtrante de media máscara contra gases y/o vapores
10	Filtro contra gases y/o vapores más pieza facial de media máscara
25	Filtro contra gases y/o vapores más un casco de ajuste holgado
25	Filtro contra gases y/o vapores más un casco o capucha
50	Filtro contra gases y/o vapores más pieza facial de media máscara
50	Filtro contra gases y/o vapores más pieza facial de máscara completa
250	Filtro contra gases y/o vapores más pieza facial de máscara completa
	<i>Suministradores de aire</i>
10	Equipo con línea de aire de presión negativa con pieza facial de media máscara
50	Equipo con línea de aire de flujo continuo con pieza facial de media máscara
50	Equipo con línea de aire de presión negativa con pieza facial de máscara completa
250	Equipo con línea de aire de flujo continuo con pieza facial de máscara completa
1,000	Equipo con línea de aire de presión positiva con pieza facial de media máscara
1,000	Equipo con línea de aire de presión positiva con pieza facial de máscara completa

Tabla VI-3. Equipos de Protección Respiratoria contra Gases y/o Vapores.

- **Partículas y gases y/o vapores.**

Factor de Protección	Clase y tipo de Equipo de Protección Respiratoria
	<i>Purificadores de aire</i>
10	Pieza facial auto filtrante de media máscara contra partículas y gases y/o vapores
10	Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más pieza facial de media máscara
25	Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más un casco de ajuste holgado
25	Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más un casco o capucha
50	Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más pieza facial de máscara completa
50	Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más pieza facial de media máscara
250	Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más pieza facial de máscara completa
	<i>Suministradores de aire</i>
10	Equipo con línea de aire de presión negativa con pieza facial de media máscara
50	Equipo con línea de aire de flujo continuo con pieza facial de media máscara
50	Equipo con línea de aire de presión negativa con pieza facial de máscara completa
250	Equipo con línea de aire de flujo continuo con pieza facial de máscara completa
1,000	Equipo con línea de aire de presión positiva con pieza facial de media máscara
1,000	Equipo con línea de aire de presión positiva con pieza facial de máscara completa

Tabla VI-4. Equipos de Protección Respiratoria contra Partículas y Gas y/o Vapor.

La protección esperada no sólo depende de una buena selección, sino también del uso correcto de este, así como del aseguramiento para garantizar las buenas condiciones del equipo.

6.2.3. EQUIPO DE PROTECCIÓN VISUAL.

Los protectores oculares se utilizan en contra de los peligros mecánicos, químicos, ambientales o irritantes radiológicos, incluyendo partículas volantes, metal fundido, productos químicos líquidos, ácidos o líquidos cáusticos, gases o vapores químicos, o radiación de luz. La protección para los ojos debe proporcionar resistencia a impacto, la cual es la diferencia principal entre los lentes de seguridad y los lentes regulares.

Para los empleados que usan lentes con prescripción mientras participan en operaciones que involucran riesgos a los ojos, se requiere que los protectores se puedan usar sobre de estos sin alterar la posición apropiada de ambos.

La protección adecuada para los ojos depende del tipo de riesgo que existe en el área de trabajo. Las lesiones en los ojos se da por cualquiera de tres factores: físicos, químicos y/o térmicos.

6.2.3.1. PROTECTORES CONTRA RIESGOS FÍSICOS.

Las causas más comunes de las lesiones físicas a los ojos son por pequeñas partículas en rápido movimiento, que caen o vuelan en los ojos sin protección, tales como los desechos generados al lijar, moler, partir, o al realizar trabajos similares. Incluso las partículas relativamente finas y de movimiento lento, tal como el polvo, pueden rayar la superficie del ojo. Mientras que los lentes protectores ofrecen una mayor protección en general, los lentes de seguridad con protección lateral (Ilustración 6.7) pueden ser la mejor opción si la labor requiere de amplia visión lateral.



Ilustración 6.7. Lentes de seguridad con protección lateral.

La protección contra los riesgos de alto impacto requiere lentes de seguridad o gafas con lentes de policarbonato, los cuales son los lentes más resistentes a los impactos, algunos están hechos con un revestimiento resistente a las ralladuras para proteger contra los riesgos de alto impacto y las partículas finas.

6.2.3.2. PROTECTORES CONTRA RIESGOS QUÍMICOS.

La exposición a alcalinos o ácidos cáusticos puede causar lesiones graves a los ojos, por ejemplo, el hidróxido de sodio comienza a destruir el tejido del ojo dentro de décimo de segundo de contacto.

La mejor protección para los ojos al trabajar con químicos es el uso de lentes protectores de seguridad con ventilación directa (Ilustración 6.8-A) que proporcionan una buena protección para los ojos contra los peligros provenientes de distintas direcciones. Los ambientes extremadamente peligrosos requieren del uso de lentes protectores con ventilación indirecta (Ilustración 6.8-B) y que tengan un agente de anti-empañamiento.

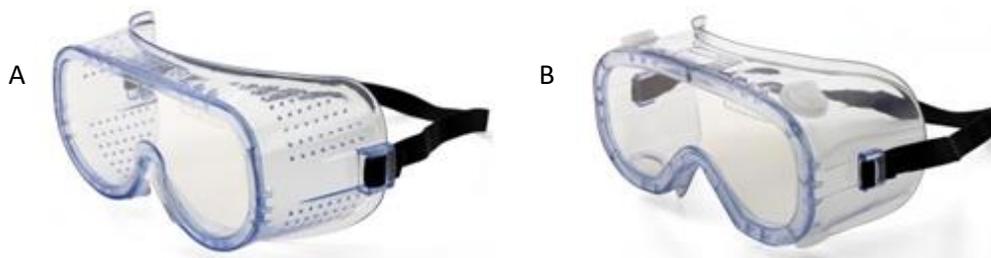


Ilustración 6.8. Lentes de seguridad con ventilación directa (A) e indirecta (B).

6.2.3.3. PROTECTORES CONTRA RIESGOS TÉRMICOS.

Las caretas (Ilustración 6.9-A) son la mejor protección contra el calor, preferiblemente de acetato u otros de plástico flexible que puedan cubrir la cara y el cuello, y utilizando lentes de seguridad o anteojos protectores (Ilustración 6.9-B) debajo. Bajo un calor extremo o en ambientes de luminosidad con alta longitud de onda, puede ser necesaria filtros anti-radiación (Ilustración 6.9-C).



Ilustración 6.9. Creta (A), lentes con filtro ambar (B) y creta para soldadura (C).

Los filtros anti-radiación son filtros con cierto grado de oscurecimiento o ambar (Ilustración 6.9-B) que absorben los rayos perjudiciales para los ojos.

El equipo de protección visual debe evaluarse en conjunto a otros EPP que se requieran para laboral, ya que deben ser compatibles para su uso adecuado.

6.2.4. EQUIPO DE PROTECCIÓN COORPORAL.

Con la finalidad de la salud e integridad del usuario ante posibles impactos, choques eléctricos, exposición a sustancias tóxicas, humedad, salpicaduras, etc., se utiliza equipo que proteja lo mejor posible al trabajador. En la protección corporal generalizo la protección de las extremidades, cabeza y tronco, por medio del uso de botas de seguridad y guantes, cascos y accesorios como arnés y línea de rescate.

6.2.4.1. BOTAS DE SEGURIDAD.

Las botas de seguridad pueden ser plásticas (Ilustración 6.10-A) para trabajos que involucren químicos o con puntera de acero (Ilustración 6.10-B) para proteger de impactos, y con suela antideslizante para evitar resbalones o dieléctricas cuando se exponen cerca de cableado o conexiones eléctricas.



Ilustración 6.10. Botas de seguridad plásticas (A) y con puntera de acero (B).

6.2.4.2. GUANTES.

Existe gran variedad de materiales con los que fabrican los guantes de protección industrial con objeto de utilizar los adecuados para cada labor distinta. Por ejemplo, los guantes de un solo uso (Ilustración 6.11-A) ofrecen protección ante trabajos no abrasivos que requieran flexibilidad, resistencia limitada, comodidad y pueden ser de PVC, látex, nitrilo o tripolímicos. Los de protección estanca (Ilustración 6.11-B) se utilizan para contacto relativamente prolongado con

líquidos poco agresivos, si se requiere guantes de mayor protección, se pueden utilizar los de protección química (Ilustración 6.11-C), los cuales están diseñados para resistir a sustancias específicas, ya sean alcoholes, ácidos, bases, aminas, compuestos sulfurados, etc.

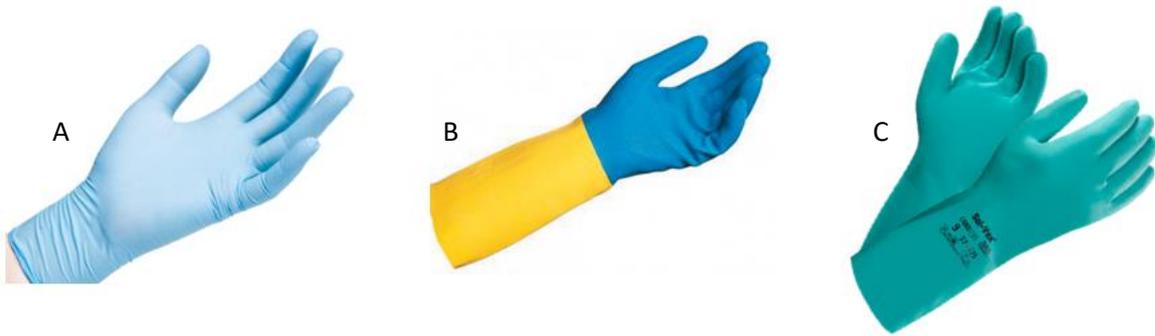


Ilustración 6.11. Guantes de un solo uso (A), de protección estanca (B) y de protección química (C).

Otros guantes están específicamente diseñados para realizar trabajos de mantenimiento (Ilustración 6.12-A) donde se requiere protección ante lesiones pero a su vez deben de proporcionar que el portador pueda manipular herramienta o guantes resistentes a cortaduras o con protección térmica (Ilustración 6.12-B).

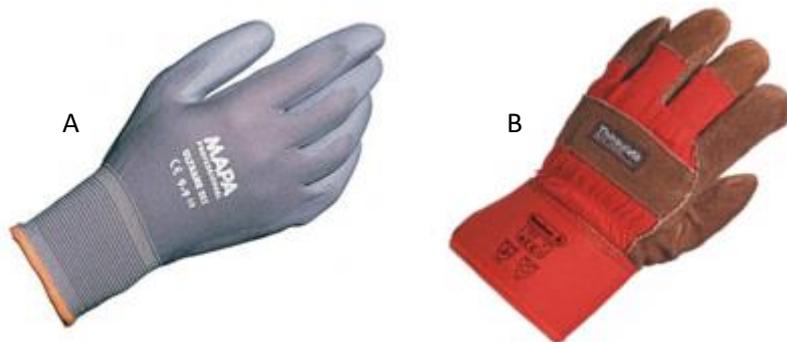


Ilustración 6.12. Guantes para trabajos de mantenimiento (A) y con protección térmica (B).

Los guantes pueden ser anatómicos o ambidiestros, con diferentes tipos de puños que prevén la ventilación, sujetador a la muñeca, resistencia a desgaste, etc.

6.2.4.3. PROTECCIÓN A CABEZA.

Los cascos (Ilustración 6.13-A) de seguridad brindan protección ante golpes, choques eléctricos (cascos con propiedades dieléctricas) o quemaduras, debe utilizarse en todo momento mientras se realizan los trabajos. Mientras que las capuchas (Ilustración 6.13-B) se utilizan por la exposición a temperaturas bajas o exposición a partículas y pueden utilizarse por debajo del casco de protección personal.



Ilustración 6.13. Casco de seguridad (A) y capucha (B).

Este debe elegirse considerando el EPP que lo acompañe para asegurar su uso mutuo sin que afecte la colocación y ajuste de ningún elemento.

6.2.4.4. VESTIMENTA.

La ropa de protección protege al operador por un tiempo determinado de la exposición a algún químico específico, sustancias tóxicas, biológico infecciosas o condiciones de incendio. Estos tiempos son limitados, ya que aún los especializados, presentan un cierto grado de permeabilidad y dependerán del producto, tiempo de exposición, concentración, forma de exposición, temperaturas y la tela.

Los trajes para protección química pueden ser o no, encapsulados, según el grado de protección requerido. Existen cuatro niveles de protección definidos por la EPA (Evironmental Protection Agency) y la OSHA (Occupational Safety & Health Administration), representados por las letras A, B, C, y D.

Nivel A. Representa el nivel máximo de protección química, debe ser elegido cuando se requiera el mayor nivel de protección a la piel, vías respiratorias y ojos.

Nivel B. Es para situaciones que exigen el más alto grado de protección respiratoria pero un menor nivel de protección a la piel respecto al nivel A.

Nivel C. Para utilizar este nivel de protección es necesario conocer la concentración y el tipo de sustancia peligrosa que se encuentra en el aire para adquirir la vestimenta adecuada,

Nivel D. Es un uniforme de trabajo que ofrece una mínima protección química.

- **Trajes no encapsulados.**

Los trajes no encapsulados, no poseen protección contra gases y vapores; se utilizan contra polvos y líquidos no corrosivos, pueden ser trajes con nivel de protección ante sustancias químicas "C" o "D", overoles, jardineras o camisolas (Ilustración 6.14-A, B, C y D respectivamente). Los EPP que complementan (casco, equipo de respiración, protección ocular, etc.) quedan expuestos a la atmosfera exterior, por lo que al seleccionar la vestimenta, se debe evaluar la compatibilidad con los demás equipos.



Ilustración 6.14. Trajes no encapsulados.
Traje con nivel de protección "C" o "D" (A), overol (B), jardinera (C) y camisola (D).

- **Trajes encapsulados.**

Los trajes encapsulados cubren completamente al trabajador y a su equipo de respiración, se utilizan contra sustancias químicas altamente peligrosas y son típicos en la realización de trabajos en confinamientos, sin embargo, debe considerarse que pueden provocar deshidratación, lo que implica que el trabajador debe encontrarse saludable y con en buena condición para laborar.

Los trajes encapsulados pueden ser valvulares (completamente herméticos) o no valvulares (no herméticos).

Los *trajes valvulares* (Ilustración 6.15-B) son de nivel de protección tipo A (acompañados con sistema de respiración de suministro de aire) traen un cierre que los sella y un velcro que protege el cierre, los guantes y las botas están unidos al traje, pueden ser de espalda expandida (Ilustración 6.15-A) para el espacio del sistema de respiración autónoma, o de espalda plana para la alimentación del sistema de respiración semiautónomo. El traje se presuriza con el aire exhalado del sistema de respiración autónomo, dado que, el aire de baja presión separa el traje del cuerpo; esto inicialmente puede ser lento pero hay equipos dóciles para inyectar una pequeña cantidad de aire presurizado con la finalidad de brindarle comodidad al trabajador. Cuando el traje se llena de aire, es difícil inclinarse, por lo que, un sistema de válvulas de una vía o unidireccionales dejan escapar lentamente el aire mientras el usuario trabaja.

Los *trajes no valvulares* se parecen a los que sí lo son (Ilustración 6.15-B), pero no poseen válvulas de exhalación y no es hermético, ya que, tienen agujeros de ventilación (cubiertos por solapas) llamadas toberas que dejan pasar el aire. Además, los guantes y las botas no siempre forman un sello con el traje. Lo que lo clasifica con un nivel de protección tipo B, que aunque permite un nivel máximo a las vías respiratorias por medio del uso de un sistema de respiración con suministro de aire, no protege a la piel en su totalidad de los gases tóxicos de la atmosfera en contacto.

Por otro lado, la *los trajes de protección para altas temperaturas* (Ilustración 6.15-C) involucra materiales ignífugos metalizados (generalmente aluminio) con más capas que los de protección química. Por lo general, los trajes de protección química tienen tres capas de protección y los de protección para altas temperaturas tienen cinco.



Ilustración 6.15. Trajes encapsulados.
De espalda expandida (A) contra químicos y traje contra altas temperaturas (B).

6.2.4.5. ACCESORIOS.

La norma indica que como EPP mínimo a utilizar en el ingreso a un espacio confinado cuando así lo determinen los resultados del análisis de riesgos, es arnés y línea de rescate para poder extraerlos en caso de emergencia.

Como mínimos requisitos, el arnés debe estar diseñado para soportar un peso mayor al del usuario, contener correa de asiento, ajuste de espalda/pecho, y anillo para espalda, en el cual se engancha línea de vida con amortiguador (Ilustración 6.16).



Ilustración 6.16. Arnés y línea de vida.

La línea de vida debe anclar a una máquina para elevar o jalar al trabajador, conocido como malacate, ésta a su vez, esta sostenida por un sistema trípode (Ilustración 6.17).



Ilustración 6.17. Sistema trípode.

El personal del interior estará sujeto con cuerda de seguridad y arnés, desde el exterior, en donde se dispondrá de los medios de sujeción y rescate adecuados.

La persona con vigilancia desde el exterior del confinamiento deberá estar perfectamente instruida para mantener contacto visual continuo o por otro medio de comunicación eficaz con el trabajador que ocupe el espacio interior, y así, actuar en casos de emergencia y avisar tan pronto perciba algo anormal. Se debe mantener en el exterior equipos de protección respiratoria frente a emergencias y elementos de primera intervención contra el fuego si es necesario.

De ser el caso de rescate, antes de mover una persona accidentada deberán analizarse las posibles lesiones físicas ocurridas. Una vez el lesionado se haya puesto a salvo mediante el equipo de rescate, eliminar las ropas contaminadas, si las hay, y aplicar los primeros auxilios mientras se avisa al médico a cargo.

Capítulo 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.

En la industria química los espacios confinados son típicos y requieren de trabajos ocasionales en ellos, por lo que es necesario y de gran importancia prever los riesgos que en cada uno compete para prevenir de accidentes a los trabajadores involucrados o incluso, accidentes fatales con daños a los equipos y alrededores.

7.1. CONCLUSIONES.

- Un Ingeniero Químico con conocimientos en el manejo de sustancias químicas y sus lineamientos de seguridad, es un profesional capaz de desarrollarse en el mundo laboral como un líder exitoso. Y será apto para manejar un equipo de trabajo o proyectos con eficacia e integridad.
- Debido a la diversidad de características de espacios confinados que se pueden encontrar en la industria química, en conjunto con las atmosferas peligrosas que se pueden procrear en ellas, genera gran complejidad al realizar un plan de trabajo general para labores que se desean realizar en los confinamientos, por lo que, el entendimiento de los temas aquí recopilados resultan evidentemente útiles para la labor de un Ingeniero Químico, encargado de procesos, responsable no solo de la producción sino de la salud e integridad de sus operadores y de sí mismo.
- La veracidad del análisis de riesgos es de vital importancia por lo que la información como DTI's, DFP's y demás documentos que ayuden a determinar los posibles riesgos de un equipo, deben estar actualizados. El análisis de riesgo debe hacerlo con ayuda de personal experimentado en las áreas de interés.
- El equipo de seguridad debe determinarse con responsabilidad, ya que, de ser menor al necesario puede no ser de utilidad, y si es mayor al nivel de protección requerido, también puede ser incómodo para la labor del trabajador y resultar contraproducente, ocasionando accidentes.
- Los riesgos típicos por atmosferas peligrosas en espacios confinados, se evidencian principalmente con equipo de detección y monitoreo.
- Previo a la realización de trabajos en recintos confinados se deben seguir las siguientes medidas y procedimientos:
 1. Contar con permiso de trabajo con su desarrollo de planificación.
 2. Determinar si el confinamiento es tipo I o tipo II con apoyo de equipo de detección que determine, porcentaje de oxígeno, la existencia de gas inflamable, tóxico o con peligro a la salud (muestreo en zona alta, media y baja).
 3. Re
 4. Realizar análisis de riesgo por cada trabajo a desarrollar en el confinamiento con al menos la descripción de las actividades por desarrollar, riesgos por atmosferas peligrosas, agentes físicos, biológicos, mecánicos, eléctricos, neumáticos, riesgos derivados de las actividades a desarrollar o de las características del confinamiento, el tiempo estimado de

duración de las actividades, el tiempo máximo de permanencia del trabajador y las posibles situaciones de emergencia que puedan presentarse durante el desarrollo de los trabajos.

5. Determinar y seguir las medidas de seguridad que incluye señalizaciones y delimitaciones, contar con mecanismos de comunicación, proveer de EPP necesario (mínimo arnés y línea de vida), dotar de equipo de monitoreo según sea necesario conforme a la clasificación del confinamiento, preparar y/o mantener atmosfera respirable por medio de un sistema e ventilación.
6. Asegurar que los trabajadores involucrados tengan la capacitación y salud mínima requerida para realizar los trabajos.

7.2. RECOMENDACIONES.

- El supervisar labores en trabajos confinados no solo es el cumplimiento a la normatividad del país para evitar multas, es una responsabilidad social la protección a la integridad personal. Hay que recordar que en muchos de los casos, quien realiza los trabajos en confinamientos es personal con limitaciones en estudios, que aún con experiencia, pueden ser incapaces de reparar en riesgos inminentes y tomar las precauciones debidas.

SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL

NORMA Oficial Mexicana NOM-033-STPS-2015, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

JESÚS ALFONSO NAVARRETE PRIDA, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 40, fracciones I y XI, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 132, fracciones XVI y XVII, 475 Bis, 512, 523, fracción I, 524 y 527, último párrafo, de la Ley Federal del Trabajo; 1o., 3o., fracción XI, 38, fracción II, 40, fracción VII, 41, 47, fracción IV, 62, 68 y 87 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 5, fracción III, 7 fracciones I, III, VI, VII, X, XI, XII, XIV, XV, XIX, y XX, 10 y 25, del Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo, y 24 del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

CONSIDERANDO

Que conforme a lo previsto por el artículo 46, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo, en su Séptima Sesión Ordinaria, celebrada el 12 de agosto de 2014, el Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-033-STPS-2014, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados, y que el citado Comité lo consideró procedente y acordó que se publicara como Proyecto en el Diario Oficial de la Federación;

Que de acuerdo con lo que determinan los artículos 69-E y 69-H, de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, el Proyecto correspondiente fue sometido a la consideración de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria, quien dictaminó favorablemente en relación con el mismo;

Que de conformidad con lo señalado por el artículo 47, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó para consulta pública por sesenta días en el Diario Oficial de la Federación de 4 de noviembre de 2014, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-033-STPS-2014, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados, a efecto de que en dicho periodo los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo;

Que habiendo recibido comentarios de doce promoventes, el Comité referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, por lo que esta dependencia publicó las respuestas respectivas en el Diario Oficial de la Federación de 8 de mayo de 2015, con base en lo que dispone el artículo 47, fracción III, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Que derivado de la incorporación de los comentarios presentados al Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-033-STPS-2014, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados, así como de la revisión final del propio proyecto, se realizaron diversas modificaciones con el propósito de dar claridad, congruencia y certeza jurídica en cuanto a las disposiciones que aplican en los centros de trabajo, y

Que en atención a las anteriores consideraciones, y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-033-STPS-2015, CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA REALIZAR TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS

ÍNDICE

1. Objeto
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Obligaciones del patrón
6. Obligaciones de los trabajadores
7. Clasificación del espacio confinado y análisis de riesgos
8. Requerimientos administrativos para realizar trabajos en espacios confinados
9. Medidas de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados

10. Plan de atención a emergencias y rescate
11. Capacitación
12. Unidades de verificación
13. Procedimiento para la evaluación de la conformidad
14. Vigilancia
15. Bibliografía
16. Concordancia con normas internacionales

TRANSITORIOS

1. Objetivo

Establecer las condiciones de seguridad para proteger la integridad física y la vida de los trabajadores que realizan trabajos en espacios confinados, así como prevenir alteraciones a su salud.

2. Campo de aplicación

2.1 La presente Norma Oficial Mexicana rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se realicen trabajos en espacios confinados.

2.2 Esta Norma no aplica en actividades de buceo y en minas subterráneas, salvo que dentro de sus instalaciones se cuente con espacios confinados.

3. Referencias

Para la correcta interpretación de esta Norma, deberán consultarse las siguientes normas oficiales mexicanas y las normas mexicanas vigentes, o las que las sustituyan:

3.1 NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.

3.2 NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura.

3.3 NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

3.4 NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

3.5 NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.

3.6 NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

3.7 NOM-027-STPS-2008, Actividades de soldadura y corte-Condiciones de seguridad e higiene.

3.8 NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.

3.9 NOM-116-STPS-2009, Seguridad-Equipo de protección personal-Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas-Especificaciones y métodos de prueba.

3.10 NMX-S-002-SCFI-2004 Seguridad-Respiradores purificadores de aire de cartuchos químicos-Especificaciones y métodos de prueba.

3.11 NMX-S-054-SCFI-2013 Seguridad-Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas-Especificaciones y métodos de prueba.

4. Definiciones

Para efectos de esta Norma, se consideran las definiciones siguientes:

4.1 Análisis de riesgos: La aplicación de uno o más métodos específicos para identificar, evaluar y determinar medidas de prevención y control de los riesgos significativos asociados con las condiciones y actividades que se desarrollan en espacios confinados.

4.2 Atmósfera peligrosa: Aquella que puede exponer a una persona a riesgo de muerte, incapacidad, deterioro de la capacidad de auto-rescate, lesión o enfermedad grave por alguna de las siguientes causas: gases, vapores o nieblas inflamables por arriba del 10% del límite inferior de inflamabilidad; partículas combustibles en el aire en una concentración que pueda representar riesgo de incendio o explosión; concentración de oxígeno en el aire por debajo del 19.5% o por arriba del 23.5% en volumen; concentración de cualquier sustancia química peligrosa por arriba del nivel de acción, conforme a lo previsto por la NOM-010-STPS-1999 o las que la sustituyan, o cualquier otra condición atmosférica que constituye un peligro inmediato para la vida o la salud.

4.3 Atmósfera respirable: Aquella que presenta una concentración de oxígeno entre 19.5% y 23.5% en volumen y, en su caso, concentraciones de sustancias químicas peligrosas por debajo del nivel de acción.

4.4 Autoridad laboral: Las unidades administrativas competentes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social que realizan funciones de inspección en materia de seguridad y salud en el trabajo, y las correspondientes de las entidades federativas, que actúen en auxilio de aquéllas.

4.5 Centro de Trabajo: El lugar o lugares, tales como edificios, locales, instalaciones y áreas, donde se realicen actividades de explotación, aprovechamiento, producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios, en los que laboren personas que estén sujetas a una relación de trabajo.

4.6 Contaminantes del ambiente laboral: Los agentes físicos, químicos y biológicos capaces de modificar las condiciones ambientales del lugar de trabajo, que por sus propiedades, concentración, nivel, así como tiempo de exposición o acción pueden alterar la salud de los trabajadores expuestos.

4.7 Contratista: La persona física o moral que labora temporalmente en un centro de trabajo y asume contractualmente ante el patrón, el compromiso de realizar la totalidad o parte de los trabajos, según el alcance que determina el contrato, empleando equipo, maquinaria y/o mano de obra, propios o subcontratados.

4.8 Deficiencia de oxígeno: La concentración de oxígeno que se encuentra por debajo de 19.5% en volumen.

4.9 Equipo de protección personal: El conjunto de elementos y dispositivos diseñados específicamente para proteger al trabajador contra accidentes y enfermedades de trabajo.

4.10 Equipo de respiración autónomo: El dispositivo diseñado para el suministro de aire respirable, en el que la fuente es portada por el usuario.

4.11 Espacio confinado: El lugar sin ventilación natural, o con ventilación natural deficiente, en el que una o más personas puedan desempeñar una determinada tarea en su interior, con medios limitados o restringidos para su acceso o salida, que no está diseñado para ser ocupado en forma continua.

4.12 Inmediatamente peligroso para la vida o la salud, IPVS: La concentración de una sustancia tóxica que representa una amenaza inmediata para la vida, y/o que puede producir efectos adversos irreversibles para la salud, o que puede afectar la capacidad de una persona para escapar de una atmósfera peligrosa.

4.13 Límite inferior de inflamabilidad; explosividad inferior: La concentración mínima de cualquier vapor o gas, en porcentaje por volumen de aire, que se inflama o explota si hay una fuente de ignición presente a la temperatura ambiente.

4.14 Medio de respiración alterno: El dispositivo que le suministra al trabajador una cantidad definida de aire respirable para escape en caso de emergencia.

4.15 Monitoreo: Es el muestreo de modo continuo que se realiza durante el desarrollo de los trabajos en el espacio confinado.

4.16 Muestreo: La medición de la concentración de contaminantes del ambiente laboral químicos, de oxígeno y de sustancias inflamables o explosivas en el espacio confinado, por medio del uso de equipo de medición de lectura directa.

4.17 Nivel de acción (NA): La mitad del valor límite de exposición (VLE) promedio ponderado en tiempo, de las sustancias químicas peligrosas, de acuerdo con lo señalado en el Apéndice I, de la NOM-010-STPS-1999, o las que la sustituyan.

4.18 Respirador con línea de suministro de aire; Equipo de protección respiratoria con línea de suministro de aire o equipo: El dispositivo que suministra aire respirable al usuario a una presión mayor a la atmosférica, desde una fuente que no es portada por el usuario.

4.19 Responsable de los trabajos: El trabajador designado para supervisar, previo y durante la ejecución de las actividades en los espacios confinados, que se cumple con las condiciones para realizar los trabajos de manera segura.

4.20 Riesgo: La correlación de la peligrosidad de uno o varios factores y la exposición de los trabajadores con la posibilidad de causar efectos adversos para su vida, integridad física o salud, o dañar al centro de trabajo.

4.21 Riesgo grave: Aquel que puede comprometer la vida, integridad física o salud de los trabajadores, o producir daños a las instalaciones del centro de trabajo, al no existir las condiciones de seguridad correspondientes.

4.22 Sustancias químicas peligrosas: Aquellas que por sus propiedades físicas y químicas al ser manejadas, transportadas, almacenadas o procesadas, presentan la posibilidad de riesgos de explosividad, inflamabilidad, combustibilidad, reactividad, corrosividad, radiactividad, toxicidad o irritabilidad, y que al ingresar al organismo por vía respiratoria, cutánea o digestiva, pueden provocar a los trabajadores intoxicación, quemaduras o lesiones orgánicas, según el nivel, concentración de la sustancia y tiempo de exposición.

4.23 Vigía: El trabajador designado para permanecer en todo momento en el exterior del espacio confinado cuando, se desarrolle alguna actividad en su interior, con el fin de mantener contacto y/o comunicación con los trabajadores que realizan las actividades, asistirlos y alertar al responsable de los trabajos, en caso de ocurrir una emergencia.

5. Obligaciones del patrón

5.1 Identificar los espacios confinados en donde se requiere el acceso del trabajador para realizar cualquier tipo de actividad.

5.2 Clasificar el espacio confinado y contar con un análisis de riesgos previo al acceso de los trabajadores, realizado por personal capacitado específicamente para ello, que contemple, según aplique, los riesgos por atmósferas peligrosas, por agentes físicos o biológicos, así como los relativos a las actividades por desarrollar, de conformidad con lo que dispone el Capítulo 7 de la presente Norma.

5.3 Contar con procedimientos de seguridad para: las actividades a desarrollar; el uso de equipos y herramientas, y el muestreo y monitoreo para detectar atmósferas peligrosas, con base en lo establecido en el Capítulo 8 de esta Norma.

5.4 Disponer de un plan de trabajo específico para realizar trabajos en espacios confinados, conforme a lo que prevé el numeral 8.5 de la presente Norma.

5.5 Expedir autorizaciones por escrito a los trabajadores, para la realización de trabajos en espacios confinados, conforme a lo que determina el numeral 8.6 de esta Norma.

5.6 Adoptar las medidas de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados, de acuerdo con lo determinado por el Capítulo 9 de esta Norma.

5.7 Designar a un responsable de los trabajos en espacios confinados y, al menos, un vigía, que cumplan con lo que señalan los numerales 9.5 y 9.6 respectivamente, de la presente Norma.

5.8 Proveer iluminación al interior de los espacios confinados, de conformidad con las actividades por desarrollar, que permita efectuar los trabajos en forma segura, mediante lámparas o equipo portátil y/o sistemas de iluminación.

5.9 Proporcionar a los trabajadores el equipo de protección personal requerido, con base en la clasificación del espacio confinado, el análisis de riesgos, y la actividad por desarrollar, conforme a lo dispuesto por la NOM-017-STPS-2008, o las que la sustituyan.

5.10 Disponer de un plan de atención a emergencias y rescate que contemple el rescate de posibles trabajadores accidentados, y que incluya el equipo necesario, de acuerdo con lo que establece el Capítulo 10 de esta Norma.

5.11 Proporcionar información y capacitación a los trabajadores que realizan actividades en espacios confinados, de conformidad con el trabajo a desarrollar, su clasificación y el resultado del análisis de riesgos, con base en lo previsto por el Capítulo 11 de la presente Norma.

5.12 Comprobar que los contratistas cumplan con lo señalado en la presente Norma, cuando el patrón convenga los servicios de terceros para realizar trabajos en espacios confinados.

5.13 Llevar los registros del personal autorizado para el desarrollo de los trabajos en espacios confinados; de su ingreso y salida de dichos espacios; de sus tiempos de permanencia, y del muestreo y/o monitoreo de su atmósfera.

6. Obligaciones de los trabajadores

6.1 Observar las medidas de seguridad que dispone esta Norma, así como las que establezca el patrón para la prevención de riesgos en el desarrollo de trabajos en espacios confinados.

6.2 Dar aviso de inmediato al patrón y/o a la comisión de seguridad e higiene sobre las condiciones inseguras que adviertan durante el desarrollo de sus actividades, así como de los accidentes de trabajo que ocurran.

6.3 Utilizar y conservar en buen estado el equipo de protección personal proporcionado por el patrón.

6.4 Realizar pruebas de ajuste, cuando utilicen como equipo de protección personal respiradores con línea de suministro de aire o equipo de respiración autónomo.

6.5 Operar de modo seguro la maquinaria, equipo y herramientas que tengan asignados.

6.6 Conducirse durante el desarrollo de los trabajos de manera segura para evitar riesgos.

6.7 Participar en la capacitación, adiestramiento y eventos de información que proporcione el patrón.

6.8 Informar al patrón sobre las afectaciones a su salud o sus posibles limitaciones para la realización de sus actividades en el espacio confinado.

7. Clasificación del espacio confinado y análisis de riesgos

7.1 El trabajo en espacios confinados deberá evitarse preferentemente, sólo se deberá ingresar a su interior para realizar actividades en aquellos casos en los que se no se pueda realizar la actividad desde el exterior y, en todo caso, se deberá cumplir íntegramente con lo dispuesto por la presente Norma.

7.2 Previo al inicio de los trabajos en el espacio confinado, se deberá realizar un muestreo para determinar la existencia o inexistencia de una atmósfera peligrosa, de acuerdo con lo establecido por el numeral 8.4 de la presente Norma.

7.3 A partir de los resultados del muestreo a que se refiere el numeral 7.2, se deberán clasificar en Tipo I o Tipo II los espacios confinados, de conformidad con lo que prevé la Tabla 1 de esta Norma.

Para realizar la clasificación de los espacios confinados se deberá tomar como referencia los valores límite de exposición determinados por la NOM-010-STPS-1999, o las que las sustituyan, así como la información de las hojas de datos de seguridad respectivas, con base en lo que señala la NOM-018-STPS-2000, o las que la sustituyan.

Tabla 1
Tipos de espacios confinados

criterio	Tipo I	Tipo II
Característica	Riesgo potencial a la salud mínimo	Riesgo grave o inminente a la salud de los trabajadores
Concentración de oxígeno en porcentaje	Entre 19.5 y 23.5%	Menor a 19.5%, o mayor a 23.5%
Características de inflamabilidad	Menor que el 10% del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad	Mayor o igual que el 10% del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad
Toxicidad o peligro a la salud (concentración)	Menor que el nivel de acción (0.5 VLE)	Mayor o igual al nivel de acción (0.5 VLE)

Para el propósito de la presente Norma, el espacio confinado deberá clasificarse en los tipos siguientes:

- a) Espacio confinado Tipo I:** Aquél en el que no existe riesgo por deficiencia o enriquecimiento de oxígeno, ni atmósferas explosivas o inflamables, y en el que las concentraciones de sustancias químicas peligrosas son inferiores al nivel de acción. Se clasificará el espacio confinado en este tipo si se cumplen los tres criterios anteriores indicados en la Tabla 1, o

- b) Espacio confinado Tipo II:** Aquel que tiene el potencial de causar lesiones y/o enfermedades de trabajo, e incluso puede ser inmediatamente peligroso para la vida y la salud. En éstos se puede presentar una atmósfera peligrosa. Se clasificará el espacio confinado en este tipo si se cumple, al menos, uno de los criterios anteriores mostrados en la Tabla 1.

7.4 Para cada espacio confinado donde se desarrollen trabajos, y para cada trabajo por desarrollar en dichos espacios se deberá realizar un análisis de riesgos.

7.5 El análisis de riesgos deberá considerar, al menos, lo siguiente:

- a)** La descripción de las actividades por desarrollar;
- b)** Los riesgos por atmósferas peligrosas:
- 1)** Asfixia, debido a deficiencia de oxígeno;
 - 2)** Incendio o explosión, por enriquecimiento de oxígeno o por sustancias con concentraciones o con porcentaje mayor o igual que el 10% del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad, y
 - 3)** Intoxicación, con motivo de concentraciones de sustancias químicas peligrosas, conforme a la información de las hojas de datos de seguridad respectivas, de acuerdo con lo dispuesto por la NOM-018-STPS-2000, o las que la sustituyan:
 - I.-** Por los materiales que se introducen para efectuar las actividades;
 - II.-** Por los productos o desechos que se generan por el trabajo que se lleva a cabo;
 - III.-** Por áreas o procesos adyacentes en los que se manejen, procesen o almacenen sustancias tóxicas, y
 - IV.-** Por las sustancias químicas peligrosas que contiene o contuvo el espacio confinado;
- c)** Los riesgos por agentes físicos:
- 1)** Ruido;
 - 2)** Iluminación;
 - 3)** Vibraciones, y
 - 4)** Condiciones térmicas elevadas o abatidas;
- d)** Los riesgos por agentes biológicos, tales como la presencia de fauna nociva o agentes biológicos peligrosos;
- e)** Los riesgos mecánicos, eléctricos o neumáticos;
- f)** Los riesgos derivados de las actividades a desarrollar que contemplen, según aplique, lo siguiente:
- 1)** La maquinaria, equipo, herramientas y materiales en el lugar de trabajo, con énfasis en las características y condiciones de seguridad y operación en que se deberán encontrar;
 - 2)** Los peligros y factores de riesgo existentes por las actividades a desarrollar y los que se originen en las inmediaciones del espacio confinado por otras actividades, tales como conexión de la energía, operación de maquinaria o equipo, restablecimiento de flujo de sustancias, inundaciones, entre otras, y
 - 3)** La realización de trabajos en altura;
- g)** Los riesgos derivados de las características del espacio confinado, entre otros:
- 1)** Por las condiciones en las que se encuentran las superficies del espacio confinado: inestables, húmedas, resbalosas, entre otras, y
 - 2)** Por la existencia de material granulado finamente dividido o de tal forma que pueda ocasionar el riesgo de hundimiento o inmersión en dicho material;
- h)** El tiempo estimado de duración de las actividades por desarrollar;
- i)** El tiempo máximo de permanencia del trabajador en el espacio confinado, y
- j)** Las posibles situaciones de emergencia que puedan presentarse durante el desarrollo de los trabajos en el espacio confinado.

7.6 El análisis de riesgos deberá considerar los casos en los que un espacio confinado clasificado inicialmente como Tipo I, puede convertirse en un espacio confinado Tipo II, como consecuencia de las actividades que en él se desarrollen.

7.7 A partir del resultado del análisis de riesgos se deberán determinar las medidas de prevención y control aplicables a los riesgos detectados, las cuales deberán contemplar las medidas de seguridad establecidas en el Capítulo 9 de la presente Norma.

7.8 El análisis de riesgos deberá estar:

- a) Disponible para consulta de los trabajadores que participen o realicen actividades en espacios confinados, y
- b) Aprobado y firmado por el patrón, o su representante, y el responsable de los servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo.

7.9 El análisis de riesgos deberá revisarse, actualizarse o modificarse cuando:

- a) Se introduzcan herramientas, equipo o sustancias nuevas;
- b) Se modifiquen las condiciones del interior del espacio confinado;
- c) Haya ocurrido un incidente o accidente, o
- d) Se detecte algún riesgo no previsto en los procedimientos de seguridad.

8. Requerimientos administrativos para realizar trabajos en espacios confinados

8.1 Para desarrollar las actividades en los espacios confinados se deberá contar con procedimientos de seguridad, disponibles para los trabajadores involucrados en éstas, y actualizados, para:

- a) Las actividades a desarrollar;
- b) El uso de equipos y herramientas, y
- c) El muestreo y monitoreo para detectar atmósferas peligrosas.

8.2 El procedimiento de seguridad para las actividades a desarrollar en los espacios confinados deberá considerar lo siguiente:

- a) Los mecanismos de comunicación entre el personal que realiza las actividades en el espacio confinado y el vigía;
- b) La forma de mantener una atmósfera respirable, o de lo contrario, la obligatoriedad de utilizar equipo de protección respiratoria con línea de suministro de aire o equipo de respiración autónomo. Cuando se emplee un respirador con línea de suministro de aire se deberá contar con un medio de respiración alternativo para escape en caso de emergencia;
- c) La información, en su caso, de las hojas de datos de seguridad de las sustancias químicas peligrosas que se manejan, de conformidad con lo que establece la NOM-018-STPS-2000, o las que las sustituyan;
- d) Las medidas específicas de seguridad que se deberán adoptar, adicionales a las que determina el Capítulo 9 de esta Norma;
- e) Los criterios para evitar o interrumpir las actividades, cuando se comprometa la seguridad o salud de los trabajadores;
- f) El tiempo estimado de duración de las actividades por desarrollar y el tiempo máximo de permanencia;
- g) La aplicación, antes del inicio de las actividades, de medios de bloqueo de flujo de sustancias, tales como los conducidos en tuberías y/o de energía, a través del uso de tarjetas y candados, así como de equipos o dispositivos, con base en lo señalado por la NOM-004-STPS-1999 y la NOM-029-STPS-2011, o las que las sustituyan, y
- h) El plan de atención a emergencias y rescate para posibles trabajadores accidentados.

8.3 Los procedimientos de seguridad para el uso de los equipos y herramientas en las actividades que se desarrollan en espacios confinados deberán considerar las indicaciones del fabricante y contemplar lo siguiente:

- a) Las instrucciones para verificar su correcto funcionamiento;
- b) El uso, manejo, limitaciones, revisión y mantenimiento del equipo de protección personal y la información sobre la capacidad o grado de protección que éste ofrece, así como las condiciones en las que no proporciona protección o donde no se deberán usar;
- c) Las acciones que se deberán realizar antes, durante y después del uso del equipo de protección personal, para comprobar que continúa proporcionando la protección para la cual fue diseñado;
- d) La verificación de que cuando el trabajador esté expuesto a contaminantes del ambiente laboral, el equipo de protección personal que utilice esté diseñado para proteger al trabajador contra dicho agente;
- e) El modo seguro de utilizar los equipos y herramientas;
- f) La manera en que se deberá realizar la descontaminación o desinfección del equipo de protección personal, según aplique, después de cada jornada de uso, conforme a las instrucciones del fabricante;
- g) El mecanismo a seguir para reemplazar o reparar inmediatamente el equipo de protección personal cuando derivado de su revisión muestre algún deterioro, que impida su óptimo funcionamiento, y
- h) La forma correcta de realizar el almacenamiento del equipo de protección personal, y en su caso, su disposición final.

8.4 El muestreo y monitoreo para detectar atmósferas peligrosas en el espacio confinado deberán realizarse de acuerdo con un procedimiento, que incluya lo siguiente:

- a) El equipo de medición requerido para llevar a cabo el muestreo y monitoreo, que deberá cumplir las características siguientes:
 - 1) Ser de lectura directa;
 - 2) Contar con alarma de peligro por la detección de una atmósfera peligrosa;
 - 3) Estar protegido contra emisiones electromagnéticas o interferencias de radiofrecuencia, y
 - 4) Ser a prueba de explosión o intrínsecamente seguro;
- b) La calibración del equipo de medición de lectura directa de conformidad con las instrucciones o manuales del fabricante;
- c) Las pruebas de funcionamiento que deberán realizarse al equipo de medición de lectura directa, antes de su uso, a fin de comprobar su correcto desempeño, con base en las instrucciones del fabricante;
- d) La forma en que deberá tomarse la muestra inicial, desde el exterior del espacio confinado;
- e) La toma de muestras en varias zonas del espacio confinado, que incluyan, al menos, la parte superior, media y fondo del espacio confinado, a efecto de determinar lo siguiente:
 - 1) El porcentaje de oxígeno;
 - 2) El porcentaje del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad, y
 - 3) Las concentraciones de contaminantes del ambiente laboral tóxicos, y
- f) El tiempo y frecuencia para realizar el muestreo mientras se realiza el trabajo, conforme lo determine el patrón, de acuerdo con el análisis de riesgos, para los espacios Tipo I, y el muestreo y monitoreo continuo tratándose de los espacios clasificados como Tipo II.

8.5 El plan de trabajo para llevar a cabo las actividades en el espacio confinado deberá contener lo siguiente:

- a) La descripción de la actividad por desarrollar;
- b) El nombre del responsable de los trabajos y del vigía;
- c) El nombre de los trabajadores que intervienen en la actividad, que cuenten con la capacitación requerida para efectuar los trabajos, de conformidad con lo que dispone el Capítulo 11 de la presente Norma;

- d) El tiempo estimado para realizar la actividad, señalando la hora de inicio y término;
- e) El lugar donde se desarrollará la actividad;
- f) La autorización requerida para realizar los trabajos, con base en lo establecido en el numeral 8.6 de esta Norma;
- g) Los riesgos determinados conforme a lo que prevé el numeral 7.5, de la presente Norma;
- h) El equipo de protección personal y los equipos, maquinaria, herramientas de trabajo que se requieran para realizar la actividad;
- i) Las medidas de seguridad que se requieran, de acuerdo con los riesgos que se puedan presentar al desarrollar el trabajo, y
- j) Los procedimientos de seguridad para realizar las actividades.

8.6 La autorización para desarrollar trabajos en espacios confinados deberá contener lo siguiente:

- a) La identificación, ubicación y la clasificación del espacio confinado;
- b) La fecha y hora de vencimiento de la autorización, que sólo será válida hasta por un turno de trabajo. La autorización se deberá actualizar para cada turno adicional que se requiera;
- c) Los riesgos identificados, de conformidad con el análisis de riesgos, a que alude el Capítulo 7 de esta Norma;
- d) La verificación de que ha realizado el aislamiento del espacio confinado considerando, según aplique:
 - 1) El sellado y/o desconexión de las fuentes de energía, fluidos, entre otros;
 - 2) El bloqueo de los equipos o dispositivos eléctricos, con base en lo determinado por la NOM-029-STPS-2011, o las que la sustituyan, y
 - 3) El bloqueo mecánico de equipos, herramientas, conforme a lo que señala la NOM-004-STPS-1999, o las que la sustituyan;
- e) Las lecturas iniciales de las concentraciones en el espacio confinado, realizadas previo al inicio de las actividades, que indiquen:
 - 1) El porcentaje de oxígeno;
 - 2) El porcentaje del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad, y
 - 3) Las concentraciones de sustancias tóxicas;
- f) La frecuencia para realizar el muestreo mientras se realiza el trabajo, de acuerdo con lo que determine el patrón para los espacios Tipo I, y el muestreo y monitoreo continuo tratándose de los espacios clasificados como Tipo II;
- g) La verificación de que el trabajador cuenta con la capacitación requerida para efectuar los trabajos, y sobre la identificación y control de peligros y riesgos;
- h) Los procedimientos de emergencia y la ubicación del equipo de primeros auxilios y/o rescate;
- i) El equipo de protección personal requerido, de conformidad con el riesgo al que están expuestos los trabajadores;
- j) Las instalaciones, herramientas y/o equipos eléctricos a prueba de explosión que se requieran, en su caso;
- k) El tiempo máximo de permanencia del trabajador en el espacio confinado determinado con base en el análisis de riesgos;
- l) La hora de entrada y salida del (los) trabajador(es);
- m) El visto bueno del médico o del responsable de los trabajos sobre la aptitud física del trabajador que ingresará al espacio confinado;
- n) El nombre y firma del vigía;
- o) El nombre y firma del responsable de los trabajos, y
- p) El nombre y firma de la persona que autoriza los trabajos.

9. Medidas de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados

9.1 Para realizar trabajos en espacios confinados se deberán adoptar las medidas generales de seguridad siguientes:

- a) Señalizar la entrada a todos los accesos a los espacios confinados en los que se estén realizando trabajos, conforme a lo dispuesto por la NOM-026-STPS-2008, o las que la sustituyan;
- b) Delimitar y controlar el acceso al espacio confinado, así como colocar de forma visible, a la entrada a dicho espacio, la autorización que se haya emitido para la realización de los trabajos correspondientes;
- c) Realizar trabajos en espacios confinados, únicamente con trabajadores capacitados y autorizados para ello;
- d) Contar con mecanismos de comunicación entre el personal que realiza las actividades en el espacio confinado y el vigía;
- e) Disponer, en su caso, de instrucciones específicas para desarrollar trabajos en caliente, que incluyan las medidas de seguridad necesarias y las condiciones bajo las cuales no pueden realizarse;
- f) Proveer a los trabajadores de un sistema de protección personal para interrumpir caídas de altura; cuando exista el riesgo de caída de altura, de acuerdo con lo que establece la NOM-009-STPS-2011, o las que la sustituyan;
- g) Proporcionar a los trabajadores, como mínimo arnés y línea de rescate para poder extraerlos en caso de emergencia, de forma que estos elementos no constituyan un factor de riesgo, y si así lo determina el análisis de riesgos;
- h) Realizar las actividades de soldadura o corte, de conformidad con lo previsto por la NOM-027-STPS-2008, o las que la sustituyan;
- i) Cumplir con lo que determina la NOM-029-STPS-2011, o las que la sustituyan, cuando se realicen actividades de mantenimiento a las instalaciones eléctricas dentro del espacio confinado;
- j) Dotar a los trabajadores de equipos portátiles para detectar deficiencia de oxígeno, atmósferas inflamables o explosivas, y concentración de contaminantes del ambiente laboral químicos, con base en lo siguiente:
 - 1) Para espacios confinados Tipo I, al menos a uno de los trabajadores. En los casos en que laboren simultáneamente varios grupos de trabajo, con condiciones ambientales distintas, se deberá dotar al menos a un trabajador de cada grupo, con dichos equipos portátiles, y
 - 2) Para espacios confinados Tipo II, se les deberá proporcionar a todos los trabajadores;
- k) Utilizar instalaciones, herramientas, luminarias y equipos eléctricos a prueba de explosión, en los espacios confinados donde potencialmente exista presencia o residuos de sustancias inflamables o explosivas;
- l) Emplear, en su caso, luminarias de tipo personal con tensiones de seguridad de bajo voltaje, hasta 24 volts;
- m) Comprobar, en su caso, que se cuente con sistemas de tierras o elementos para drenar la electricidad estática de los equipos y de los trabajadores, en los espacios confinados donde exista riesgo de incendio o explosión;
- n) Realizar el muestreo inicial de las concentraciones en la atmósfera del espacio confinado, conforme al procedimiento a que se refiere el numeral 8.4 de la presente Norma;
- o) Realizar la comparación de las concentraciones existentes en el espacio confinado con los valores límite de exposición señalados por la NOM-010-STPS-1999, o las que la sustituyan, siempre y cuando se pueda realizar la medición con el equipo de lectura directa, con el objeto de verificar que éstas se encuentran por debajo del nivel de acción y permitan el desarrollo de las actividades de modo seguro;
- p) Utilizar equipo de protección respiratoria con línea de suministro de aire o equipo de respiración autónomo, así como el equipo de protección personal adicional con el nivel mayor de protección, de acuerdo con el análisis de riesgos que dispone el numeral 7.4 de esta Norma, cuando no pueda darse cumplimiento a la comparación indicada en el inciso o) de este numeral;

- q) Mantener una atmósfera respirable por medio de sistemas de ventilación natural o forzada y, cuando esto no sea posible, utilizar equipo de protección respiratoria con línea de suministro de aire o equipo de respiración autónomo, de conformidad con lo establecido por los numerales 9.2, 9.3 y 9.4;
- r) Establecer los criterios para interrumpir los trabajos, cuando se presente alguna condición que pueda generar un riesgo;
- s) Cancelar la autorización para realizar los trabajos una vez que éstos terminen o se suspendan, en este último caso las actividades podrán reanudarse cuando el responsable de los trabajos verifique que se mantienen las condiciones que indica la autorización, con base en lo que prevé el numeral 8.6 de la presente Norma;
- t) Interrumpir y prohibir los trabajos cuando en el espacio confinado el porcentaje de inflamabilidad y/o explosividad sea mayor o igual al 10% del límite inferior;
- u) Prohibir el acceso al espacio confinado a los trabajadores no aptos para realizar este tipo de actividad (que no tengan el visto bueno del médico o del responsable de los trabajos sobre la aptitud física);
- v) Prohibir que se realicen los trabajos cuando no se cuente con los procedimientos de seguridad; no se apliquen las medidas de seguridad, no se cuente con el equipo de protección personal necesario, no se cuente con los materiales, herramientas o equipos necesarios para desarrollar la actividad o se presente cualquier otra anomalía que comprometa la seguridad de los trabajadores;
- w) Prohibir que los trabajadores excedan el tiempo máximo de permanencia indicado en la autorización correspondiente;
- x) Prohibir que se realice cualquier trabajo en espacios confinados de manera individual, y que su duración exceda un turno de trabajo u ocho horas;
- y) Prohibir que menores de 18 años y mujeres en estado de gestación realicen actividades en espacios confinados, y
- z) Prohibir que se introduzca maquinaria o equipos de combustión interna al interior de los espacios confinados.

9.2 Para realizar las actividades en forma segura en espacios confinados clasificados como Tipo II se deberán adoptar las medidas de control técnicas y/o administrativas que correspondan.

9.3 Las medidas técnicas de control a que alude el numeral 9.2 de esta Norma deberán comprender, según apliquen, las siguientes:

- a) Determinar el método por utilizar para la ventilación y/o purga del espacio confinado, conforme al análisis de riesgos, el trabajo por realizar y las características del mismo, evitando contaminar otras áreas del centro de trabajo;
- b) Controlar la atmósfera del espacio confinado mediante ventilación y/o purga;
- c) Implementar, en su caso, un proceso de limpieza del espacio confinado;
- d) Ubicar los controles de los ventiladores a una distancia segura del espacio confinado;
- e) Establecer los casos en los que se utilice la ventilación continua, e instalar, en su caso, un dispositivo de advertencia audible para alertar de la ocurrencia de una falla en la ventilación;
- f) Verificar, en su caso, que el sistema de ventilación no bloquea el acceso al espacio confinado o limita la comunicación entre el personal que realiza las actividades en el espacio confinado y el vigía;
- g) Evitar la recirculación de aire contaminado al interior del espacio confinado;
- h) Prohibir que la ventilación se realice a través del uso de oxígeno puro, e indicarlo en el procedimiento de seguridad determinado en el numeral 8.2, de la presente Norma;
- i) Efectuar la medición de las concentraciones de la atmósfera del espacio confinado de acuerdo con el procedimiento para la toma de mediciones para detectar atmósferas peligrosas que señala el numeral 8.4, después de realizar la ventilación o purga, y
- j) Verificar que los niveles de concentración se encuentren por debajo del nivel de acción, la concentración de oxígeno esté en el rango de 19.5% a 23.5%, y el porcentaje de inflamabilidad sea menor al 10% del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad.

9.4 En los espacios confinados Tipo II, donde no sea posible mantener atmósferas respirables, se deberán adoptar las medidas administrativas de control siguientes:

- a) Revisar los tiempos de duración de las actividades, y en su caso, reprogramar las actividades y/o redefinir los tiempos de duración de los trabajos; y
- b) Contar y dar seguimiento a un programa de protección respiratoria, que contenga los elementos siguientes:
 - 1) El registro de las mediciones de las concentraciones en el interior del espacio confinado;
 - 2) El suministro de equipo de protección respiratoria de alta eficiencia, y en caso de la existencia de un alta concentración o una concentración inmediatamente peligrosa para la vida y/o la salud, equipo de respiración autónomo o respirador con línea de suministro de aire;
 - 3) Las evaluaciones médicas del personal que requiere utilizar respiradores para el ingreso al espacio confinado, que permitan determinar:
 - I.- La aptitud del trabajador para usar respiradores de presión negativa y positiva, según aplique;
 - II.- La capacidad del trabajador para ver y oír advertencias, de conformidad con el sistema de comunicación y/o alarma con que se cuente, tales como: luces intermitentes, timbres o sirenas, entre otros;
 - III.- La aptitud del trabajador para llevar a cabo las tareas asignadas, y
 - IV.- La existencia de cualquier enfermedad o anomalía que podrían dificultar el uso del equipo de protección respiratoria o el desarrollo de las actividades en el interior del espacio confinado;
 - 4) Los criterios para la selección de los filtros y cartuchos, con base en lo dispuesto por la NOM-116-STPS-2009 y/o las normas mexicanas NMX-S-002-SCFI-2004 y NMX-S-054-SCFI-2013, sobre respiradores, o las que las sustituyan;
 - 5) El procedimiento de revisión de ajuste y prueba de hermeticidad de los respiradores;
 - 6) Las instrucciones para el uso normal y en situaciones de emergencia de los respiradores;
 - 7) Las instrucciones para revisar la calidad, cantidad y flujo del aire que deberá suministrarse al trabajador, en caso de utilizar equipos de respiración autónomos o respiradores con línea de suministro de aire;
 - 8) Las instrucciones de mantenimiento, limpieza, desinfección, cuidado, almacenamiento, inspección, reparación, reemplazo y disposición final de los respiradores, y
 - 9) La capacitación e información al personal que requiere utilizar equipo de protección respiratoria, que incluya las limitaciones para su uso.

9.5 El responsable de los trabajos en el espacio confinado deberá cumplir con lo siguiente:

- a) Contar con la capacitación requerida para realizar las funciones que determina este numeral;
- b) Asegurar que el vigía, que se ubicará en el exterior del espacio, permanezca en todo momento mientras haya personal en el espacio confinado;
- c) Comprobar antes del inicio de las actividades, según aplique, que se coloquen medios de bloqueo de energía, fluidos, presión, entre otras, por medio del uso de tarjetas y candados, así como de equipos o dispositivos, conforme a lo que establece la NOM-004-STPS-1999 y la NOM-029-STPS-2011, o las que las sustituyan;
- d) Elaborar y/o tramitar la autorización para realizar los trabajos en espacios confinados, así como cancelarla una vez que éstos terminen o se suspendan;
- e) Verificar, según aplique, que los trabajadores cuenten con el plan de trabajo y la autorización a que se refieren los numerales 8.5 y 8.6 de esta Norma, respectivamente, y que la autorización se coloque en la entrada del espacio confinado;
- f) Supervisar que los trabajos se realicen de modo seguro, de acuerdo con lo previsto por la presente Norma;
- g) Vigilar que se evalúen durante el desarrollo de los trabajos las condiciones ambientales de los espacios confinados, con la finalidad de verificar que éstas permitan el desarrollo de las actividades de manera segura;

- h) Verificar que se cuente con los procedimientos de seguridad, a que alude el Capítulo 8 de esta Norma;
- i) Comprobar que se realicen las pruebas o verificaciones a los equipos de medición antes de su uso;
- j) Revisar que los recursos para la atención a emergencias estén disponibles antes del inicio de los trabajos en el espacio confinado, y
- k) Supervisar que se implemente el plan de atención a emergencias y rescate.

9.6 El vigía de los trabajos en el espacio confinado deberá cumplir con lo siguiente:

- a) Tener la capacitación requerida para realizar las funciones que determina el presente numeral;
- b) Permanecer en todo momento durante la realización de los trabajos fuera del espacio confinado, junto a la entrada, en comunicación con el personal que realiza las actividades en el espacio confinado;
- c) Interrumpir los trabajos u ordenar la evacuación del espacio confinado, cuando se presente alguna condición que pueda generar un riesgo grave o inminente, o cualquier otra que ponga en riesgo a los trabajadores o complique la salida de éstos;
- d) Mantener un control del número de trabajadores que ingresen al espacio confinado y comprobar que todos salgan una vez que terminen las actividades;
- e) Asegurar que no se excedan los tiempos de permanencia en el espacio confinado, y
- f) Alertar sobre la ocurrencia de una emergencia al responsable de los trabajos.

10. Plan de atención a emergencias y rescate

10.1 El plan de atención a emergencias y rescate deberá considerar las situaciones de emergencia que puedan presentarse durante los trabajos en el espacio confinado, detectadas en el análisis de riesgos.

10.2 El plan de atención a emergencias y rescate deberá contener, al menos, lo siguiente:

- a) El alcance del plan de conformidad con los trabajos que se realizan, el tipo de espacio confinado y el análisis de riesgos;
- b) Las condiciones en las que el personal de emergencia y de rescate, tanto interno como externo, puede o no ingresar al espacio confinado;
- c) El responsable de implementar el plan;
- d) Los recursos humanos y materiales para su ejecución, señalando los nombres de los trabajadores designados y capacitados para la aplicación del plan, así como la función que cada uno tiene asignada;
- e) La capacitación requerida de los trabajadores en relación con el contenido del plan que considere el tipo de espacio confinado;
- f) El equipo de protección personal y de rescate requerido para la atención a emergencias;
- g) El inventario de los recursos materiales requeridos y disponibles para enfrentar situaciones de emergencia, y
- h) Los procedimientos para:
 - 1) El alertamiento, en caso de ocurrir una emergencia;
 - 2) La comunicación interna y externa en caso de ocurrir una emergencia, junto con el directorio de los servicios de auxilio para la emergencia (bomberos, hospitales y rescate), así como, en su caso, el directorio de los centros de información de manejo de sustancias químicas en casos de emergencia;
 - 3) La interrupción del funcionamiento de la maquinaria y equipo;
 - 4) La suspensión de las actividades;
 - 5) El rescate de trabajadores accidentados;
 - 6) La evacuación de los trabajadores que se encuentren en riesgo, de acuerdo con la(s) situación(es) de emergencia que puedan presentarse, incluidos los trabajadores y personas con discapacidad que no laboran en el espacio confinado y que se presume se encuentran en riesgo;
 - 7) Los primeros auxilios, y
 - 8) La eliminación de los riesgos después de la emergencia, en su caso.

11. Capacitación

11.1 La información que se proporcione a los trabajadores deberá contemplar el resultado del análisis de riesgos de cada uno de los espacios confinados.

11.2 A los trabajadores involucrados en la realización de actividades en espacios confinados se les deberá proporcionar capacitación, con énfasis en la prevención de riesgos, con base en el tipo de espacio confinado y las tareas asignadas, así como sobre el plan de atención a emergencias y rescate.

11.3 La capacitación y adiestramiento proporcionados a los trabajadores deberá consistir en una instrucción teórica, entrenamiento práctico y evaluación de los conocimientos y habilidades adquiridos, y considerar lo siguiente:

- a) El contenido de la presente Norma, con énfasis en la aplicación de las medidas de seguridad;
- b) Los peligros y riesgos presentes en el espacio confinado;
- c) Los riesgos derivados de las propiedades de las sustancias químicas presentes en el espacio confinado;
- d) Los efectos que pueden ocasionar la exposición a las sustancias químicas y los correspondientes peligros físicos y a la salud;
- e) La forma de trabajar en forma segura, los procedimientos de seguridad y las autorizaciones requeridas para desarrollar la actividad;
- f) La forma correcta de operar, revisar y resguardar, en su caso, los equipos de ventilación que se instalen o se utilicen para los trabajos en espacios confinados;
- g) El programa de protección respiratoria, en su caso;
- h) El uso del equipo de protección respiratoria, que incluya las limitaciones para su uso;
- i) El correcto uso del equipo de protección personal, conforme a lo que determina la NOM-017-STPS-2008, o las que la sustituyan;
- j) El uso, manejo y lectura de equipo de medición personal, y
- k) La aplicación del plan de atención a emergencias y rescate, incluyendo la realización de simulacros sobre las posibles situaciones de emergencia que puedan presentarse, previstas en el análisis de riesgos.

11.4 De forma adicional a lo dispuesto en los numerales 11.2 y 11.3, al responsable y al vigía de los trabajos en espacios confinados, se les deberá capacitar, adiestrar y evaluar en los temas siguientes:

- a) El procedimiento para el muestreo de las concentraciones de la atmósfera del espacio confinado;
- b) La evaluación de las concentraciones obtenidas;
- c) Los casos en los que se deberán suspender las actividades, y
- d) Las acciones específicas que deberán desarrollar para la atención de emergencias y rescate.

11.5 A los trabajadores que sean miembros del equipo o brigada de rescate se les deberá capacitar en modo específico en el plan de atención a emergencias y rescate, con énfasis en el uso de equipo de protección personal y de rescate, así como en la aplicación de los procedimientos a que se refiere dicho plan.

11.6 La capacitación y adiestramiento deberá reforzarse por lo menos una vez al año o antes cuando se presente cualquiera de las circunstancias siguientes:

- a) Se introduzcan herramientas, equipo nuevo o se modifiquen las condiciones del interior del espacio confinado;
- b) Haya ocurrido un incidente o accidente;
- c) Se evidencie una operación insegura del equipo, o
- d) Así lo sugiera la última evaluación aplicada a los trabajadores que realizan actividades en espacios confinados.

11.7 Los centros de trabajo deberán llevar el registro de la capacitación y adiestramiento que proporcionen a los trabajadores, el cual deberá contener, al menos, lo siguiente:

- a) El nombre y puesto de los trabajadores a los que se les proporcionó;
- b) La fecha en que se proporcionó la capacitación;
- c) Los temas impartidos, y
- d) El nombre del instructor y, tratándose de agentes capacitadores externos al centro de trabajo, el número de registro ante la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

12. Unidades de verificación

12.1 El patrón tendrá la opción de contratar una unidad de verificación acreditada y aprobada, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, para verificar el grado de cumplimiento con esta Norma.

12.2 Las unidades de verificación que evalúen la conformidad con la presente Norma, deberán aplicar los criterios de cumplimiento que prevé el procedimiento para la evaluación de la conformidad, de acuerdo con lo señalado en el Capítulo 13 de la misma.

12.3 Las unidades de verificación acreditadas y aprobadas que evalúen el cumplimiento con esta Norma deberán emitir un dictamen, el cual habrá de contener:

- a) Datos del centro de trabajo verificado:
 - 1) El nombre, denominación o razón social;
 - 2) El Registro Federal de Contribuyentes;
 - 3) El domicilio completo;
 - 4) El teléfono, y
 - 5) Su actividad principal;
- b) Datos de la unidad de verificación:
 - 1) El nombre, denominación o razón social;
 - 2) El número de acreditación;
 - 3) El número de aprobación otorgado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y
 - 4) Su domicilio completo, y
- c) Datos del dictamen:
 - 1) La clave y nombre de la norma;
 - 2) El nombre del verificador evaluado y aprobado;
 - 3) La fecha de verificación;
 - 4) El número de dictamen;
 - 5) La vigencia del dictamen;
 - 6) El lugar de emisión del dictamen;
 - 7) La fecha de emisión del dictamen, y
 - 8) El número de registro del dictamen emitido por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, al rendirse el informe respectivo.

12.4 La vigencia de los dictámenes emitidos por las unidades de verificación será de un año, siempre y cuando no sean modificadas las condiciones que sirvieron para su emisión.

13. Procedimiento para la evaluación de la conformidad

13.1 Este procedimiento para la evaluación de la conformidad aplica tanto a las visitas de inspección desarrolladas por la autoridad laboral, como a las visitas de verificación que realicen las unidades de verificación.

13.2 El dictamen de verificación vigente deberá estar a disposición de la autoridad laboral cuando ésta lo solicite.

13.3 Los aspectos a verificar durante la evaluación de la conformidad de la presente Norma se realizará, según aplique, mediante la constatación física, revisión documental, registros o entrevistas, de conformidad con lo siguiente:

Disposición	Tipo de comprobación	Criterio de aceptación	Observaciones	Riesgo
5.1	Documental	El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que identifica los espacios confinados en donde se requiere el acceso del trabajador para realizar cualquier tipo de actividad.	Este requerimiento se cumple mediante un listado que indica los espacios confinados del centro de trabajo donde se requiere el acceso del trabajador.	
5.2 y 7	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Clasifica el espacio confinado y cuenta con un análisis de riesgos previo al acceso de los trabajadores, que contempla, según aplique, los riesgos por atmósferas peligrosas, por agentes físicos o biológicos, así como los relativos a las actividades por desarrollar, ➤ Realiza un muestreo para determinar la existencia o inexistencia de una atmósfera peligrosa, previo al inicio de los trabajos en el espacio confinado, de acuerdo con lo establecido por el numeral 8.4 de la presente Norma; ➤ Toma como referencia para realizar la clasificación de los espacios confinados, los valores límite de exposición determinados por la NOM-010-STPS-1999, o las que las sustituyan, así como la información de las hojas de datos de seguridad respectivas, con base en lo que señala la NOM-018-STPS-2000, o las que la sustituyan; ➤ Clasifica en Tipo I o Tipo II los espacios confinados, a partir de los resultados del muestreo a que se refiere el numeral 7.2 de conformidad con lo que prevé la Tabla 1 de esta Norma, de la manera siguiente: <ul style="list-style-type: none"> ✓ En Tipo I al espacio confinado en el que no existe riesgo por deficiencia o enriquecimiento de oxígeno, ni atmósferas explosivas o inflamables, y en el que las concentraciones de sustancias químicas peligrosas son inferiores al nivel de acción. Se clasificará el espacio confinado en este tipo si se cumplen los tres criterios de la Tabla 1 de la presente Norma, y 		<p>Grave</p> <p>Grave</p> <p>Grave</p>

		<ul style="list-style-type: none"> ✓ En Tipo II al espacio confinado que tiene el potencial de causar lesiones y/o enfermedades de trabajo, e incluso puede ser inmediatamente peligroso para la vida y la salud. En éstos se puede presentar una atmósfera peligrosa. Se clasificará el espacio confinado en este tipo si, al menos, se cumple uno de los criterios de la Tabla 1 de esta Norma; ➤ Realiza un análisis de riesgos para cada espacio confinado donde se desarrollan trabajos, y para cada trabajo por efectuar en dichos espacios confinados; ➤ El análisis de riesgos es elaborado por personal que cuenta con capacitación sobre análisis de riesgos en espacios confinados; ➤ El análisis de riesgos considera, al menos, lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> ✓ La descripción de las actividades por desarrollar; ✓ Los riesgos por atmósferas peligrosas: <ul style="list-style-type: none"> ○ Asfixia, debido a deficiencia de oxígeno; ○ Incendio o explosión, por enriquecimiento de oxígeno o por sustancias con concentraciones con porcentaje mayor o igual que el 10% del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad, e ○ Intoxicación, con motivo de concentraciones de sustancias químicas peligrosas, conforme a la información de las hojas de datos de seguridad respectivas, de acuerdo con lo dispuesto por la NOM-018-STPS-2000, o las que la sustituyan; 		<p>Grave</p> <p>Grave</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • Por los materiales que se introducen para efectuar las 		

		<p>actividades;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por los productos o desechos que se generan por el trabajo que se lleva a cabo; • Por áreas o procesos adyacentes en los que se manejen, procesen o almacenen sustancias tóxicas, y • Por las sustancias químicas peligrosas que contiene o contuvo el espacio confinado; <p>✓ Los riesgos por agentes físicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ruido; ○ Iluminación; ○ Vibraciones, y ○ Condiciones térmicas elevadas o abatidas; <p>✓ Los riesgos por agentes biológicos, tales como la presencia de fauna nociva o agentes biológicos peligrosos;</p> <p>✓ Los riesgos mecánicos, eléctricos o neumáticos;</p> <p>✓ Los riesgos derivados de las actividades a desarrollar que contemplan, según aplique, lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ La maquinaria, equipo, herramientas y materiales en el lugar de trabajo, con énfasis en las características y condiciones de seguridad y operación en que se deben encontrar; ○ Los peligros y factores de riesgo existentes por las actividades a desarrollar y los que se originen en las inmediaciones del espacio confinado por otras actividades, tales como conexión de la energía, operación de maquinaria o equipo, restablecimiento de flujo de sustancias, inundaciones, entre otras, y ○ La realización de trabajos en altura; 		
		<p>✓ Los riesgos derivados de las características del espacio confinado, entre otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Por las condiciones en 		

		<p>las que se encuentran las superficies del espacio confinado: inestables, húmedas, resbalosas, entre otras, y</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Por la existencia de material granulado finamente dividido o de tal forma que pueda ocasionar el riesgo de hundimiento o inmersión en dicho material; ✓ El tiempo estimado de duración de las actividades por desarrollar; ✓ El tiempo máximo de permanencia del trabajador en el espacio confinado, y ✓ Las posibles situaciones de emergencia que puedan presentarse durante el desarrollo de los trabajos en el espacio confinado; <p>➤ El análisis de riesgos considera los casos en los que un espacio confinado clasificado inicialmente como Tipo I, puede convertirse en un espacio confinado Tipo II, como consecuencia de las actividades que en él se desarrollan;</p> <p>➤ El análisis de riesgos está:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Disponible para los trabajadores que participan o realizan actividades en espacios confinados, y ✓ Aprobado y firmado por el patrón, o su representante, y el responsable de los servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo; <p>➤ El análisis de riesgos se revisa, actualiza o modifica cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se introducen herramientas, equipo o sustancias nuevas; ✓ Se modifican las condiciones del interior del espacio confinado; ✓ Ocurrió un incidente o accidente, o ✓ Se detecta algún riesgo no previsto en los procedimientos de seguridad, y 		<p>Grave</p>
		<p>➤ A partir del resultado del análisis de riesgos determina las medidas de prevención y control aplicables a los riesgos detectados, las cuales contemplan las medidas de seguridad establecidas en el Capítulo 9 de la presente Norma.</p>		

5.2 y 7.6 a)	<p>Física</p> <p>Entrevista</p>	<p>El patrón cumple cuando, al realizar un recorrido por el centro de trabajo, se constata que el análisis de riesgos está disponible para consulta de los trabajadores que participan o realizan actividades en espacios confinados.</p> <p>El patrón cumple cuando, al entrevistar a los trabajadores seleccionados de acuerdo con el criterio muestral de la Tabla 2 del numeral 13.4, se constata que el análisis de riesgos está disponible para consulta de los trabajadores que participan o realizan actividades en espacios confinados.</p>		
5.3, 8.1, 8.2, 8.3 y 8.4	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cuenta con procedimientos de seguridad, actualizados, para: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Las actividades a desarrollar; ✓ El uso de equipos y herramientas, y ✓ El muestreo y monitoreo para detectar atmósferas peligrosas; ➤ El procedimiento de seguridad para las actividades a desarrollar en los espacios confinados considera lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Los mecanismos de comunicación entre el personal que realiza las actividades en el espacio confinado y el vigía; ✓ La forma de mantener una atmósfera respirable, o de lo contrario, la obligatoriedad de utilizar equipo de protección respiratoria con línea de suministro de aire o equipo de respiración autónomo. Cuando se emplea un respirador con línea de suministro de aire se cuenta con un medio de respiración alternativo para escape en caso de emergencia; ✓ La información, en su caso, de las hojas de datos de seguridad de las sustancias químicas peligrosas que se manejan, de conformidad con lo que establece la NOM-018-STPS-2000, o las que la sustituyan; 		
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Las medidas específicas de seguridad por adoptar, adicionales a las que determina el Capítulo 9 de esta Norma; ✓ Los criterios para evitar o interrumpir las actividades, cuando se compromete la 		

		<p>seguridad o salud de los trabajadores;</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El tiempo estimado de duración de las actividades por desarrollar y el tiempo máximo de permanencia; ✓ La aplicación, antes del inicio de las actividades, de medios de bloqueo de flujo de sustancias, tales como los conducidos en tuberías y/o de energía, a través del uso de tarjetas y candados, así como de equipos o dispositivos, con base en lo señalado por la NOM-004-STPS-1999 y la NOM-029-STPS-2011, o las que las sustituyan, y ✓ El plan de atención a emergencias y rescate para posibles trabajadores accidentados; <p>➤ Los procedimientos de seguridad para el uso de los equipos y herramientas en las actividades que se desarrollan en espacios confinados consideran:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Las indicaciones del fabricante; ✓ Las instrucciones para verificar su correcto funcionamiento; ✓ El uso, manejo, limitaciones, revisión y mantenimiento del equipo de protección personal y la información sobre la capacidad o grado de protección que éste ofrece, así como las condiciones en las que no proporciona protección o donde no se use; ✓ Las acciones por realizar antes, durante y después del uso del equipo de protección personal, para comprobar que continúa proporcionando la protección para la cual fue diseñado; 		
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ La verificación de que cuando el trabajador está expuesto a contaminantes del ambiente laboral, el equipo de protección personal que utilice esté diseñado para proteger al trabajador contra dicho agente; ✓ El modo seguro de utilizar los equipos y herramientas; 		

		<ul style="list-style-type: none"> ✓ La manera de realizar la descontaminación o desinfección del equipo de protección personal, según aplique, después de cada jornada de uso, conforme a las instrucciones del fabricante; ✓ El mecanismo a seguir para reemplazar o reparar inmediatamente el equipo de protección personal cuando derivado de su revisión muestra algún deterioro, que impide su óptimo funcionamiento, y ✓ La forma correcta de realizar el almacenamiento del equipo de protección personal, y en su caso, su disposición final, y ➤ El procedimiento para el muestreo y monitoreo para detectar atmósferas peligrosas en el espacio confinado incluye lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> ✓ El equipo de medición requerido para llevar a cabo el muestreo y monitoreo, que cumpla las características siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ○ Ser de lectura directa; ○ Contar con alarma de peligro por la detección de una atmósfera peligrosa; ○ Estar protegido contra emisiones electromagnéticas o interferencias de radiofrecuencia, y ○ Ser a prueba de explosión o intrínsecamente seguro; ✓ La calibración del equipo de medición de lectura directa de conformidad con las instrucciones o manuales del fabricante; 	<p>Esta disposición se cumple cuando el patrón cuenta con la garantía del fabricante o un certificado emitido por éste, que indiquen que el equipo cumple con las características señaladas en este numeral.</p>	
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Las pruebas de funcionamiento que realizan al equipo de medición de lectura directa, antes de su uso, a fin de comprobar su correcto desempeño, con base en las instrucciones del fabricante; ✓ La forma de tomarse la muestra inicial, desde el exterior del espacio confinado; ✓ La toma de muestras en varias zonas del espacio confinado, 		

		<p>que incluyan, al menos, la parte superior, media y fondo del espacio confinado, a efecto de determinar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ El porcentaje de oxígeno; ○ El porcentaje del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad, y ○ Las concentraciones de contaminantes del ambiente laboral tóxicos, y <p>✓ El tiempo y frecuencia para realizar el muestreo mientras se realiza el trabajo, conforme lo que él determinó, de acuerdo con el análisis de riesgo, para los espacios Tipo I, y el muestreo y monitoreo continuo tratándose de los espacios clasificados como Tipo II.</p>		
5.3 y 8.1	Física	El patrón cumple cuando, al realizar un recorrido por el centro de trabajo, se constata que los procedimientos de seguridad para las actividades a desarrollar; el uso de equipos y herramientas, y el muestreo y monitoreo para detectar atmósferas peligrosas están disponibles para los trabajadores involucrados en las actividades en espacios confinados.		
	Entrevista	El patrón cumple cuando, al entrevistar a los trabajadores seleccionados de acuerdo con el criterio muestral de la Tabla 2 del numeral 13.4, se constata que los procedimientos de seguridad para las actividades a desarrollar; el uso de equipos y herramientas, y el muestreo y monitoreo para detectar atmósferas peligrosas están disponibles para los trabajadores involucrados en las actividades en espacios confinados.		
5.4 y 8.5	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dispone de un plan de trabajo específico para realizar trabajos en espacios confinados, y ➤ El plan de trabajo para llevar a cabo las actividades en el espacio confinado contiene lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> ✓ La descripción de la actividad por desarrollar; ✓ El nombre del responsable de los trabajos y del vigía; ✓ El nombre de los trabajadores que intervienen en la 		

		<p>actividad, y que cuentan con la capacitación requerida para efectuar los trabajos, de conformidad con lo que dispone el Capítulo 11 de la presente Norma;</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El tiempo estimado para realizar la actividad, señalando la hora de inicio y término; ✓ El lugar donde se desarrolla la actividad; ✓ La autorización requerida para realizar los trabajos, con base en lo establecido en el numeral 8.6 de esta Norma; ✓ Los riesgos determinados conforme a lo que prevé el numeral 7.5, de la presente Norma; ✓ El equipo de protección personal y los equipos, maquinaria, herramientas de trabajo que se requieran para realizar la actividad; ✓ Las medidas de seguridad que se requieran, de acuerdo con los riesgos que se puedan presentar al desarrollar el trabajo, y ✓ Los procedimientos de seguridad para realizar las actividades. 		
5.5 y 8.6	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Expide autorizaciones por escrito a los trabajadores, para la realización de trabajos en espacios confinados, y ➤ La autorización para desarrollar trabajos en espacios confinados contiene lo siguiente: 		Grave
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ La identificación, ubicación y la clasificación del espacio confinado; ✓ La fecha y hora de vencimiento de la autorización, que sólo es válida hasta por un turno de trabajo, la autorización se actualiza para cada turno adicional que se requiera; ✓ Los riesgos identificados, de conformidad con el análisis de riesgos, a que alude el Capítulo 7 de esta Norma; ✓ La verificación de que se realizó el aislamiento del 		

		<p>espacio confinado considerando, según aplique:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ El sellado y/o desconexión de las fuentes de energía, fluidos, entre otros; ○ El bloqueo de los equipos o dispositivos eléctricos, con base en lo determinado por la NOM-029-STPS-2011, o las que la sustituyan, y ○ El bloqueo mecánico de equipos, herramientas, conforme a lo que señala la NOM-004-STPS-1999, o las que la sustituyan; <p>✓ Las lecturas iniciales de las concentraciones en el espacio confinado, realizadas previo al inicio de las actividades, que indican:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ El porcentaje de oxígeno; ○ El porcentaje del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad, y ○ Las concentraciones de sustancias tóxicas; <p>✓ La frecuencia para realizar el muestreo mientras se realiza el trabajo, de acuerdo con lo determinado por él, para los espacios Tipo I, y el muestreo y monitoreo continuo tratándose de los espacios clasificados como Tipo II;</p>		
		<p>✓ La verificación de que el trabajador cuenta con la capacitación requerida para efectuar los trabajos, y sobre la identificación y control de peligros y riesgos;</p> <p>✓ Los procedimientos de emergencia y la ubicación del equipo de primeros auxilios y/o rescate;</p> <p>✓ El equipo de protección personal requerido, de conformidad con el riesgo al que están expuestos los trabajadores;</p> <p>✓ Las instalaciones, herramientas y/o equipos eléctricos a prueba de explosión que se requieran, en</p>		

		<p>su caso;</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El tiempo máximo de permanencia del trabajador en el espacio confinado determinado con base en el análisis de riesgos; ✓ La hora de entrada y salida del (los) trabajador(es); ✓ El visto bueno del médico o del responsable de los trabajos sobre la aptitud física del trabajador que ingresará al espacio confinado; ✓ El nombre y firma del vigía; ✓ El nombre y firma del responsable de los trabajos, y ✓ El nombre y firma de la persona que autoriza los trabajos. 		
5.6, 9.1, 9.2 y 9.3	Física	<p>El patrón cumple cuando, al realizar un recorrido por el centro de trabajo, se constata que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Adopta para realizar trabajos en espacios confinados las medidas generales de seguridad siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Señaliza la entrada a todos los accesos a los espacios confinados en los que se estén realizando trabajos, conforme a lo dispuesto por la NOM-026-STPS-2008, o las que la sustituyan; ✓ Delimita y controla el acceso al espacio confinado; 		Grave
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Coloca de forma visible, a la entrada a dicho espacio, la autorización que se haya emitido para la realización de los trabajos correspondientes; ✓ Cuenta con mecanismos de comunicación entre el personal que realiza las actividades en el espacio confinado y el vigía; ✓ Provee a los trabajadores de un sistema de protección personal para interrumpir caídas de altura; cuando existe el riesgo de caída de altura, de acuerdo con lo que establece la NOM-009-STPS-2011, o las que la sustituyan; ✓ Proporciona a los trabajadores, como mínimo arnés y línea de rescate para poder extraerlos en caso de emergencia, de forma que estos elementos no 		

		<p>constituyen un factor de riesgo, y si así lo determina el análisis de riesgos;</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Realiza las actividades de soldadura o corte de conformidad con lo previsto por la NOM-027-STPS-2008, o las que la sustituyan; ✓ Cumple con lo que determina la NOM-029-STPS-2011, o las que la sustituyan, cuando se realizan actividades de mantenimiento a las instalaciones eléctricas dentro del espacio confinado; ✓ Dota a los trabajadores de equipos portátiles para detectar deficiencia de oxígeno, atmósferas inflamables o explosivas, y concentración de contaminantes del ambiente laboral químicos, con base en lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> ○ Para espacios confinados Tipo I, al menos a uno de los trabajadores. En los casos en que laboran simultáneamente varios grupos de trabajo, con condiciones ambientales distintas, dota al menos a un trabajador de cada grupo, con dichos equipos portátiles, y ○ Para espacios confinados Tipo II, se les proporciona a todos los trabajadores; 		
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utiliza instalaciones, herramientas, luminarias y equipos eléctricos a prueba de explosión, en los espacios confinados donde potencialmente existe presencia o residuos de sustancias inflamables o explosivas; ✓ Emplea, en su caso, luminarias de tipo personal con tensiones de seguridad de bajo voltaje, hasta 24 volts; ✓ Comprueba, en su caso, que se cuenta con sistemas de tierras o elementos para drenar la electricidad estática de los equipos y de los trabajadores, en los espacios confinados donde existe riesgo de incendio o explosión; ✓ Utiliza equipo de protección respiratoria con línea de suministro de aire o equipo de 	<p>Esta disposición se cumple cuando el patrón cuenta con la garantía del fabricante o un certificado emitido por éste, que indiquen que las instalaciones, herramientas, luminarias, equipos eléctricos son a prueba de explosión.</p>	

		<p>respiración autónomo, así como el equipo de protección personal adicional con el nivel mayor de protección, de acuerdo con el análisis de riesgos que dispone el numeral 7.4 de esta Norma, cuando no pueda darse cumplimiento a la comparación indicada en el inciso o) de este numeral;</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mantiene una atmósfera respirable por medio de sistemas de ventilación natural o forzada y, cuando esto no es posible, utiliza equipo de protección respiratoria con línea de suministro de aire o equipo de respiración autónomo, de conformidad con lo establecido por los numerales 9.2, 9.3 y 9.4; ✓ Cancela la autorización para realizar los trabajos una vez que éstos terminan o se suspenden, en este último caso las actividades sólo se reanudan cuando el responsable de los trabajos verifica que se mantienen las condiciones que indica la autorización, con base en lo que prevé el numeral 8.6 de la presente Norma; 		
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Interrumpe y prohíbe los trabajos cuando en el espacio confinado el porcentaje de inflamabilidad y/o explosividad es mayor o igual al 10% del límite inferior; ✓ Prohíbe el acceso al espacio confinado a los trabajadores no aptos para realizar este tipo de actividad (que no tengan el visto bueno del médico o del responsable de los trabajos sobre la aptitud física); ✓ Prohíbe que se realicen trabajos cuando no se cuenta con los procedimientos de seguridad; no se aplican las medidas de seguridad, no se cuenta con el equipo de protección personal necesario, no se cuenta con los materiales, herramientas o equipos necesarios para desarrollar la actividad o se presenta cualquier otra anomalía que compromete la seguridad de los trabajadores; 		

		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prohíbe que los trabajadores excedan el tiempo máximo de permanencia indicado en la autorización correspondiente; ✓ Prohíbe que se realice cualquier trabajo en espacios confinados de manera individual, y que su duración exceda un turno de trabajo u ocho horas; ✓ Prohíbe que menores de 18 años y mujeres en estado de gestación realicen actividades en espacios confinados, y ✓ Prohíbe que se introduzca maquinaria o equipos de combustión interna al interior de los espacios confinados; ➤ Para realizar las actividades en forma segura en espacios confinados clasificados como Tipo II adopta medidas de control técnicas y/o administrativas que correspondan, y ➤ Las medidas técnicas de control a que alude el numeral 9.2 de esta Norma comprenden, según apliquen, las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Controla la atmósfera del espacio confinado mediante ventilación y/o purga; 		
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementa, en su caso, un proceso de limpieza del espacio confinado; ✓ Ubica los controles de los ventiladores a una distancia segura del espacio confinado; ✓ Instala, en su caso, un dispositivo de advertencia audible para alertar de la ocurrencia de una falla en la ventilación; ✓ Verifica, en su caso, que el sistema de ventilación no bloquea el acceso al espacio confinado o limita la comunicación entre el personal que realiza las actividades en el espacio confinado y el vigía; ✓ Evita la recirculación de aire contaminado al interior del espacio confinado; ✓ Prohíbe que la ventilación se realice a través del uso de oxígeno puro, y 		

		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Efectúa la medición de las concentraciones de la atmósfera del espacio confinado de acuerdo con el procedimiento para la toma de mediciones para detectar atmósferas peligrosas que señala el numeral 8.4, después de realizar la ventilación o purga. 		
5.6 y 9.1 incisos c); e); n); o) y r)	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Realiza trabajos en espacios confinados, únicamente con trabajadores capacitados y autorizados para ello; ➤ Dispone, en su caso, de instrucciones específicas para desarrollar trabajos en caliente, que incluyen las medidas de seguridad necesarias y las condiciones bajo las cuales no pueden realizarse; ➤ Realiza el muestreo inicial de las concentraciones en la atmósfera del espacio confinado, conforme al procedimiento a que se refiere el numeral 8.4 de la presente Norma; 		Grave
		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Realiza la comparación de las concentraciones existentes en el espacio confinado con los valores límite de exposición señalados por la NOM-010-STPS-1999, o las que la sustituyan, siempre y cuando se pueda realizar la medición con el equipo de lectura directa, con el objeto de verificar que éstas se encuentran por debajo del nivel de acción y permitan el desarrollo de las actividades de modo seguro, y ➤ Establece los criterios para interrumpir los trabajos, cuando se presente alguna condición que pueda generar un riesgo. 		
5.6 y 9.3 incisos a); e); h) y j)	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que para las medidas técnicas de control:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Determina el método por utilizar para la ventilación y/o purga del espacio confinado, conforme al análisis de riesgos, el trabajo por realizar y las características del mismo, evitando contaminar otras áreas del centro de trabajo; ➤ Establece los casos en los que se utiliza la ventilación continua, 		Grave

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Indica en el procedimiento de seguridad determinado en el numeral 8.2, de la presente Norma que se prohíbe que la ventilación se realice a través del uso de oxígeno puro, y ➤ Verifica que los niveles de concentración se encuentran por debajo del nivel de acción, la concentración de oxígeno esté en el rango de 19.5% a 23.5%, y el porcentaje de inflamabilidad sea menor al 10% del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad. 		
5.6 y 9.4	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que en los espacios confinados Tipo II, donde no es posible mantener atmósferas respirables, adopta las medidas administrativas de control siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Revisa los tiempos de duración de las actividades, y en su caso, reprograma las actividades y/o redefine los tiempos de duración de los trabajos; y 		Grave
		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cuenta y da seguimiento a un programa de protección respiratoria, que contiene los elementos siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ✓ El registro de las mediciones de las concentraciones en el interior del espacio confinado; ✓ El suministro de equipo de protección respiratoria de alta eficiencia, y en caso de la existencia de un alta concentración o una concentración inmediatamente peligrosa para la vida y/o la salud, equipo de respiración autónomo o respirador con línea de suministro de aire; ✓ Las evaluaciones médicas del personal que requiere utilizar respiradores para el ingreso al espacio confinado, que permitan determinar: <ul style="list-style-type: none"> ○ La aptitud del trabajador para usar respiradores de presión negativa y positiva, según aplique; ○ La capacidad del trabajador para ver y oír advertencias, de conformidad con el sistema de comunicación y/o alarma con que se 		

		<p>cuenta, tales como: luces intermitentes, timbres o sirenas, entre otros;</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ La aptitud del trabajador para llevar a cabo las tareas asignadas, y ○ La existencia de cualquier enfermedad o anomalía que podrían dificultar el uso del equipo de protección respiratoria o el desarrollo de las actividades en el interior del espacio confinado; <p>✓ Los criterios para la selección de los filtros y cartuchos, con base en lo dispuesto por la NOM-116-STPS-2009 y/o las normas mexicanas NMX-S-002-SCFI-2004 y NMX-S-054-SCFI-2013, sobre respiradores, o las que las sustituyan;</p>		
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ El procedimiento de revisión de ajuste y prueba de hermeticidad de los respiradores; ✓ Las instrucciones para el uso normal y en situaciones de emergencia de los respiradores; ✓ Las instrucciones para revisar la calidad, cantidad y flujo del aire que deberá suministrarse al trabajador, en caso de utilizar equipos de respiración autónomo o respiradores con línea de suministro de aire; ✓ Las instrucciones de mantenimiento, limpieza, desinfección, cuidado, almacenamiento, inspección, reparación, reemplazo y disposición final de los respiradores, y ✓ La capacitación e información al personal que requiere utilizar equipo de protección respiratoria, que incluya las limitaciones para su uso. 		
5.7, 9.5 a) y 9.6 a)	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Designa a un responsable de los trabajos y, al menos, un vigía, y ➤ El responsable de los trabajos y, el (los) vigía(s) cuentan con la capacitación requerida para realizar las funciones a que se refieren los numerales 9.5 y 9.6 respectivamente. 		

5.7, 9.5 y 9.6	Física	<p>El patrón cumple cuando, al realizar un recorrido por el centro de trabajo, se constata que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ El responsable de los trabajos en el espacio confinado cumple con lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Asegura que el vigía, se ubique y permanezca en el exterior del espacio, en todo momento, mientras haya personal en el espacio confinado; ✓ Comprueba antes del inicio de las actividades, según aplique, que se coloquen medios de bloqueo de energía, fluidos, presión, entre otras, por medio del uso de tarjetas y candados, así como de equipos o dispositivos, conforme a lo que establece la NOM-004-STPS-1999 y la NOM-029-STPS-2011, o las que las sustituyan; 		Grave
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elabora y/o tramita la autorización para realizar los trabajos en espacios confinados, y la cancela una vez que éstos terminan o se suspenden; ✓ Verifica, según aplique, que los trabajadores cuentan con el plan de trabajo y la autorización a que se refieren los numerales 8.5 y 8.6 de esta Norma, respectivamente, y que la autorización se coloca en la entrada del espacio confinado; ✓ Supervisa que los trabajos se realicen de modo seguro, de acuerdo con lo previsto por la presente Norma; ✓ Vigila que se evalúen durante el desarrollo de los trabajos las condiciones ambientales de los espacios confinados, con la finalidad de verificar que éstas permiten el desarrollo de las actividades de manera segura; ✓ Verifica que se cuenta con los procedimientos de seguridad, a que alude el Capítulo 8 de esta Norma; ✓ Comprueba que se realicen las pruebas o verificaciones a los equipos de medición antes de su uso; 		

		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisa que los recursos para la atención a emergencias están disponibles antes del inicio de los trabajos en el espacio confinado, y ✓ Supervisa que se implemente el plan de atención a emergencias y rescate, y ➤ El (los) vigía(s) de los trabajos en el espacio confinado cumple(n) con lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Permanece en todo momento durante la realización de los trabajos fuera del espacio confinado, junto a la entrada, en comunicación con el personal que realiza las actividades en el espacio confinado; 		
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Interrumpe los trabajos u ordena la evacuación del espacio confinado, cuando se presenta alguna condición que puede generar un riesgo grave o inminente, o cualquier otra que ponga en riesgo a los trabajadores o complica la salida de éstos; ✓ Mantiene un control del número de trabajadores que ingresan al espacio confinado y comprueba que todos salen una vez que terminan las actividades; ✓ Asegura que no se exceden los tiempos de permanencia en el espacio confinado, y ✓ Alerta sobre la ocurrencia de una emergencia al responsable de los trabajos. 		
	Entrevista	<p>El patrón cumple cuando, al entrevistar al responsable de los trabajos y, al (los) un vigía(s) se constata que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ El responsable de los trabajos en el espacio confinado cumple con lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Asegura que el vigía, se ubique y permanezca en el exterior del espacio, mientras haya personal en el espacio confinado; ✓ Comprueba antes del inicio de las actividades, según aplique, que se coloquen medios de bloqueo de energía, fluidos, presión, entre otras, por medio del uso de tarjetas y candados, así como de equipos o dispositivos, 		Grave

		<p>conforme a lo que establece la NOM-004-STPS-1999 y la NOM-029-STPS-2011, o las que las sustituyan;</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Elabora y/o tramita la autorización para realizar los trabajos en espacios confinados, y la cancela una vez que éstos terminan o se suspenden; ✓ Verifica, según aplique, que los trabajadores cuentan con el plan de trabajo y la autorización a que se refieren los numerales 8.5 y 8.6 de esta Norma, respectivamente, y que la autorización se coloca en la entrada del espacio confinado; 		
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Supervisa que los trabajos se realicen de modo seguro, de acuerdo con lo previsto por la presente Norma; ✓ Vigila que se evalúen durante el desarrollo de los trabajos las condiciones ambientales de los espacios confinados, con la finalidad de verificar que éstas permiten el desarrollo de las actividades de manera segura; ✓ Verifica que se cuenta con los procedimientos de seguridad, a que alude el Capítulo 8 de esta Norma; ✓ Comprueba que se realicen las pruebas o verificaciones a los equipos de medición antes de su uso; ✓ Revisa que los recursos para la atención a emergencias están disponibles antes del inicio de los trabajos en el espacio confinado, y ✓ Supervisa que se implemente el plan de atención a emergencias y rescate, y <p>➤ El (los) vigía(s) de los trabajos en el espacio confinado cumple(n) con lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Permanece en todo momento durante la realización de los trabajos fuera del espacio confinado, junto a la entrada, en comunicación con el personal que realiza las actividades en el espacio confinado; ✓ Interrumpe los trabajos u ordena la evacuación del espacio confinado, cuando se presenta alguna condición que 		

		<p>puede generar un riesgo grave o inminente, o cualquier otra que ponga en riesgo a los trabajadores o complica la salida de éstos;</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mantiene un control del número de trabajadores que ingresan al espacio confinado y comprueba que todos salen una vez que terminan las actividades; ✓ Asegura que no se exceden los tiempos de permanencia en el espacio confinado, y ✓ Alerta sobre la ocurrencia de una emergencia al responsable de los trabajos. 		
5.8	Física	El patrón cumple cuando, al realizar un recorrido por el centro de trabajo, se constata que provee iluminación al interior de los espacios confinados, de conformidad con las actividades por desarrollar, que permite efectuar los trabajos en forma segura, mediante lámparas o equipo portátil y/o sistemas de iluminación.		
5.9	Documental	El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que proporciona a los trabajadores el equipo de protección personal requerido, con base en la clasificación del espacio confinado, el análisis de riesgos, y la actividad por desarrollar conforme a lo dispuesto por la NOM-017-STPS-2008, o las que la sustituyan.		Grave
5.10 y 10	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dispone de un plan de atención a emergencias y rescate que contempla el rescate de posibles trabajadores accidentados, y que incluye el equipo necesario; ➤ El plan de atención a emergencias y rescate considera las situaciones de emergencia que puedan presentarse durante los trabajos en el espacio confinado, detectadas en el análisis de riesgos, y ➤ El plan de atención a emergencias y rescate contiene, al menos, lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> ✓ El alcance del plan de conformidad con los trabajos que se realizan, el tipo de espacio confinado y el análisis de riesgos; ✓ Las condiciones en las que el 		Grave

		<p>personal de emergencia y de rescate, tanto interno como externo, puede o no ingresar al espacio confinado;</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El responsable de implementar el plan; ✓ Los recursos humanos y materiales para su ejecución, señalando los nombres de los trabajadores designados y capacitados para la aplicación del plan, así como la función que cada uno tiene asignada; 		
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ La capacitación requerida de los trabajadores en relación con el contenido del plan que considera el tipo de espacio confinado; ✓ El equipo de protección personal y de rescate requerido para la atención a emergencias; ✓ El inventario de los recursos materiales requeridos y disponibles para enfrentar situaciones de emergencia, y ✓ Los procedimientos para: <ul style="list-style-type: none"> ○ El alertamiento, en caso de ocurrir una emergencia; ○ La comunicación interna y externa en caso de ocurrir una emergencia, junto con el directorio de los servicios de auxilio para la emergencia (bomberos, hospitales y rescate), así como, en su caso, el directorio de los centros de información de manejo de sustancias químicas en casos de emergencia; ○ La interrupción del funcionamiento de la maquinaria y equipo; ○ La suspensión de las actividades; ○ El rescate de trabajadores accidentados; ○ La evacuación de los trabajadores que se encuentren en riesgo, de acuerdo con la(s) situación(es) de 		

		<p>emergencia que puedan presentarse, incluidos los trabajadores y personas con discapacidad que no laboran en el espacio confinado y que se presume se encuentran en riesgo;</p> <ul style="list-style-type: none"> o Los primeros auxilios, y o La eliminación de los riesgos después de la emergencia, en su caso. 	
5.11 y 11	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Proporciona información y capacitación a los trabajadores que realizan actividades en espacios confinados, de conformidad con el trabajo a desarrollar, su clasificación y el resultado del análisis de riesgos; ➤ La información que se proporciona a los trabajadores contempla el resultado del análisis de riesgos de cada uno de los espacios confinados; ➤ A los trabajadores involucrados en la realización de actividades en espacios confinados se les proporciona capacitación, con énfasis en la prevención de riesgos, con base en el tipo de espacio confinado y las tareas asignadas, así como sobre el plan de atención a emergencias y rescate; ➤ La capacitación y adiestramiento proporcionados a los trabajadores consiste en una instrucción teórica, entrenamiento práctico y evaluación de los conocimientos y habilidades adquiridos, y considera lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> ➤ El contenido de la presente Norma, con énfasis en la aplicación de las medidas de seguridad; ✓ Los peligros y riesgos presentes en el espacio confinado; ✓ Los riesgos derivados de las propiedades de las sustancias químicas presentes en el espacio confinado; ✓ Los efectos que pueden ocasionar la exposición a las sustancias químicas y los correspondientes peligros físicos y a la salud; ✓ La forma de trabajar en forma segura, los procedimientos de seguridad y las autorizaciones requeridas para desarrollar la actividad; ✓ La forma correcta de operar, 	<p>La evidencia documental para dar cumplimiento a esta obligación son las constancias de competencias o habilidades laborales.</p>

		<p>revisar y resguardar, en su caso, los equipos de ventilación que se instalan o se utilizan para los trabajos en espacios confinados;</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El programa de protección respiratoria, en su caso; ✓ El uso del equipo de protección respiratoria, que incluye las limitaciones para su uso; 		
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ El correcto uso del equipo de protección personal, conforme a lo que determina la NOM-017-STPS-2008, o las que la sustituyan; ✓ El uso, manejo y lectura de equipo de medición personal, y ✓ La aplicación del plan de atención a emergencias y rescate, incluyendo la realización de simulacros sobre las posibles situaciones de emergencia que puedan presentarse, previstas en el análisis de riesgos; <p>➤ De forma adicional a lo dispuesto en los numerales 11.2 y 11.3, al responsable y al vigía de los trabajos en espacios confinados, se les deberá capacitar, adiestrar y evaluar en los temas siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El procedimiento para el muestreo de las concentraciones de la atmósfera del espacio confinado; ✓ La evaluación de las concentraciones obtenidas; ✓ Los casos en los que se deberán suspender las actividades, y ✓ Las acciones específicas que deberán desarrollar para la atención de emergencias y rescate; <p>➤ A los trabajadores que sean miembros del equipo o brigada de rescate se les capacita de modo específico en el plan de atención a emergencias y rescate, con énfasis en el uso de equipo de protección personal y de rescate, así como en la aplicación de los procedimientos a que se refiere dicho plan, y</p> <p>➤ La capacitación y adiestramiento se refuerza por lo menos una vez al año o antes cuando se presenta cualquiera de las circunstancias siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se introducen herramientas, equipo nuevo o se modifican las condiciones del interior del espacio confinado; 		

		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ha ocurrido un incidente o accidente; ✓ Se evidencia una operación insegura del equipo, o ✓ Así lo sugiere la última evaluación aplicada a los trabajadores que realizan actividades en espacios confinados. 		
5.11 y 11.7	Registro	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia de que cuenta con el registro sobre la capacitación y adiestramiento que proporciona a los trabajadores, el cual contiene, al menos, lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ El nombre y puesto de los trabajadores a los que se les proporcionó; ➤ La fecha en que se proporcionó la capacitación; ➤ Los temas impartidos, y ➤ El nombre del instructor y, tratándose de agentes capacitadores externos al centro de trabajo, el número de registro ante la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 		
5.12	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia documental de que comprueba que los contratistas cumplen con lo señalado en la presente Norma, cuando el patrón conviene los servicios de terceros para realizar trabajos en espacios confinados.</p>	<p>Esta disposición se cumple a través de un documento que contiene los aspectos a verificar señalados en el procedimiento para la evaluación de la conformidad, de acuerdo con lo establecido en el numeral 13.3 de esta Norma, o bien a través de un dictamen emitido por una unidad de verificación de que el tercero cumple con lo señalado en la presente Norma.</p>	
5.13	Registro	<p>El patrón cumple cuando presenta evidencia de que cuenta con los registros del personal autorizado para el desarrollo de los trabajos en espacios confinados; de su ingreso y salida de dichos espacios; sus tiempos de permanencia, y el muestreo y/o monitoreo de la atmósfera.</p>		

13.4 Para la selección de trabajadores por entrevistar, con el propósito de constatar el cumplimiento de las disposiciones que dispone el presente procedimiento para la evaluación de la conformidad, se aplicará el criterio muestral contenido en la Tabla 2 siguiente:

Tabla 2
Muestreo por selección aleatoria

Número total de trabajadores	Número de trabajadores por entrevistar
1-15	1

16-50	2
51-105	3
Más de 105	1 por cada 35 trabajadores hasta un máximo de 15

13.5 Las evidencias de tipo documental o los registros a que alude esta Norma podrán exhibirse de manera impresa o en medios magnéticos, y se deberán conservar al menos durante un año.

14. Vigilancia

La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

15. Bibliografía

15.1 A Guide to Safety in Confined Spaces, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH, July 1987. U.S. Department of Health, Education and Welfare.

15.2 Confined Spaces Guideline, Health and Safety Guidelines. Ministry of Labour, July 2011. Ontario, Canada.

15.3 Manual de Seguridad en el Trabajo. Fundación MAPFRE, 2011. España.

15.4 NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH, September 2007. U.S. Department of Health and Human Services.

15.5 Norma Regulamentadora No. 33: NR-33 Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados, Ministério do Trabalho e Emprego. Brasil.

15.6 NTP 223: Trabajos en recintos confinados, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España.

15.7 Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo, publicado en el Diario Oficial de la Federación de 13 de noviembre de 2014. México.

15.8 Safe work in confined spaces, Confined Spaces Regulations 1997, Approved Code of Practice, Regulations and Guidance. Health and Safety Executive, 2009. Great Britain.

15.9 Working in Confined Spaces. Criteria for a Recommended Standard..., National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH, December 1979. U.S. Department of Health, Education and Welfare.

16. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda con ninguna norma internacional, por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

TRANSITORIOS

PRIMERO. La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los tres meses siguientes a su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO. Durante el lapso establecido en el artículo anterior, los patrones deberán cumplir con las disposiciones específicas para realizar trabajos en espacios confinados contenidas en las normas oficiales mexicanas NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, y la NOM-027-STPS-2008, Actividades de soldadura y corte-Condiciónes de seguridad e higiene, o bien podrán cumplir con la NOM-033-STPS-2015, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados.

En caso de optar por dar cumplimiento a la NOM-033-STPS-2015, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados, los patrones interesados deberán informar, de manera previa, a la autoridad laboral esta decisión y podrán solicitar una inspección de asesoría y asistencia técnica para instrumentar su cumplimiento, en los términos de los artículos 18 y 19 del Reglamento General de Inspección del Trabajo y Aplicación de Sanciones, sin que se hagan acreedores a sanciones por el incumplimiento de la Norma en vigor.

TERCERO. A partir de la fecha en que entre en vigor esta Norma quedarán sin efecto los numerales 8 inciso g), subinciso 5), y 9.10 de la NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene

en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, publicada en el Diario Oficial de la Federación de 2 de febrero de 1999, así como los numerales 9.2 y 10.5 de la NOM-027-STPS-2008, Actividades de soldadura y corte-Condiciónes de seguridad e higiene, publicada en el Diario Oficial de la Federación de 7 de noviembre de 2008.

México, Distrito Federal, a los treinta días del mes de julio de dos mil quince.- El Secretario del Trabajo y Previsión Social, **Jesús Alfonso Navarrete Prida**.- Rúbrica.

REFERENCIAS.

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Diario Oficial de la Federación, México, 15 de septiembre de 2017.
- Ley Federal del Trabajo, Diario Oficial de la Federación, México, 12 de junio de 2015.
- Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo, Diario Oficial de la Federación, México, 21 de enero de 1997.
- Ley Federal Sobre Metrología y Normalización, Diario Oficial de la Federación, México, 30 de abril de 2009.
- Norma Oficial Mexicana NOM-033-STPS-2015 “Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados”, Secretaria del Trabajo y Previsión Social, Diario Oficial de la Federación, México, 31 de agosto de 2015.
- “GUÍA PARA LOS TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS”. Instituto de Salud Pública de Chile, 2016, versión 1.0.
- Nelson L. David (2015), Lehninger “Principios de bioquímica”, Ed. Omega, 6ta edición, 2015.
- Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000 “Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo”, Secretaria del Trabajo y Previsión Social, Diario Oficial de la Federación, México, 27 de octubre de 2000.
- “GUÍA TÉCNICA PARA LA SEGURIDAD Y SALUD EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS “, Fundación para la prevención de riesgos laborales, vol. 1.
- Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1999 “Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral”, Secretaria del Trabajo y Previsión Social, Diario Oficial de la Federación, México, 13 de marzo de 2000.
- “GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (GUÍA DEL PMBOK)”, Project Management Institute, 5ta edición.
- “GUÍA PARA LA SELECCIÓN Y CONTROL DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA”, Departamento de Salud Ocupacional, Instituto de Salud Pública de Chile, Julio 2009.
- Catálogo DIPSA “Equipo de Protección Personal”.