

ISBN 978-987-4035-43-1



9 789874 035431

1ª edición

Febrero 2023

Seguridad en Espacios Confinados

Peligro: El Oxígeno



Material no apto para la venta.

Ing. Néstor Adolfo BOTTA



www.redproteger.com.ar

ISBN 978-987-4035-43-1

EL AUTOR



Néstor Adolfo BOTTA es Ingeniero Mecánico recibido en el año 1992 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata; Ingeniero Laboral recibido en el año 1995 en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata; Diplomado en Ergonomía recibido en el año 2018 en la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario de la Pontificia Universidad Católica Argentina; y Diplomado en Sistemas Integrados de Gestión recibido en el año 2021 en la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Estudiante de la Diplomatura en Teología en el Instituto Bíblico Río de La Plata desde el 2022.

Es el Titular de la empresa Red Proteger, empresa dedicada a la Capacitación y Divulgación de conocimientos en materia de seguridad e higiene en el trabajo (www.redproteger.com.ar).

Desarrolló funciones como Responsable de Higiene y Seguridad en el Trabajo en empresas como SOIME SRL, TRADIGRAIN ARGENTINA SA, AMANCO ARGENTINA SA, MOLINOS RÍO DE LA PLATA SA y SEVEL ARGENTINA SA.

Asesoró a diversas empresas entre las que se destacan AKZO NOBEL SA, CERVECERÍA Y MALTERÍA QUILMES SAICAYG y APACHE ENERGÍA ARGENTINA SRL.

Su extensa actividad docente lo ubica como:

- Profesor en la UCA de Ing. de Rosario para la Carrera de Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo en la asignatura de Riesgo y Protección de Incendios y Explosiones.
- Profesor Titular en la Universidad Nacional del Litoral para la Carrera de Técnico en Seguridad Contra Incendios en la asignatura de Seguridad Contra Incendios III. Sistema de educación a distancia.
- Profesor en la Universidad Nacional del Litoral - Sede Rosario, para la Carrera de Lic. en Seguridad y Salud Ocupacional en la asignatura de Práctica Profesional.
- Profesor Titular en el Instituto Superior Federico Grote (Rosario – Santa Fe) para la Carrera de “Técnico Superior en Seguridad e Higiene en el Trabajo” para las asignaturas de Higiene y Seguridad en el Trabajo I, Seminario Profesional, Prevención y Control de Incendios II, y Prevención y Control de Incendios I.
- Profesor Interino Cátedra “Elementos de Mecánica”. Carrera “Técnico Superior en Seguridad e Higiene en el Trabajo”. ISFD Nro. 12 La Plata – 1.996
- Ayudante Alumno Cátedra “Termodinámica”. Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ingeniería.
- Ayudante Alumno Cátedra “Análisis Matemático”. Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ciencia Económicas.

Datos de Contacto

e-mail: nestor.botta@redproteger.com.ar

Botta, Néstor Adolfo
Seguridad en espacios confinados : peligro : el oxígeno / Néstor Adolfo Botta. - 1a ed.
- Rosario : Red Proteger, 2023.
Libro digital, PDF/A

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-4035-43-1

1. Higiene y Seguridad del Trabajo. 2. Medidas de Seguridad. 3. Seguridad. I. Título.
CDD 628.51

©Todos los derechos reservados.

El derecho de propiedad de esta obra comprende para su autor la facultad exclusiva de disponer de ella, publicarla, traducirla, adaptarla o autorizar su traducción y reproducirla en cualquier forma, total o parcial, por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo fotocopia, copia xerográfica, grabación magnetofónica y cualquier sistema de almacenamiento de información. Por consiguiente, ninguna persona física o jurídica está facultada para ejercitar los derechos precitados sin permiso escrito del Autor.

Editorial Red Proteger®
Rosario – Argentina
info@redproteger.com.ar
www.redproteger.com.ar

*“No os hagáis tesoros en la tierra,
donde la polilla y el orín corrompen,
y donde ladrones minan y hurtan;
sino haceos tesoros en el cielo,
donde ni la polilla ni el orín corrompen,
y donde ladrones no minan ni hurtan.
Porque donde esté vuestro tesoro,
allí estará también vuestro corazón.”*

Mateo 6:19-21



ÍNDICE

- 1) HABLANDO UN POCO DEL OXÍGENO
 - 1.1) ¿Cuándo fue Descubierta el Oxígeno?
 - 1.2) ¿Qué es el Oxígeno?
 - 1.3) El Oxígeno en la Tabla Periódica
 - 1.4) Electrones y Estado Oxidación
 - 1.5) Propiedades Químicas del Oxígeno
 - 1.6) Propiedades Físicas del Oxígeno
 - 1.7) El Oxígeno y la Combustión
 - 1.8) Isótopos del Oxígeno
 - 1.9) La Importancia Biológica del Oxígeno
 - 1.10) Las Aplicaciones del Oxígeno
 - 1.11) La Producción Industrial del Oxígeno
 - 1.12) Compuestos Inorgánicos del Oxígeno
 - 1.13) Compuestos Orgánicos del Oxígeno
 - 1.14) Los Riesgos en su Uso
 - 1.15) Los Efectos del Oxígeno sobre la Salud
 - 1.16) Los Efectos Ambientales del Oxígeno
 - 1.17) La Composición del Aire
- 2) PROBLEMAS CON EL OXÍGENO EN UN ESPACIO CONFINADO
- 3) AMBIENTES CON DEFICIENCIA DE OXÍGENO
 - 3.1) Reglas Generales Básicas
 - 3.2) Causas de la Deficiencia de Oxígeno
 - 3.3) Problemas con la Deficiencia de Oxígeno
 - 3.4) Medidas de Protección
- 4) AMBIENTE ENRIQUECIDO EN OXIGENO
 - 4.1) Causas de Ambiente con Exceso de Oxígeno o Sobreoxigenado
 - 4.2) Problemas con el Exceso de Oxígeno
 - 4.3) Medidas de Protección
- 5) AMBIENTE SUBOXIGENADO CON GASES INERTES
 - 5.1) Características que Definen la Peligrosidad de los Gases Inertes
 - 5.2) Situaciones de Atmósferas Suboxigenadas por Presencia de Gases Inertes
 - 5.3) El Inertizado
- 6) INSTRUMENTOS DE DETECCIÓN DE GASES PELIGROSOS
- 7) MEDICIÓN DE OXÍGENO
- 8) RECOMENDACIONES PARA EL USO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

1) HABLANDO UN POCO DEL OXÍGENO¹

Con cada respiración que hacemos tomamos un poco de un elemento único, que hace posible la vida tal y como la conocemos hoy en día. Aunque ahora nos parece algo muy común, el oxígeno no siempre ha estado ahí y, lo que es todavía más increíble, actualmente la Tierra es el único planeta que se conoce con oxígeno suficiente para la vida.

No siempre fue así, ya que durante los primeros millones de años de la Tierra no había oxígeno en su atmósfera. Se trataba de un lugar inhóspito, en el que pocos seres vivos podían resistir. Y, por supuesto, no había rastro de plantas y animales.

1.1) ¿Cuándo fue Descubierto el Oxígeno?

La autoría del descubrimiento del oxígeno es un hecho discutido. En 1772 el químico Carl Wilhelm Scheele ya había descubierto el oxígeno de forma independiente, al cual se refirió como aire de fuego. Sin embargo, el químico Joseph Priestly publicó antes el trabajo en el que se describía el elemento, por lo que es a este a quien se le adjudica el honor de su descubrimiento.

El nombre del oxígeno proviene del griego antiguo "oxys" que significa "ácido" y "gonos" que significa "productor, generador", es decir, significa "productor de ácidos" porque en aquellos tiempos se suponía erróneamente que los ácidos siempre contenían oxígeno en su estructura química. Este nombre se atribuye al químico Antoine Lavoisier, quien creía que se trataba de un elemento esencial para la generación de ácidos.

Aunque se conocían muchas de sus propiedades a partir del estudio del aire desde épocas antiguas, el oxígeno como elemento fue descubierto mientras Carl Wilhelm Scheele en 1772 notó, mientras quemaba óxido de mercurio, que se liberaba un "aire del fuego".

Otros científicos del momento, como el clérigo británico Joseph Priestley, hicieron el mismo descubrimiento en experimentos análogos y le dieron el nombre de "aire desflogisticado".

Más tarde, Antoine de Lavoisier se dedicó al estudio de la combustión y la oxidación, y descartó las teorías sobre el "flogisto", que era una supuesta sustancia presente en todo lo combustible. Por el contrario, propuso la existencia de un nuevo elemento químico: el oxígeno.

Luego, en 1877, los físicos Raoul Pictet y Louis Paul Cailletet lograron obtener oxígeno líquido, aunque la cantidad que obtuvieron no fue suficiente para analizarlo. En 1891, el químico James Dewar logró obtener una adecuada cantidad de oxígeno líquido para su posterior estudio y en 1895 se desarrolló el primer método para producirlo con interés comercial.

1.2) ¿Qué es el Oxígeno?

El oxígeno, cuya representación simbólica es con la letra O mayúscula (O), es un elemento químico no metálico, normalmente gaseoso, sumamente abundante en la atmósfera e integra el 20,8% de su volumen actual en su forma molecular (O₂) y, el tercero más abundante del universo, luego del hidrógeno y el helio. Es indispensable para la vida tal y como la conocemos, en especial por su capacidad para formar junto al hidrógeno la molécula de agua (H₂O).

Aunque la mayor parte de la atmósfera terrestre está formada por nitrógeno, el oxígeno constituye el 21 % de esta, pero si la atmósfera tuviera menos oxígeno, por debajo del 17

¹ Sobre la base de <https://humanidades.com/oxigeno>, <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/como-se-forma-el-oxigeno-asi-nacio-en-el-planeta-tierra> y https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/propiedades-oxigeno-o_18219

%, la respiración se haría difícil, mientras que por encima del 25 % los compuestos orgánicos inflamables arderían con demasiada facilidad.

Es muy reactivo, por lo que no suele encontrarse en su estado elemental (O), sino formando moléculas compuestas por sus mismos átomos o constituyendo compuestos químicos con otros elementos.

La molécula de oxígeno es usualmente diatómica (O₂) a presión y temperatura ambiente o triatómica, llamado ozono (O₃) bajo condiciones ambientales específicas. Por ejemplo, el O₃ presente en la estratósfera se forma cuando los rayos ultravioletas rompen el O₂, mientras que el O₃ presente en la tropósfera se forma como resultado de las reacciones fotoquímicas entre compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno.

Como posee una reactividad muy elevada, se encuentran átomos de este elemento en numerosos compuestos orgánicos e inorgánicos del planeta, en los diversos estados de agregación de la materia. Se trata, pues, de un elemento sumamente común en el mundo y el universo conocido.

1.3) El Oxígeno en la Tabla Periódica

El oxígeno es el elemento número 8 de la tabla periódica. Se representa con la letra O y en ese grupo está seguido por el azufre (S), el selenio (Se), el telurio (Te), el polonio (Po) y el livermorio (Lv).

El oxígeno se halla entre los elementos no metálicos conocidos como anfígenos.

Anfígeno es un término derivado del francés "*amphigène*". Se trata de un adjetivo que permite hacer referencia al elemento químico que forma parte del grupo compuesto por el polonio, el telurio, el selenio, el azufre y el oxígeno, ubicados todos en la misma columna de la tabla periódica.

También conocidos como calcógenos, los anfígenos presentan seis electrones de valencia. La etimología del concepto está asociada a la capacidad de ciertos elementos de crear compuestos básicos o ácidos.

El conjunto de los anfígenos es llamado grupo 16 o grupo del oxígeno (por su primer elemento), anteriormente denominado grupo VIA. Mientras que los primeros tres elementos son no metales (el oxígeno, el azufre y el selenio), los dos restantes son metaloides (el telurio y el polonio).

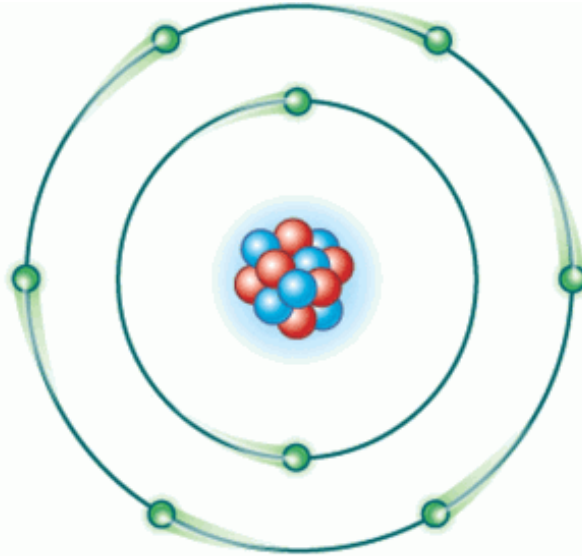
Los anfígenos tienen que aceptar un par de electrones para alcanzar la configuración electrónica que caracteriza a un gas noble. Por eso suelen exhibir un estado de oxidación negativo.

El oxígeno es el segundo elemento más electronegativo de la Tabla Periódica (el flúor es el más electronegativo). Es un elemento que se encuentra en estado gaseoso en condiciones de presión y temperatura ambiente.

Es uno de los elementos altamente reactivos que forman fácilmente compuestos, especialmente óxidos, con la mayoría de los elementos. Es un agente oxidante, con una alta electronegatividad.

1.4) Electrones y Estado Oxidación

El átomo de oxígeno tiene 8 electrones. Según la distribución de electrones de valencia, los 2 primeros electrones irían en la capa 1, los 6 siguientes en la capa 2. Se necesitan 8 electrones para completar la capa 2 y que ésta sea estable. Para poder completar este segundo nivel con 8 electrones, el oxígeno tiende a captar 2 electrones en sus enlaces químicos con otros elementos, por eso su estado de oxidación es -2.



En la molécula de oxígeno, dos átomos se unen a través de enlace covalente con un enlace doble. El oxígeno es el mejor oxidante que existe debido a que la molécula es poco reactiva, por su doble enlace, y sin embargo es muy electronegativa, casi tanto como el flúor.

El oxígeno es uno de los elementos más electronegativos de la tabla periódica, esto quiere decir que tiende a atrapar electrones y formar enlaces iónicos, reaccionando con el resto de los elementos, formando óxidos, sulfatos, nitratos, etc. En la molécula de oxígeno (O_2) dos átomos de oxígeno se unen, a través de un enlace covalente.

1.5) Propiedades Químicas del Oxígeno

El oxígeno es una sustancia química sumamente reactiva, capaz de formar compuestos con casi todos los elementos conocidos con excepción del helio (He) y el neón (Ne). Es el principal de los anfígenos (formadores de ácidos y bases) y sus estados de oxidación son de -2 y -1.

Es un elemento que forma compuestos inflamables y es muy reactivo. En contacto con metales, forma óxidos y corroe las superficies; forma óxidos con los metales alcalinotérreos; con el aluminio en polvo arde de manera violenta en presencia de oxígeno; oxida al hierro formando el óxido de hierro (III) y; forma óxidos cuando reacciona con carbono.

1.6) Propiedades Físicas del Oxígeno

En condiciones normales de presión y temperatura, el oxígeno se manifiesta como un gas incoloro, inodoro e insípido.

Es un mal conductor de calor y electricidad. Ligeramente soluble en agua, alcohol y algunos otros líquidos comunes. Es mucho más soluble en agua que el nitrógeno: el agua dulce contiene alrededor de 6,04 ml de oxígeno por litro, mientras que el agua marina contiene 4,95 ml por litro.

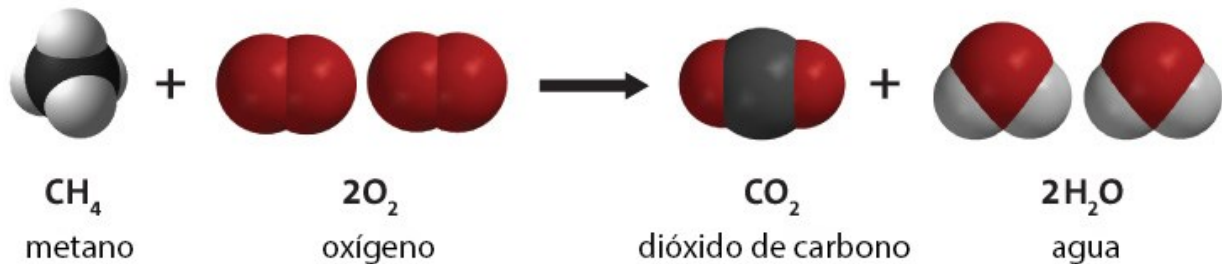
Por otro lado, el oxígeno puede condensarse, pasar de gas a líquido a $-182,95\text{ }^{\circ}\text{C}$ y congelarse a $-218,79\text{ }^{\circ}\text{C}$, pasando a ser líquido y sólido respectivamente, con una coloración azul tenue.

Es más denso que el aire. La densidad del oxígeno es de 1,429 gramos por litro.

1.7) El Oxígeno y la Combustión

El oxígeno molecular es importante para la combustión, especialmente para obtener energía. La combustión es la reacción de un compuesto con un oxidante, que suele ser oxígeno molecular, para producir óxidos.

La combustión de combustibles fósiles como el metano, que se muestra en la figura, produce dióxido de carbono, vapor de agua y energía. La combustión de combustibles fósiles suministra alrededor del 95% de la energía primaria del mundo.



1.8) Isótopos del Oxígeno

El oxígeno tiene tres isótopos naturales y estables: ^{16}O , ^{17}O y ^{18}O , de los cuales primero es el más abundante (99,762%).

Se sabe que existen 14 isótopos radiactivos del oxígeno, de los cuales el más estable es el ^{15}O .

1.9) La Importancia Biológica del Oxígeno

El oxígeno es fundamental en la vida. Forma parte de los azúcares y aminoácidos que componen las moléculas esenciales biológicas: carbohidratos, proteínas, grasas, etc. Además, constituye parte de las moléculas esenciales para el transporte de energía en el organismo de los seres vivos, llamadas ADP y ATP. El ATP (adenosín trifosfato) es la principal molécula implicada en el metabolismo de todos los organismos vivos, mientras que el ADP (adenosín difosfato) y el AMP (adenosín monofosfato) se derivan del ATP durante el procesamiento, por ejemplo, mediante un tratamiento de calor o la fermentación.

Por otra parte, el oxígeno es fundamental para la realización de la fotosíntesis de las plantas, las algas y ciertas bacterias. Para realizar este proceso, estos organismos utilizan el dióxido de carbono (CO_2) del aire y la luz solar para transformar moléculas inorgánicas (como el CO_2 y el agua) en carbohidratos, como la glucosa, liberando oxígeno al ambiente como un producto de esta secuencia de reacciones.

Gracias a este proceso, hace 2.500 millones de años la atmósfera empezó a llenarse de este elemento. Muchas formas de vida anaeróbica en la época fueron eliminadas.

Por el contrario, los animales y otros seres vivos capaces de respirar necesitan del oxígeno atmosférico para romper las moléculas de glucosa que se obtienen de la alimentación. Así se obtiene la energía necesaria para subsistir.

Durante este proceso, llamado respiración, los organismos aerobios toman el O_2 del aire y liberan como subproducto CO_2 .

1.10) Las Aplicaciones del Oxígeno

El oxígeno se utiliza como gas respirable para mantener vivos a pacientes quirúrgicos. El oxígeno posee enormes aplicaciones en las industrias humanas, tales como:

- Usos médicos. El oxígeno se emplea como gas respirable en el mantenimiento con vida de pacientes quirúrgicos y como terapia (oxigenoterapia) para pacientes de afecciones cardíacas, pulmonares, etc. Ciertos isótopos del oxígeno como el 15O se ha usado para tomografías positrónicas.
- Apoyo vital. En las misiones espaciales y submarinas, el oxígeno gaseoso a baja presión se emplea como gas respirable para sostener los niveles de habitabilidad de trajes, naves y habitáculos.
- Usos industriales. El 55% del oxígeno producido en el mundo en laboratorios se destina a ciertas aleaciones del hierro, como el acero. Otro 25% se destina a la industria química, para crear óxido de etileno (C_2H_4O), base para la fabricación de numerosos materiales textiles y plásticos. Finalmente, se emplea también oxígeno para quemar acetileno y fabricar sopletes capaces de cortar metal con suma rapidez.
- Combustibles y purificadores. El oxígeno sirve también para oxidar el combustible de cohetes, para tratamiento de aguas residuales o, como ozono (O_3) para purificadores de agua.

1.11) La Producción Industrial del Oxígeno

La producción industrial del oxígeno se da principalmente a través de dos métodos:

- Filtrado del aire utilizando zeolita. Este método consiste en pasar aire limpio y libre de humedad a través de tamices moleculares de zeolita que retienen el nitrógeno (N_2) y dejan pasar un aire cuyo contenido de oxígeno (O_2) oscila entre 90 y 93%. Este método se emplea para obtener oxígeno a baja escala.
- Electrólisis del agua. Este método consiste en la descomposición de la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno mediante el uso de electricidad: el ánodo (+) atrae las moléculas de oxígeno gaseoso hacia un recipiente, y el cátodo (-) las de hidrógeno.

1.12) Compuestos Inorgánicos del Oxígeno

El oxígeno, debido a su alta electronegatividad, reacciona con otros elementos para formar óxidos. En los óxidos, el oxígeno tiene estado de oxidación -2, mientras que en los peróxidos tiene -1.

El compuesto inorgánico más habitual del oxígeno es el agua (H_2O), pero existen muchísimos óxidos en los que se combina un elemento metálico, no metálico o metaloide con oxígeno. Por ejemplo: el dióxido de silicio (SiO_2), presente en la arena y el granito; la alúmina (Al_2O_3) presente en la bauxita y el corindón; el óxido férrico (Fe_2O_3), en la hematita y el orín; etc.

1.13) Compuestos Orgánicos del Oxígeno

En la química orgánica, el oxígeno es un elemento común como parte de macromoléculas complejas, tales como los alcoholes (R-OH), éteres (R-O-R), cetonas (R-CO-R), aldehídos (R-

CO-H) y ésteres (R-COO-R). Por esta razón, muchos disolventes orgánicos tienen presencia fuerte de oxígeno.

Sin embargo, la mayoría de los compuestos orgánicos con oxígeno, a diferencia de los inorgánicos, no se produce por su acción directa, sino como parte de procesos químicos más complejos.

1.14) Los Riesgos en su Uso

El oxígeno gaseoso (O_2) puede ser un agente tóxico en el cuerpo humano cuando se halla a una presión mayor de 50 kPa. Es el tipo de presión a la que se someten los buzos y submarinistas de profundidad. Entre los síntomas de la intoxicación con oxígeno están las convulsiones, daños oculares, espasmos y daños neurológicos.

Por otro lado, al ser tan oxidante, el manejo de oxígeno en concentraciones altas implica riesgos de estallido o incendios violentos, dado que la molécula es propensa a una rápida combustión.

1.15) Los Efectos del Oxígeno sobre la Salud

El oxígeno es un gas que el cuerpo necesita para funcionar bien. Las células necesitan oxígeno para producir energía. Los pulmones absorben el oxígeno del aire que se respira, luego ingresa a la sangre desde los pulmones y viaja a los órganos y tejidos del cuerpo.

Aunque el oxígeno resulta indispensable para la vida, a altas concentraciones puede resultar tóxico para los seres vivos por su alta capacidad oxidante. Por ejemplo, una exposición prolongada a altos niveles de oxígeno puede provocar náuseas, mareos, espasmos musculares, convulsiones y pérdidas de visión y conocimiento. Del mismo modo puede provocar la irritación de los pulmones, causando tos o insuficiencia respiratoria.

El oxígeno en su forma de ozono (O_3) también puede resultar altamente nocivo cuando se encuentra en la atmósfera al nivel del suelo, ya que respirar ozono puede provocar tos, irritación de garganta y el agravamiento de enfermedades como el asma y la bronquitis. Si la exposición al ozono es prolongada y habitual puede dar lugar incluso a daños pulmonares permanentes o al desarrollo de un enfisema pulmonar.

Pese a algunos de sus escasos efectos nocivos, el oxígeno es el gas más importante para los seres humanos y también es susceptible de ser empleado en el tratamiento de algunas afecciones mediante la llamada oxigenoterapia, que consiste en el suministro de una cantidad adicional de oxígeno mediante algún tipo de dispositivo para tratar desde quemaduras, heridas graves, lesiones e infecciones, hasta embolias, envenenamientos por monóxido de carbono o la enfermedad de descompresión que sufren los buzos.

1.16) Los Efectos Ambientales del Oxígeno

El oxígeno representa aproximadamente el 21% en volumen de la composición de la atmósfera terrestre y es un elemento esencial para la vida en la Tierra. De hecho, todos los organismos aerobios del planeta, entre los que se incluyen los animales y algunas bacterias, toman el oxígeno de la atmósfera para respirar y lo devuelven en forma de dióxido de carbono. Las plantas verdes, las cuales conforman la base de las cadenas tróficas en la Tierra, asimilan este dióxido de carbono y mediante la fotosíntesis, en presencia de la luz solar, liberan oxígeno libre. De hecho, la mayor parte del oxígeno libre de la atmósfera procede de la actividad fotosintética. En el agua, el oxígeno se encuentra disuelto a una razón que varía entre los 7,5 y los 14,5 miligramos por litro, lo que permite la respiración bajo el agua de los organismos acuáticos.

El oxígeno también resulta indispensable en forma de ozono (O_3), el cual conforma en la estratosfera la capa protectora que envuelve a la Tierra, filtrando la radiación ultravioleta e impidiendo alcancen a los seres vivos. Sin embargo, cuando el ozono se instala en las capas bajas de la atmósfera a altas concentraciones puede tener efectos muy nocivos, sobre todo respiratorios, en la salud de las personas y de las plantas.

1.17) La Composición del Aire²

La atmósfera es la masa gaseosa que rodea el planeta y se compone de capas con diferentes densidades de los gases. La capa más delgada y próxima al suelo es la llamada "troposfera". Es donde viven las plantas y los animales, y donde tienen lugar nuestros fenómenos meteorológicos. Tiene una altitud de cerca de 7 kilómetros en los polos y de 17 kilómetros en el ecuador.

El aire seco está compuesto por un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno y un 1% de argón. También contiene vapor de agua, que constituye entre el 0,1% y el 4% de la troposfera. El aire caliente suele contener más vapor de agua que el frío.

Contiene asimismo pequeñas cantidades de otros gases, llamados "gases traza", como dióxido de carbono y metano. Las concentraciones de estos gases en la atmósfera suelen medirse en partes por millón (ppm). Por ejemplo, en 2011 se estimó que las concentraciones de dióxido de carbono, uno de los gases traza más importantes y abundantes en la atmósfera, era de unas 391 ppm, o del 0,0391% (indicador de las concentraciones atmosféricas de la AEMA [Agencia Europea de Medio Ambiente]).

Además, las fuentes tanto naturales como antropogénicas (es decir, asociadas a la actividad humana) liberan a la atmósfera miles de otros gases y partículas (entre ellos hollín y metales).

La composición del aire seco está dada de la siguiente manera:

Elemento	Porcentaje (%)	Porcentaje aproximado (%)
Nitrógeno	78,08	78
Oxígeno	20,94	21
Argón	0,934	0,9
CO ₂	0,0315	--
Otros gases	0,145	0,1

2) PROBLEMAS CON EL OXÍGENO EN UN ESPACIO CONFINADO

Son al menos tres los problemas con el oxígeno en un espacio confinado, aclarando en principio y por todo lo visto en el punto anterior, que es indispensable la presencia del oxígeno en los ambientes de trabajo a costa de los problemas que podría acarrear el mismo. Por ejemplo, la ausencia de oxígeno para evitar la inflamabilidad de los potenciales gases o vapores inflamables en el interior del recipiente hace del trabajo en ese ambiente una situación de gran complejidad y peligrosidad. Siempre la última alternativa a optar es trabajar con un ambiente sin oxígeno o aire para respirar que sería el término correcto.

Los problemas con el oxígeno se pueden clasificar en:

² Sobre la base de <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2013/articulos/cada-vez-que-respiramos>

- Ambientes con deficiencia de oxígeno.
- Ambientes con exceso de oxígeno o sobreoxigenado.
- Ambientes sin oxígeno o inertizados.

Estas situaciones se pueden producir por un mal acondicionamiento del espacio confinado previo al ingreso, a lo que se le puede sumar la falta o error en las mediciones previa al ingreso, o por errores durante el trabajo en el interior como, por ejemplo: la falta de bloqueo o realizado en forma precaria o incorrecta de instalaciones interconectadas al espacio confinado.

3) AMBIENTES CON DEFICIENCIA DE OXÍGENO

Se puede entender como anoxia³ a la falta de oxígeno en un lugar y la asfixia⁴ como la suspensión de las funciones vitales debido a la falta de oxígeno en las células sanguíneas del individuo o simplemente como la dificultad para respirar. La anoxia es la causa y la asfixia el efecto.

El aire normal del ambiente contiene una concentración de 21% de oxígeno. Cuando el nivel del oxígeno en el espacio confinado está por debajo de 19% o 19,5% de la atmósfera total, el área es considerada como deficiente en oxígeno.

Uno de los grandes problemas cuando aparecen niveles de oxígeno bajos es que las señales de aviso no son fáciles de reconocer. Es necesaria una gran experiencia para saber identificar rápidamente la falta de oxígeno en el aire. La mayoría de los trabajadores suelen no ser capaces de reconocer esta situación, hasta que es demasiado tarde y no puedan salir de la zona peligrosa donde se encuentran por sus propios medios. Si además los niveles de O₂ son muy bajos el operario no tendrá siquiera tiempo de analizar su situación pues perderá el conocimiento en breves segundos.

El impacto de la deficiencia del oxígeno puede ser gradual o repentino e inmediato, dependiendo de la concentración de oxígeno normal, los niveles de actividad de las personas que entran al espacio confinado y los niveles de concentración de otros gases en la atmósfera.

3.1) Reglas Generales Básicas

Las reglas generales básicas para seguir en un ambiente confinado se pueden resumir en las siguientes:

- Todo ambiente confinado se presupone de antemano que es deficiente en oxígeno hasta que se demuestre fehacientemente lo contrario.
- Se debe medir siempre el nivel de oxígeno.
- Se debe restaurar el nivel de oxígeno.
- Se deben analizar todas las potenciales situaciones de falta de oxígeno. Se empiezan por las interiores del ambiente confinado y se prosigue con las producidas por las conexiones de ingreso y salida de productos o servicios.
- Se deben analizar las causas de la falta de oxígeno.

³ Anoxia: Falta casi total de oxígeno en la sangre o en tejidos corporales (RAE).

⁴ Asfixia: Suspensión o dificultad en la respiración (RAE).

- Se deben tomar control de esas causas.
- Se debe medir el nivel de oxígeno en forma continuada o a intervalos regulares según las condiciones.

3.2) Causas de la Deficiencia de Oxígeno

La disminución del nivel de oxígeno en el interior de un ambiente puede deberse a dos causas diferentes; el consumo del oxígeno existente, o bien su desplazamiento por otros gases.

Las causas se pueden también clasificar o analizar entre las previas al ingreso o propias del ambiente confinado y las generadas durante el trabajo, tanto sea por la presencia de personas, procesos de trabajo y/o equipos.

Las causas a modo de guía no exhaustiva son las siguientes:

- Desplazado por desprendimiento de dióxido de carbono y/o ácido sulfhídrico debido a descomposiciones y fermentaciones aeróbicas de materia orgánica presente en el interior o en instalaciones comunicadas con el recinto confinado como ser: residuos vegetales en fosos, fangos orgánicos, fermentaciones alcohólicas en tinajas de vino, silos de cereales, alcantarillas, tanques de almacenamiento, pozos, túneles, cubas y tinajas de vino, etc.
- Desplazado por el desprendimiento de metano (CH_4) producto de fermentaciones orgánicas anaeróbicas en fosas sépticas, redes de alcantarillado, digestores de depuración de aguas residuales, etc.
- En términos generales se puede decir que la descomposición de la materia orgánica, como ser restos de alimentos, produce gases que pueden desplazar el oxígeno.
- Desplazado por el aporte de gases inertes en operaciones de purgado o limpieza de depósitos no ventilados posteriormente.
- Consumido por trabajos de soldadura, calentamiento, corte, pequeñas fogatas, uso de equipos eléctricos, estufas o iluminación a gas, etc.
- Desprendimiento de dióxido de carbono debido a la presencia de aguas carbonatadas.
- Absorbido, por ejemplo, en los lechos filtrantes de carbón activo húmedo en reparación de depósitos de filtración de agua.
- Consumido por la oxidación de la superficie metálica interior de tanques.
- Consumido por la combustión, oxidación y otros tipos de procesos naturales o artificiales similares.
- Consumido por motores con combustión interna.
- Desplazado por otros gases o vapores.
- Por absorción del oxígeno por el agua.
- Consumido por la propia respiración humana en recintos cerrados, especialmente de pequeño volumen.
- Por causas naturales en recintos de escasa ventilación, pozo, depósitos, fosos sépticos, etc.
- Por influencia de otras instalaciones, en recintos afectados por vertidos industriales.
- Depósitos y almacenes donde, debido al peligro de incendio y/o explosión, se mantiene artificialmente una atmósfera baja en O_2 (por debajo del 15%). Para ello se utiliza el aporte continuo y controlado de nitrógeno como gas inerte.
- Tanques de almacenamiento de gases inertes.

- Utilización de equipos que sean fuente de gases (soldadura con arco protegido).
- Desprendimiento por calentamiento, de productos contenidos en las paredes porosas de algunos espacios confinados como zanjales, silos de hormigón, etc.
- Utilización de nitrógeno líquido como refrigerante.

3.3) Problemas con la Deficiencia de Oxígeno

La deficiencia de oxígeno, debajo del 21%, presentan los problemas que se resumen en el siguiente cuadro:

Efectos Potenciales de Atmósferas con Deficiencia de Oxígeno

Nivel oxígeno (%)	Efectos y síntomas a presión atmosférica
> 23,5*	Ambiente enriquecimiento de oxígeno.
21	Concentración normal en el aire.
19,5*	Nivel mínimo permisible de oxígeno. Mínimo nivel de seguridad.
19 – 15	Sin efectos visibles. Decece la habilidad para trabajar arduamente.
16,0	Primera señal de anorexia.
16 – 12	Se incrementa la tasa de respiración y aumentan las pulsaciones, se afecta la coordinación, percepción o juicio. La coordinación muscular se deteriora ligeramente.
14 – 10	Trastornos emocionales, fatiga anormal al ejercicio, juicio pobre y labios azules (cianosis).
10 – 8	Pérdida mental, desmayo, pérdida del conocimiento, rostro pálido y labios azules. Náuseas y vómitos. Inhabilidad para moverse libremente.
8 – 6	A los 8 minutos 100% fatal. A los 6 minutos 50% fatal. Entre 4 a 5 minutos se recupera con tratamiento.
< 6,0	Coma en 40 segundos, convulsiones, cesa la respiración y sobreviene la muerte.

Nota: Estos valores son aproximados y varían de acuerdo con el estado de salud y actividad física del trabajador.

(*) Algunas normas toman el valor de 23% como máximo y 19% como mínimo de concentración de oxígeno en el aire como márgenes de seguridad. En general entre el 23,5% y 23%; y el 19,5% y 19% están definidos los márgenes de seguridad en casi toda la bibliografía disponible. Algunos materiales mencionan el valor de 20,5% como valor de mínima.

3.4) Medidas de Protección

Las medidas de protección frente al riesgo de anoxia, producida por cualquiera de las causas definidas anteriormente, van encaminadas a la desaparición de esta situación mediante la utilización de equipos de ventilación. Estos restablecen o mantienen la atmósfera de manera

que sea respirable, y en el caso de que la disminución del oxígeno sea continua, el uso mantenido de los mismos proporcionará unos niveles respirables durante el tiempo que dure el trabajo a realizar.

En los casos en los que no es posible una ventilación adecuada, se habrá de recurrir a los equipos de protección respiratoria, que proporcionarán una atmósfera de calidad e independiente de la presente en el espacio confinado.

Si no es posible una ventilación adecuada para mantener y garantizar el nivel de oxígeno por encima del 19,5%, se debe considerar al ambiente confinado como sin oxígeno y tratarlo con las técnicas y consideraciones relacionadas a las de un ambiente confinado inertizado.

4) AMBIENTE ENRIQUECIDO EN OXIGENO

Se define como atmósfera sobre oxigenada, toda aquella en la que la concentración de oxígeno iguala o supera el 23% o 23,5%. En este tipo de atmósferas el peligro no se debe a sus efectos sobre el proceso respiratorio de los trabajadores, sino al aumento del riesgo de incendio y explosión que genera la situación.

4.1) Causas de Ambiente con Exceso de Oxígeno o Sobreoxigenado

Los ambientes o espacios confinados enriquecidos en oxígeno no son muy comunes, pero se puedan dar por algunas de las siguientes situaciones:

- Procesos donde se usen en el interior equipos con oxígeno como lo son los equipos de oxiacetilénico, especialmente en el proceso de corte donde parte del oxígeno se usa para desplazar de la zona de corte el acero fundido, ese oxígeno no consumido por el soplete queda acumulado en el interior del ambiente.
- Ídem anterior, pero por pérdida de conexión de mangueras de oxígeno o daños en la misma.
- Ídem anterior, pero por mal proceso en la operación de cierre del soplete.
- Presencia de conducciones de oxígeno que pudiera filtrar alguna pérdida al espacio confinado.

4.2) Problemas con el Exceso de Oxígeno

Los principales problemas que trae aparejado el exceso de oxígeno se pueden resumir en los siguientes:

- Las altas concentraciones de oxígeno (más allá del 21%) afectan a los límites de inflamabilidad, situación que normalmente no puede ser detectada con los equipos actuales de medición de inflamabilidad.

Con un aumento del nivel de oxígeno en el ambiente el valor del LII (Límite Inferior de Inflamabilidad) se reduce, la temperatura de ignición se reduce y la potencia necesaria de la fuente de ignición también se reduce, dando por resultado un mayor riesgo de inflamabilidad en el ambiente.

- Potencia reacciones químicas. Con el aumento del oxígeno por encima del 21%, proporcionalmente se incrementa la velocidad de reacción de muchas reacciones químicas, entre ellas por ejemplo la de la combustión.

- Puede hacer convertir a los materiales combustibles ordinarios en altamente inflamables o explosivos.
- El oxígeno gaseoso (O₂) puede ser un agente tóxico en el cuerpo humano cuando se halla a una presión mayor de 50 kPa (0,5 bar) o ante una exposición prologada a altos niveles de oxígeno.

Entre los síntomas de la intoxicación con oxígeno están las convulsiones, espasmos musculares, daños neurológicos, daños oculares y pérdida de la visión, náuseas, mareos, pérdida del conocimiento, irritación de los pulmones, causando tos o insuficiencia respiratoria.

4.3) Medidas de Protección

Si la concentración de oxígeno se encuentra por encima del 23,5%, se tratará de un ambiente sobreoxigenado.

Las medidas de actuación frente a una atmósfera sobreoxigenada, son básicamente la ventilación forzada con aire exterior, que con una concentración del 21% aproximadamente nivelará la concentración interior hasta niveles aceptables, y la inertización del recinto confinado con gases inertes, que actuará de la misma manera, aunque más rápidamente, pero con el peligro de generar una atmósfera suboxigenada si no se controla adecuadamente el aporte de gas inerte.

5) AMBIENTE SUBOXIGENADO CON GASES INERTES

Una de las principales causas de desplazamiento del oxígeno en un recinto confinado es la utilización de los denominados gases inertes.

Un gas inerte es un gas que a presiones y temperaturas de utilización no reacciona con otros materiales. Se consideran como tales los gases nobles helio, neón, argón, criptón y xenón, el nitrógeno, el dióxido de carbono (o anhídrido carbónico) y diferentes mezclas de algunos de ellos. No se consideran como tales los gases que, pese a serlo en condiciones de presión y temperatura normales, pueden dar diferentes tipos de reacciones cuando varían estas condiciones, pudiendo generar incluso gases tóxicos en algunas ocasiones.

5.1) Características que Definen la Peligrosidad de los Gases Inertes

Los gases inertes son incoloros, inodoros e insípidos, por lo que su efecto asfixiante al desplazar al aire se produce sin ningún signo fisiológico preliminar que señale su presencia; en este sentido son, por tanto, mucho más peligrosos que gases tóxicos como el cloro, amoníaco, etc., de los que basta una pequeña concentración ambiental para que su olor característico y penetrante delaten su presencia.

La simple inhalación de dos bocanadas de un gas inerte basta para perder la conciencia y en muy pocos minutos producir lesiones cerebrales irreversibles o la muerte por asfixia, si no se produce una reanimación inmediata.

En el caso de utilizarse como gas licuado, la relación "líquido/gas", es decir, el volumen de gas producido por cada volumen de gas licuado, puede ser muy elevado, pudiéndose citar como ejemplo el caso del nitrógeno, para el cual dicha relación es de 691 litros de gas por litro de gas licuado vaporizado, a una temperatura de 15°C y un bar de presión.

La densidad de alguno de estos gases, como el argón y el CO₂, es mayor que la del aire, lo que favorece la acumulación en lugares donde la ventilación no es adecuada o bien se trate de espacios confinados.

A las anteriores características hay que añadir la ambigüedad que la propia expresión "gas inerte" y que muchas veces se lo considere un gas de seguridad por las situaciones en las que se puede emplear; tal es el caso de la inertización de depósitos, tanques, etc. Todo lo anterior conduce que muchas veces sean considerados como gases carentes de peligro y que sean tratados sin ninguna prevención específica, lo que conduce a que la accidentalidad producida por los mismos sea la más elevada de entre los gases industriales.

5.2) Situaciones de Atmósferas Suboxigenadas por Presencia de Gases Inertes

Lugares característicos donde se pueden presentar atmósferas suboxigenadas por presencia de gases inertes.

5.2.1) Espacios Cerrados o Confinados

- Tanques y recipientes dedicados al almacenamiento de gases inertes y a los que se debe acceder periódicamente para inspección.
- Tanques y recipientes inertizados para proceder a reparaciones en su interior.
- Tanques y recipientes en cuyo interior se empleen equipos de reparación que sean fuente de un gas inerte, como por ejemplo la soldadura con arco protegido. Hay que destacar que la simple introducción de la cabeza por las aperturas de acceso puede ser suficiente para que se produzca el accidente, pues como ya se ha indicado, la inhalación de dos bocanadas de un gas inerte es suficiente para perder la conciencia.
- Galerías subterráneas por las que transcurran conducciones de gases inertes y en las que un escape en las mismas da lugar al desplazamiento del aire.
- Galerías que se encuentren situadas en las proximidades de depósitos de almacenamiento de gases inertes o puntos de descarga de los mismos, deben de ser objeto de una especial atención por la posibilidad que en ellas se pueda producir una acumulación de gas inerte en el caso de pérdida o fuga, téngase en cuenta que varios gases inertes son más pesados que el aire y que el nitrógeno, cuando procede de la vaporización del estado líquido, es un gas muy frío que desciende a los puntos más bajos.
- Interiores de "cajas frías" de sistemas de licuefacción.
- Almacenes y cámaras frigoríficas.

5.2.2) Espacios Semicerrados

- Salas de edificios o locales donde estén presentes congeladores de productos alimenticios con nitrógeno líquido.
- Salas de control con paneles de maniobra y/o control con gas inerte.
- Laboratorios donde se utilicen gases inertes.
- Salas de compresores de gases inertes.
- Salas o locales por donde pasan canalizaciones de gases inertes.
- Almacenes de botellas de gases inertes.
- Zanjas o Fosos, aún situados al aire libre, pueden producir acumulaciones de gases inertes más pesados que el aire y que pueden provenir de fugas en instalaciones situadas en su proximidad o bien de conducciones que transcurran a lo largo de los mismos y en los que una ruptura o incluso el trabajo en las mismas puede dar lugar a la aparición de una atmósfera suboxigenada.

5.3) El Inertizado

Cuando dentro de un recinto confinado existe una atmósfera inflamable, una de las medidas que pueden adoptarse para trabajar en él es la inertización de este.

La inertización consiste en la introducción de un gas inerte dentro de un espacio cerrado. Los gases inertes son productos químicos que, en condiciones normales, no reaccionan con los demás gases o sustancias presentes.

La inertización provoca:

- La disminución de todos los gases presentes en el espacio confinado.
- La disminución de los gases inflamables.
- La disminución del nivel de oxígeno.

La falta de oxígeno hace casi imposible muchas de las reacciones químicas conocidas. Los gases inertes se deben introducir en cantidades suficientes para empobrecer la proporción de lo que se quiere desplazar o eliminar, de manera que por ejemplo, sea imposible la combustión de los gases inflamables presentes en la instalación, al reducir la presencia del oxígeno del aire en un porcentaje por encima del LSI, mirando en este caso la escala del aire.

Los gases más utilizados son el nitrógeno (N) y el dióxido de carbono (CO₂), pudiendo usarse, aunque en menor medida los gases nobles como el helio (He), el neón (Ne), el argón (Ar), el kriptón (Kr), el xenón (Xe) y radón (Rn), vapor de agua y gases de combustión.

Hay que tener en cuenta que las inertizaciones siempre producen inevitablemente atmósferas suboxigenadas.

Otro método es la inertización por inundación. Realmente se trata de un desplazamiento de los gases inflamables por parte de agua, que controladamente inundará el recinto confinado. Tras el llenado del recinto se retirará el líquido mediante bombeo o cualquier otro sistema, de manera que el aire exterior de calidad respirable, vaya completando la atmósfera antes ocupada por el agua. En caso de optar por la inundación habrá que estar seguros de que ninguno de los equipos e instalaciones internos es susceptible de sufrir daños a causa del agua añadida en el proceso.

6) INSTRUMENTOS DE DETECCIÓN DE GASES PELIGROSOS

Los instrumentos deben ser de lectura directa y alimentados por baterías, además, de ser intrínsecamente seguros.

Los dispositivos de monitoreo se los puede clasificar en dos grupos:

- Instrumentos de solo gas.
- Instrumentos multigas, los cuales monitorean una combinación de gases

Las condiciones por medir se las puede dividir en tres grandes grupos:

- Nivel de oxígeno, deficiencia o enriquecimiento.
- Presencia de gas combustible (%LII).
- 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.

Los equipos, además, de ser de un solo gas o del tipo multigas, se lo puede clasificar en:

- Instrumentos de medición que verifican la atmósfera desde afuera, que vienen con accesorios de bombeo, mangueras y lanzas de extensión de mano que permiten desde el exterior hacer mediciones en el interior del espacio confinado.

Son equipos muy necesarios y útiles para evitar ingresar a realizar las verificaciones de ingreso, dado que implica un peligro adicional innecesario y en muchos casos podría evitarse disponiendo de este tipo de instrumental.

Durante todas las operaciones de ensayo e inspección, si fuera necesario el ingreso para efectuar pruebas e inspecciones y la atmósfera en el espacio no está adecuadamente controlado por ventilación mecánica, o si existieran otras condiciones inseguras, se debe exigir la implementación del procedimiento para espacios confinados que requieren permiso.

- Instrumentos de medición que sólo miden en el entorno del equipo. Son equipos que sólo miden en un entorno cercano al mismo, y no disponen de la posibilidad de accesorios de toma a distancia. Por tanto, la persona tiene que estar dentro del espacio confinado para medir.

No son equipos aptos para medir desde el exterior, pero ideales como monitores internos o personales cuando se están desarrollando los trabajos en el interior. Vienen equipos más simplificados que no miden y no dan lectura directa, pero funcionan como alarma cuando el gas lleva al valor seteado por el monitor.

No importa cual tipo de instrumento se utiliza para comprobar las concentraciones de gas ambientales, deberán ser realizados monitoreos regulares durante todas las operaciones en espacios confinados, puesto que el nivel contaminante, de combustibilidad o toxicidad pueden incrementarse aun cuando inicialmente no sean existente o se presente en valores muy bajos. Además, la deficiencia del oxígeno puede ocurrir de improviso.

Para determinar la composición de una atmósfera en un espacio confinado, se deben utilizar instrumentos confiables, verificados y calibrados para tomar muestras de aire por un orificio de drenaje u otro puerto pequeño de entrada que lleve al espacio confinado. En lo posible no se debe abrir la puerta o tapa de entrada del espacio confinado antes de que este paso haya sido terminado. Cambios repentinos en la composición atmosférica dentro del espacio confinado podrían causar reacciones violentas, o diluir los contaminantes del espacio confinado, dando una concentración del gas inicial baja y falsa.

Algunos gases son más pesados que el aire y tienden a permanecer en el fondo de un espacio confinado. Otros son más ligeros y están generalmente en concentraciones más altas cerca del techo del espacio confinado. Aun así, otros son del mismo peso molecular que el aire, y pueden ser encontrados en concentraciones variadas a través del espacio confinado.

Siempre las muestras de prueba deberán ser tomadas siguiendo todas las posiciones para localizar con precisión concentraciones cambiantes de gases o de vapores:

- En la parte superior o techo del espacio confinado.
- En la parte media de todo el espacio confinado.
- En el fondo del espacio confinado.

Se debe contar con el o los planos del ambiente confinado y trazar un grillado o puntos de muestreo predefinidos para garantizar un control en todo ambiente interior. Esto estará en función de la densidad del gas, ventilaciones naturales del ambiente, conexiones, zonas muertas, etc.

El monitoreo de los espacios para el permiso de condiciones de entrada aceptables debe realizarse siempre en el siguiente orden:

1. Contenido en oxígeno.
2. Gases y vapores inflamables.
3. Contaminantes tóxicos potenciales en el aire.

La medición de oxígeno es importante hacerla siempre en primer lugar dado que, de su concentración, especialmente en condiciones de sobreoxigenación, pueden verse alteradas el resto de las mediciones.

Hasta que no sea declarado aceptable el ingreso en dicho espacio, nadie podrá acceder a él, excepto para realizar allí los ensayos e inspecciones exigidas, y luego sólo después de que se hayan tomado las precauciones adecuadas para evitar daños o muerte a la persona que realiza las pruebas e inspecciones.

El ensayo de atmósferas peligrosas es un procedimiento crítico y sólo debería ser efectuado por personal calificado que utilice equipo apropiadamente calibrado y/o verificado.

No siempre en las normativas o legislaciones vigentes están estipuladas calificaciones para las personas que realizan las pruebas o inspecciones, por tanto, se recomienda que el evaluador e intérprete de las pruebas y datos sea ingeniero de seguridad, higienista industrial, profesional de seguridad certificado y habilitado, o personal técnico calificado y habilitado.

Una de las tareas de la persona que efectúa las pruebas es la de determinar qué pruebas se requieren.

Las responsabilidades de ensayo sólo deberían asignarse a personal bien capacitado y calificado.

La prueba requiere un enfoque disciplinado. Antes de establecer el procedimiento de prueba, es importante saber qué ha estado o podría haber estado en el espacio y qué trabajo se realizará en él. Este conocimiento ayudará a establecer qué pruebas son necesarias y con qué frecuencia se deben llevar a cabo. Tareas tales como la soldadura o la purga de líneas y tanques pueden crear atmósferas peligrosas. El helio, argón, nitrógeno, dióxido de carbono y otros gases usados en procesos de desactivación o purga pueden causar asfixia y muerte. Algunos de estos gases, por ejemplo, el dióxido de carbono y el argón, son inodoros, incoloros y más pesados que el aire. Pueden ocupar los niveles más bajos de los espacios restringidos, en forma no diluida, y permanecer indetectables si no se cuenta con los instrumentos apropiados.

7) MEDICIÓN DE OXÍGENO

Para realizar las medidas del nivel de oxígeno en el ambiente se utilizan células detectoras, que aprovechan la reacción química de este gas con un compuesto químico (generalmente plomo) para que, analizando la diferencia de paso de electricidad entre un electrodo sensor y otro contador, cuantificar la cantidad real de oxígeno en el ambiente.

Da el valor en porcentaje (%), es decir de cada 100 partes de la atmósfera analizada, cuantas corresponden al oxígeno.

El riesgo no solamente viene dado por la falta de O₂, sino que su exceso también puede resultar peligroso. Por esta razón la mayoría de los detectores de oxígeno están diseñados para que sus dos niveles de alarma adviertan tanto de la falta como del exceso de O₂.

Frente a altos niveles de CO₂ el detector de oxígeno puede terminar estropeándose debido a la interacción del dióxido de carbono con el sensor de O₂. También se deberá tener en cuenta que algunos compuestos halógenos como el flúor o el cloro pueden interactuar con el sensor dando una medición de oxígeno más alta que la real.

Las concentraciones se miden generalmente sobre un rango de 0 a 25% de oxígeno en aire, con las lecturas que son desplegadas en un indicador electrónico o un medidor analógico. Los indicadores del oxígeno son calibrados con el aire libre de contaminantes conteniendo un mínimo de 20,8% de oxígeno. Con algunos modelos, una alarma es activada cuando el nivel de oxígeno está por debajo de 19,5%.

Lo recomendable es usar los equipos detectores de multigas con al menos celdas para oxígeno y LII.

8) RECOMENDACIONES PARA EL USO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

La mejor recomendación para el uso de un equipo de medición, y dada la variedad de equipos, tecnologías y marcas, no sólo es un buen asesoramiento por un especialista en equipos, sino leer y entender las instrucciones del manual, de esta manera se podrá saber entre otras cosas:

- Limitaciones de uso.
- Interferencias de las mediciones.
- Interpretaciones de las distintas mediciones.
- Interpretaciones de las señales de pantalla y audibles.
- Rango de error.
- Calibraciones.
- Puesta en marcha del equipo.
- Rango de uso ambiental.
- Conservación y mantenimiento.
- Duración de los sensores.

El siguiente es un listado de pautas básicas para realizar mediciones con efectividad, y por sobre todas las cosas, aprender a no subestimar al equipo y las condiciones ambientales.

- Hay que conocer el proceso productivo donde se va a realizar la medición y por sobre todas las cosas, hay que entenderlo. Saber por dónde entran los productos, por donde salen, por donde retornan, como se separan las distintas partes del proceso, etc.
- Hay que saber que se va a medir, donde y que está pasando en el equipo o zona donde se va a realizar la medición. ¿El equipo está parado y limpio? ¿Está en una parada de emergencia? ¿Cómo está bloqueada del resto del proceso? ¿Qué tipo de bloqueos?
- Aun viéndolos vacíos desde el exterior, los tanques o equipos de procesos suelen tener en su interior borras, barros o residuos, éstas pueden emitir gases o contener bolsas de gases atrapadas, que los liberan cuando se los remueve o camina sobre ellos.

- En las paredes de los equipos suele formarse una costra o cáscara que retiene productos.
- Si se va a soldar o calentar una zona del equipo, el calor puede vaporizar productos después de la medición, y no sólo libera gases inflamables, sino, también del tipo tóxicos.
- Muchos accidentes resultan de cambios en las atmósferas, después de ocurrida la entrada. La única manera de detectar los cambios antes de que se torne una atmósfera peligrosa es monitoreando continuamente el ambiente.
- Se debe leer el manual de funcionamiento del equipo antes de su uso. Todos los equipos son distintos, aunque aparentemente funcionen igual. Hay que saber las limitaciones del equipo, las interferencias y los errores de medición. Un buen equipo tiene un buen manual.
- Se debe encender el equipo en una atmósfera donde haya garantías de ausencias de gases combustibles o tóxicos.
- Antes de usar el equipo se debe verificar que el mismo tenga vigente la calibración externa.
- En caso de dudas de funcionamiento del equipo, se debe realizar una medición en una atmósfera donde se tenga la certeza absoluta de que existen gases combustibles o tóxicos.
- Para realizar una medición tener en cuenta la densidad de los gases combustibles. Los vapores más pesados que el aire deben ser medidos a nivel del suelo o en la parte inferior del equipo.
- Al aumentar la temperatura los gases o vapores son más livianos y pueden estar más arriba de lo que se puede sospechar.
- Nunca se debe realizar una sola medición, se debe dejar pasar unos minutos y volver a medir para certificar o garantizar el ambiente de trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- <https://humanidades.com/oxigeno/>
- <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/como-se-forma-el-oxigeno-asi-nacio-en-el-planeta-tierra/>
- https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/propiedades-oxigeno-o_18219
- Trabajos en Recintos Confinados. Autor Iñigo Altube Basterretxea. Edición Aitor Goikoetxea Urtaran- Instituto de Formación Práctica de Riesgos Laborales
- Soluciones en Espacios Confinados. Tratado sobre Peligros y Equipo de Protección Personal. MAS The Safety Company.