

CÁTEDRA DE HIGIENE Y SEGURIDAD

“Elementos sometidos a presión y ambientes hiperbáricos”

. Docente a cargo: Ing. Eduardo Carter

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| GRUPO N°10 |  | Condición | Firma del Docente |
| Allende Posse, Nicolás |  |  |  |
| Delcuadro, Andrea Cecilia |  |  |  |
| Mestre, Maria Lucia |  |  |  |
| Saavedra, Franco |  |  |  |

1. Recipiente sujeto a presión:

Se conoce como *recipiente sometido a presión, a todo elemento construido para operar con fluidos a una presión diferente de la atmosférica,* proveniente ésta de fuentes externas o mediante la aplicación de calor desde una fuente directa, indirecta o cualquier combinación de éstas.

2. Tipos de Recipientes:

Es así como existen numerosos tipos de recipientes que se utilizan en las plantas industriales o de procesos en los cuales la presión es diferente de la presión atmosférica. Algunos de estos elementos tienen la finalidad de almacenar sustancias que se dirigen o convergen de algún proceso especial, es así como este tipo de recipientes son llamados en general tanques.

Actualmente existe una gran variedad de recipientes, los cuales se pueden clasificar por:

* POR SU USO: se pueden clasificar en dos grupos si tenemos en cuenta su fin.
* Recipientes de almacenamiento se utilizan únicamente para almacenar fluidos a presión y de acuerdo con sus servicios son conocidos como tanques de almacenamiento, tanques de día, tanques acumuladores, etc.
* Recipientes de procesos.

* POR SU FORMA: Los recipientes a presión generalmente presentan dos formas típicas, están pueden ser cilíndricos o esféricos. Los primeros son horizontales o verticales y pueden tener en algunos casos, chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de los fluidos según sea el caso.
* POR SU GEOMETRIA:
* Recipientes Abiertos: por ejemplos los tanques abiertos
* Recipientes Cerrados: tanques cilíndricos verticales, fondo plano.
* Recipientes cilíndricos horizontales con cabezas formadas.
* Recipientes cilíndricos verticales con cabezas formadas.
* Recipientes esféricos.

Actualmente debido a la gran cantidad de estudios y al desarrollo de numerosas pruebas en laboratorio, se puede hablar de ciertas recomendaciones con respecto al uso de los tipos más comunes de recipientes.

* RECIPIENTES CERRADOS: Fluidos combustibles o tóxicos o gases finos deben ser almacenados en recipientes cerrados. Sustancias químicas peligrosas, tales como ácidos o sosa cáustica son menos peligrosas si son almacenadas en recipientes cerrados.
* RECIPIENTES ESFÉRICOS: el almacenamiento de grandes volúmenes bajo presiones materiales son normalmente de los recipientes esféricos. Las capacidades y presiones utilizadas varían grandemente. Para los recipientes mayores el rango de capacidad es de 1000 hasta 25000 Psi (70.31 - 1757.75 Kg/cm2). Y de 10 hasta 200 Psi (0.7031 - 14.06 Kg/cm2) para los recipientes menores.

Cuando una masa dada de gas esta almacenada bajo la presión, el volumen de almacenamiento requerido será inversamente proporcional a la presión de almacenamiento.

Los recipientes esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento, y se recomiendan para almacenar grandes volúmenes esféricos a altas presiones. Puesto que la forma esférica es la forma natural que toman los cuerpos al ser sometidos a presión interna esta sería la forma más económica para almacenar fluidos a presión sin embargo en la fabricación de estos es mucho más cara a comparación de los recipientes cilíndricos.

3. Materiales a utilizar en recipientes sometidos a presión:

3. a - Clase de Materiales:

El código ASME indica la forma de suministro de los materiales más utilizados, lo cual está implícito en su especificación.

Debido a la existencia de diferentes materiales disponibles en el mercado, en ocasiones no resulta sencilla la tarea de seleccionar el material ya que deben considerarse varios aspectos como costos, disponibilidad de material, requerimientos de procesos y operación, facilidad de formato, etc. De este modo resulta necesario una explicación más amplia acerca del criterio de la selección de los materiales que pueden aplicarse a los recipientes como:

ACEROS AL CARBÓN: es el acero más disponible y económico. El mismo es recomendable para la mayoría de los recipientes donde no existen altas presiones ni temperaturas.

ACEROS DE BAJA ALEACIÓN: como su nombre lo indica, estos aceros contienen bajos porcentajes de elementos de aleación como níquel, cromo, entre otros. Y en general están fabricados para cumplir condiciones de uso específico. Son un poco más costosos que los aceros al carbón. Por otra parte no son resistentes a la corrosión, pero tienen mejor comportamiento en resistencia mecánica para rangos más altos de temperaturas respecto a los aceros al carbón.

ACEROS DE ALTA ALEACIÓN: los mismos son comúnmente llamados aceros inoxidables. Su costo en general es mayor que los dos aceros anteriormente nombrados. El contenido de elementos de aleación es mayor, por lo cual dicho acero tiene alta resistencia a la corrosión.

MATERIALES NO FERROSOS: la intención de utilizar este tipo de materiales es con el fin de manejar sustancias con alto poder corrosivo para facilitar la limpieza en recipientes que procesan alimentos y proveen tenacidad en la entalla en servicios a baja temperatura.

3. b - Propiedades que los materiales deben satisfacer:

A continuación se detallan algunas de las propiedades características que deben tener los materiales a utilizar.

* SOLDABILIDAD

Los materiales usados para fabricar recipientes a presión deben tener buenas propiedades de soldabilidad, dado que la mayoría de los componentes son de construcción soldada. Para el caso en que se tengan que soldar materiales diferentes entre él, estos deberán ser compatibles en lo que a soldabilidad se refiere. A mayor cantidad de elementos, mayor cantidad de precauciones deberán tomarse durante los procedimientos de soldadura.

* PROPIEDADES MECÁNICAS

Al considerar las propiedades mecánicas del material es deseable que estos materiales tengan una *buena resistencia a la tensión, un alto nivel de alargamiento y una mínima reducción de área*. Con estas propiedades principales se establecen los esfuerzos de diseño para el material en cuestión.

* PROPIEDADES FÍSICAS

La principal característica a la que se refiere esta propiedad es buscar que el material *utilizado tenga un coeficiente de dilatación térmica.*

* PROPIEDADES QUÍMICAS

La propiedad química que debemos considerar en el material que utilizaremos en la fabricación de recipientes a presión es *su resistencia a la corrosión*. Este factor es de muchísima importancia ya que un material mal seleccionado nos causará muchos problemas, las consecuencias que se derivan de ello son:

* En primer lugar la **reposición del equipo corroído**, ya que un material que no sea resistente al ataque corrosivo puede corroerse en poco tiempo de servicio.
* **Sobre diseño en las dimensiones**. Para materiales poco resistentes al ataque corrosivo puede ser necesario dejar un excedente en los espesores dejando margen para la corrosión, esto trae como consecuencia que los equipos resulten más pegados, de tal forma que encarecen el diseño además de no ser siempre la mejor solución.
* **Mantenimiento preventivo**, se requiere para proteger los equipos del medio corrosivo utilizar pinturas protectoras.
* **Paros debido a la corrosión de equipos**. Un recipiente a presión que ha sido atacado por la corrosión necesariamente debe ser retirado de operación, lo cual implica las pérdidas en la producción y demoras.
* **Contaminación o pérdida del producto.** Cuando los componentes de los recipientes a presión se han llegado a producir perforaciones en las paredes metálicas, los productos de la corrosión contaminan el producto, el cual en algunos casos es corrosivo.
* EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES SUGERIDOS

Existen ciertas características y pautas que deben analizarse en el material, como son: duración estimada del material, grado de confiabilidad del mismo, disponibilidad y tiempo de entrega del material. Cuál es el costo que él tiene y cuál será el costo de mantenimiento e inspección que el mismo implica.

. Causas de sobrepresión:

Las diversas situaciones que ocasionan contingencias por sobrepresiones se pueden clasificar como:

1. Incendio externo: esta situación genera, que se requiera un caudal mayor de alivio debido a la gran cantidad de energía aportada por la transferencia de calor del incendio. La energía absorbida por el fluido el cual se encuentra contenido en el recipiente, en principio estará limitada por su superficie y el tipo de aislamiento que disponga el recipiente contra el fuego.
2. Efectos ambientales: son debidos a la radiación solar y a cambios en la temperatura y presión atmosféricas que puedan afectar a la presión interna y al caudal del venteo de alivio de vapor. Es muy importante tener en cuenta la influencia del aumento de temperatura sobre la dilatación de la fase líquida que ocasionaría la ruptura del recipiente. Para evitar esta situación no se debe sobrepasar un determinado grado de llenado con el cual se garantiza la existencia de un volumen de vapor encima de la fase líquida y en consecuencia una presión de equilibrio en función de la temperatura.
3. Actuaciones incorrectas: las más corrientes son debidas a equivocaciones en la operación de válvulas (como un cierre inadvertido en la conducción de salida de un recipiente o la apertura de válvula en la entrada), que pueden ocasionar una sobrepresión. En el caso de un sistema de bombeo la presión máxima alcanzada sería la presión de la bomba con la impulsión cerrada. Un cierre inadvertido de la válvula a la entrada de un recipiente o la apertura de una válvula en la salida puede crear el vacío dentro del recipiente o puede dar lugar a sobrepresión en el caso en que el fluido contenido pueda absorber energía a través de serpentines calefactores internos o de la pared externa. A los anteriores errores se pueden añadir la adición de una sustancia equivocada a un reactor, una dosificación incorrecta, una operación intermitente a destiempo como un purgado.
4. Fallos de instrumentación: El fallo de un dispositivo de control automático puede crear una sobrepresión procedente de una fuente de alta presión o alta energía, si cierra una válvula de control de salida o si abre una válvula de control de entrada. De forma similar un fallo de un control de nivel puede dejar pasar un flujo de gas o vapor a alta presión hacia un recipiente situado aguas abajo.
5. Fallos de válvulas: Los fallos mecánicos de válvulas pueden ocasionar las consecuencias mencionadas en las secciones anteriores. A éstos se puede añadir el fallo de una válvula de retención que deje pasar el fluido en sentido inverso y origine una sobrepresión aguas arriba de esa válvula.
6. Fallos de equipos: Entre los fallos típicos de equipos rotativos están los de una bomba de extracción de fluido caliente en una columna de destilación mediante un sistema de recirculación por bombeo, el fallo de un compresor de refrigeración de un tanque de almacenamiento a baja temperatura y el de un ventilador extractor en un sistema equilibrado. Un fallo típico de los intercambiadores de calor es la rotura de uno o más tubos conductores del fluido térmico. La corrosión interna o externa es una causa frecuente de pérdida de resistencia de equipos, especialmente en las soldaduras.
7. Fallos de los servicios generales de una planta: Los principales pueden ser fallos en los *servicios de la energía eléctrica*, lo cual ocasiona la parada de los equipos accionados eléctricamente y particularmente las bombas del agua de refrigeración, los ventiladores del aire de refrigeración y los compresores de refrigeración. También pueden ocurrir fallos en los *servicio del aire de instrumentación*, lo cual afecta a las válvulas de control y al control automático. *Fallos del control por ordenador*, lo cual ocasiona la pérdida de control del proceso con movimientos simultáneos de válvulas. Inconvenientes en el servicio del *vapor de agua*, deja fuera de acción a los equipos movidos por turbina, especialmente a generadores eléctricos y equipos de refrigeración. Y también se pueden dar fallos en el *servicio del suministro de combustible* que afecta a los motores de combustión y especialmente turbinas de gas y motores diésel.
8. Otros efectos: entre estos se incluyen:

* Reacciones químicas incontroladas o explosiones internas.
* Variación rápida de la presión.
* Contaminación de una sustancia densa o espesa con un componente de punto de ebullición inferior.
* Rotación o inversión del fluido en tanques de almacenamiento refrigerados causada por una estratificación de temperatura seguido de un movimiento rápido de convección y vaporización.

. DECRETO 351/79

A continuación realizamos la trascripción del Reglamento de la Ley 19587, aprobada por decreto 351/79, la cual luego analizaremos.

. Art. 138°: “En todo establecimiento en que existan aparatos que puedan desarrollar presión interna, se fijarán instrucciones detalladas, con esquemas de la instalación que señalen los dispositivos de seguridad en forma bien visible y las prescripciones para ejecutar las maniobras correctamente, prohíban las que no deban efectuarse por ser riesgosas e indiquen las que hayan de observarse en caso de riesgo o avería. Estas prescripciones se adaptarán a las instrucciones específicas que hubiera señalado el constructor del aparato y a lo que indique la autoridad competente. Los trabajadores encargados del manejo y vigilancia de estos aparatos, deberán estar instruidos y adiestrados previamente por la empresa, quien no autorizará su trabajo hasta que éstos no se encuentren debidamente capacitados.”

Se entiende como aparato sometido a presión interna a todo recipiente cerrado (caldera, caldereta, calentador, horno, etc.) que pueda generar en su interior una presión mayor que la atmosférica.

De acuerdo a las prescripciones los esquemas gráficos de instalación deberán indicar en forma bien visible los dispositivos de seguridad y el detalle de maniobras especificará tres condiciones:

1. Detallar las maniobras correctas de operación.
2. Detallar prohibiendo todas aquellas maniobras que no deben efectuarse.
3. Detallar indicando especialmente que se debe realizar en casos de riesgos o avería

Art. 139°: “Los hogares, hornos, calentadores, calderas y demás aparatos que aumenten la temperatura ambiente, se protegerán mediante revestimientos, pantallas o cualquier otra forma adecuada para evitar la acción del calor excesivo sobre los trabajadores que desarrollen sus actividades en ellos o en sus inmediaciones, dejándose alrededor de los mismos un espacio libre no menor de 150 m., prohibiéndose almacenar materias combustibles en los espacios próximos a ellos. Los depósitos, cubas, calderas o recipientes análogos que contengan líquidos que ofrezcan riesgo por no estar provistos de cubierta adecuada, deberán instalarse de modo que su borde superior esté por lo menos, a 0,90 m. sobre el suelo o plataforma de trabajo. Si esto no fuera posible se protegerán en todo su contorno por barandas resistentes de dicha altura.”

Se indica las protecciones que deben presentar los aparatos que aumentan la temperatura ambiente y también se establecen las condiciones de Seguridad para los depósitos, cubas o recipientes que contengan líquidos

Art. 140°: “Las calderas, ya sean de encendido manual o automático, serán controladas e inspeccionadas totalmente por lo menos una vez al año por la empresa constructora o instaladora y en ausencia de éstas por otra especializada, la que extenderá la correspondiente certificación la cual se mantendrá en un lugar bien visible. Cuando el combustible empleado sea carbón o leña, no se usarán líquidos inflamables o materias que puedan causar explosiones o retrocesos de llamas. Iguales condiciones se seguirán en las calderas en las que se empleen petróleo, sus derivados o gases combustibles. Los reguladores de tiro se abrirán lo suficiente para producir una ligera corriente de aire que evite el retroceso de las llamas. Siempre que el encendido no sea automático, se efectuará con dispositivo apropiado.

Durante el funcionamiento de la caldera, se controlará repetida y periódicamente durante la jornada de trabajo el nivel de agua en el indicador, purgándose las columnas respectivas a fin de comprobar que todas las conexiones estén libres. Las válvulas de desagües de las calderas se abrirán completamente cada 24 horas y si es posible en cada turno de trabajo. En caso de ebullición violenta del agua de las calderas, la válvula se cerrará inmediatamente y se detendrá el fuego, quedando retirada del servicio la caldera hasta que se comprueben y corrijan sus condiciones de funcionamiento. Una vez reducida la presión de vapor, se dejarán enfriar las calderas durante un mínimo de 8 horas.

Las calderas de vapor deberán tener, independientemente de su presión de trabajo, válvulas de seguridad y presóstatos, las cuales al llegar a valores prefijados, deberán interrumpir el suministro de combustible al quemador. Las calderas cuya finalidad sea la producción de agua caliente, independientemente de los valores de temperatura de trabajo, deberán poseer acuastato, los que interrumpirán el suministro de combustible al quemador, cuando la temperatura del agua alcance ciertos valores prefijados. Cuando las calderas usen como combustible gas natural o envasado, deberán poseer antes del quemador dos válvulas solenoides de corte de gas. Las mismas deberán ser desarmadas y limpiadas cada 6 meses, desmagnetizando el vastago del solenoide. Las válvulas solenoides, los presóstatos, acuastatos y válvulas de seguridad que se usen, deberán integrar en serie el circuito de seguridad, el cual estará aislado térmicamente de la caldera. Este circuito deberá probarse todos los días. Cuando la combustión en el quemador se inicie con un piloto, éste deberá tener termocupla que acciones la válvula de paso de gas del propio piloto y las válvulas solenoides, de manera tal que al apagarse el piloto por acción de esta termocupla, se interrumpa todo suministro de gas al quemador de la caldera.”

Se refiere a las condiciones de seguridad que deben presentar las calderas, ya sean de encendido manual o automático

Art. 141°: Otros aparatos que puedan desarrollar presión interna y que no se hayan mencionado en los artículos precedentes deberán poseer:

* 1. **Válvulas de seguridad**, capaces de evacuar con la urgencia del caso la totalidad del volumen de los fluidos producidos al exceder los valores prefijados para ésta, previendo los riesgos que puedan surgir por este motivo.
  2. **Presóstatos**, los cuales al llegar a sus valores prefijados interrumpirán el suministro de combustible, cesando el incremento de presión.
  3. Deberá preverse asimismo, la **interrupción del suministro de fuerza motriz** al aparato ante una sobrepresión del mismo.

Art. 142°: El almacenado de recipientes, tubos, cilindros, tambores y otros que contengan gases licuados a presión, en el interior de los locales, se ajustará a los siguientes requisitos:

* Su número se limitará a las necesidades y previsiones de su consumo, evitándose almacenamiento excesivo.
* Se colocarán en forma conveniente, para asegurarlos contra caídas y choques.
* No existirán en las proximidades sustancias inflamables o fuentes de calor.
* Quedarán protegidos de los rayos del sol y de la humedad intensa y continua.
* Los locales de almacenaje serán de paredes resistentes al fuego y cumplirán las prescripciones dictadas para sustancias inflamables o explosivas.
* Estos locales se marcarán con carteles de "peligro de explosión", claramente visibles.
* Se prohíbe la elevación de recipientes por medio de electroimanes, como su traslado por medio de otros aparatos elevadores, salvo que tengan ese fin.
* Estarán provistos del correspondiente capuchón.
* Se prohíbe el uso de sustancias grasas o aceites en los orificios de salida y en los aditamentos de los cilindros que contengan oxígeno o gases oxidantes.
* Para el traslado, se dispondrá de carretillas con ruedas y trabas o cadena que impida la caída o deslizamiento de los mismos.

Se indica cual es el método de almacenaje y transporte para los recipientes, tubos, cilindros, tambores, etc., que contengan gases licuados a presión.

Art. 143°: “Los aparatos en los cuales se pueda desarrollar presión interna por cualquier causa ajena a su función específica, poseerán dispositivos de alivio de presión que permitan evacuar como mínimo el máximo caudal del fluido que origine la sobrepresión.”

Art. 144°: “Los aparatos sometidos a presión interna capaces de producir frío, con la posibilidad de desprendimiento de contaminantes, deberán estar aislados y ventilados convenientemente.”

Se refiere a todos a aquellos aparatos que por cualquier causa puedan desarrollar presión interna o sean capaces de producir frío.

CÓDIGO ASME

En la sección VIII, se hace referencia a los “Recipientes a presión”, en donde se indica que el objetivo de esta norma *establece los requisitos mínimos de seguridad e higiene con que deben contar los recipientes sujetos a presión y los generadores de vapor o calderas que se instalen en los centros de trabajo*, así como las características de las inspecciones que se realicen con el fin de vigilar el cumplimiento de esta norma.

El campo de aplicación de la misma es de cumplimiento obligatorio en los centros de trabajo donde se utilicen los recipientes sujetos a presión y generadores de vapor o calderas a que la misma se refiere.

. Obligaciones:

* 1. Obligaciones del empleador
* Tener autorizados por la Secretaría de energía los equipos y conservar su vigencia de autorización durante la vida útil de los mismos.
* Manifestar a la Dirección General de Seguridad e Higiene en el Trabajo correspondiente, por escrito, en la solicitud de autorización de funcionamiento del equipo, el tipo de pruebas alternativas que se sugiere se practiquen en los equipos, en sustitución de las pruebas hidrostática o hidrostáticaneumática.
* Cuando se solicite la intervención de una unidad de verificación, el empleador tendrá la obligación de solicitar autorización previamente a la Dirección General de Seguridad e Higiene en el Trabajo correspondiente, por escrito, para el caso de que pretenda realizar pruebas alternativas a los equipos, en sustitución de las pruebas hidrostática o hidrostática-neumática, la justificación técnica y la metodología para su desarrollo.
* Contar con el personal capacitado para la operación y mantenimiento de los equipos.
* Elaborar y establecer por escrito un manual de seguridad e higiene para la operación y mantenimiento de los equipos, sus accesorios y dispositivos. El manual debe contener: Medidas de seguridad durante el arranque, operación, paro, y para el mantenimiento de los equipos, dispositivos, accesorios y equipos auxiliares, así como los procedimientos para el control y manejo en situaciones de emergencia y retorno a condiciones normales.
* Difundir el manual entre los trabajadores encargados de la operación, mantenimiento y seguridad.
* Marcar o pintar en un lugar visible del equipo, el número de control que la Secretaría de energía le asignó y entregó por escrito al momento de su autorización.
* Aislar, proteger e identificar los equipos y tuberías que se encuentren a temperaturas extremas en las áreas de tránsito de los trabajadores y en las áreas de operación de los equipos.
* Dar aviso a la Dirección correspondiente cuando se pretenda modificar la instalación o las condiciones de operación de los equipos.
* Conservar el registro por cada equipo o grupos de ellos interconectados.
* Solicitar la continuidad de la vigencia de la autorización de funcionamiento.
* Solicitar al fabricante del equipo el certificado de fabricación, la memoria de cálculo y dibujo.
* En caso de que el empleador no cuente con la documentación anterior, para los efectos de la autorización deberá presentar constancia de la memoria de cálculo y dibujo del equipo, elaborados por un ingeniero calificado, con base a los datos técnicos del equipo.
  1. Obligaciones de los trabajadores
* Participar en los cursos de capacitación y adiestramiento para el manejo de los equipos.
* Realizar las anotaciones correspondientes, consignando y reportando las condiciones de operación de los equipos, así como cualquier alteración que pueda causar algún accidente o desperfecto.
* Operar los equipos de conformidad con lo establecido en los manuales de procedimientos de seguridad proporcionados por el patrón.

Procedimiento para la autorización de funcionamiento de los equipos.

Para el funcionamiento de los equipos en los centros de trabajo, el empleador debe avisar o solicitar autorización de funcionamiento a la Secretaría de Energía de la Nación, conforme a lo siguiente:

1. Dar aviso por escrito a la Secretaría de Energía antes de la fecha de inicio del funcionamiento de los equipos, adjuntando Dictamen expedido por la Unidad de Verificación debidamente acreditada, que certifique que los mismos cuentan con las condiciones de seguridad y los dispositivos establecidos en las diferentes normas o
2. Solicitar por escrito a la Dirección General de Seguridad e Higiene en el Trabajo correspondiente, autorización para el funcionamiento de los equipos, a fin de que, previa inspección practicada por la Dirección correspondiente y satisfechos los requisitos previstos, se otorgue la autorización correspondiente.

En ambos casos la Secretaría de Energía asignará un número de control a cada equipo a través de oficio.

* La autorización de funcionamiento a que se refiere lo anteriormente expuesto tendrá una vigencia de 10 años para equipos nuevos y de 5 años para equipos usados.
* Antes del vencimiento de los plazos mencionados, para obtener la continuidad de la vigencia de autorización de funcionamiento, el empleador deberá presentar a la Dirección correspondiente un dictamen expedido por una unidad de verificación acreditada que certifique que los equipos continúan con las condiciones de seguridad y los dispositivos establecidos en la norma, o solicitar una visita de inspección a la Dirección correspondiente.

Si el dictamen de la unidad de verificación o el acta de la visita de inspección es favorable en el sentido de que los equipos cumplen con las condiciones de seguridad, dichos documentos se considerarán como constancia de la continuidad de la vigencia de la autorización de funcionamiento.

Si del resultado de las visitas de inspección se detectara que los equipos no reúnen las condiciones de seguridad establecidos en normas, la Dirección correspondiente ordenará se subsanen las deficiencias identificadas y colocará un aviso.

Si como resultado de la inspección se detecta que los equipos ya no son susceptibles de reparación alguna y representan un riesgo inminente para la seguridad de los trabajadores o del centro de trabajo, se cancelará la autorización de funcionamiento, señalándose este hecho en el acta correspondiente, debiendo el empleador notificarlo conforme al apartado siguiente:

* Cuando un equipo deje de operar definitivamente, el empleador deberá notificarlo a la Dirección General de Seguridad e Higiene en el Trabajo correspondiente en un lapso no mayor a 15 días hábiles y presentar copia de la constancia del número de control asignado al equipo.

Condiciones de seguridad e higiene

* 1. Los equipos deben ser instalados en lugares en donde los riesgos potenciales sean mínimos, considerando los procesos, las condiciones de operación e instalación, los fluidos utilizados y las atmósferas circundantes al equipo, resguardados de impactos por maquinaria o equipo móvil, de acuerdo con los estándares industriales y las normas oficiales.
  2. Las estructuras que soporten a los equipos, deben ser construidas para resistir los esfuerzos trasmitidos ellas por cargas o expansiones de los equipos. Cuando se encuentren expuestas a cualquier fuente de calor o corrosión, deben construirse y protegerse para que no sean afectadas.
  3. La presión de operación de los equipos no debe exceder a la presión de calibración de las válvulas de seguridad señalada en la autorización de los mismos.
  4. Los equipos deben instalarse libres de impactos y vibraciones, con iluminación y ventilación permanente, adecuadas a los procesos que realicen.
  5. Los pisos y accesos a los equipos deben mantenerse libres de obstáculos y materiales que entorpezcan el libre acceso, de tal manera que sea posible realizar fácilmente maniobras en su cercanía.
  6. Los accesos a los dispositivos de seguridad y equipos auxiliares deben mantenerse libres en todo momento.
  7. Los generadores de vapor o calderas deben ser instalados en locales o áreas destinadas específicamente para ellos.
  8. Los generadores de vapor o calderas deben instalarse de tal manera que cuenten con un espacio mínimo de 1.5 m entre el techo del local y la parte más alta del equipo, a fin de permitir efectuar reparaciones, inspecciones, ajustes y pruebas.
  9. Los generadores de vapor o calderas deben instalarse entre ellos o entre las divisiones que limitan el local, con un espacio mínimo de un metro a partir del cuerpo de la caldera o del accesorio más sobresaliente, de tal manera que permita al personal efectuar la operación y las reparaciones sin dificultad.
  10. Los depósitos de combustible para el abastecimiento de los generadores de vapor o calderas, deben cumplir las condiciones de seguridad de acuerdo a las normas vigente.
  11. El generador de vapor o caldera, independientemente de que opere en forma manual o automática, debe estar vigilado permanentemente durante el tiempo que esté en operación.

Inspecciones y Mantenimiento a los Equipos

**Disposiciones Generales:**

* Durante el desahogo de la inspección, el inspector debe ordenar las medidas de seguridad necesarias para que los equipos se ajusten a las disposiciones de esta norma, las que debe asentar en el acta, señalando el plazo para su cumplimiento, el cual no debe exceder de 30 días naturales.
* En relación al plazo referido en el punto anterior el patrón puede promover la ampliación del mismo, justificando su solicitud ante la Dirección correspondiente, antes del vencimiento del plazo señalado.
* Cuando el equipo presente condiciones de riesgo inminente que amerite su paro inmediato, el inspector deberá asentarlas en el acta de inspección, haciéndolo del conocimiento del empleador y de la Comisión de Seguridad e Higiene del centro de trabajo.
* Si durante las inspecciones de condiciones generales de seguridad e higiene, se detectan equipos operando sin haber cumplido con lo establecido en el primer punto de esta norma, el inspector debe colocar en dichos equipos el aviso señalado en el tercer punto de esta norma.

**Tipos de Inspecciones:**

Inspección Inicial: Es la que se realiza después de otorgada la autorización provisional de funcionamiento, misma que debe efectuarse en un término no mayor de seis meses, a efecto de otorgar la autorización definitiva de funcionamiento, y comprenderá las siguientes fases:

Reconocimiento del equipo

Pruebas técnicas.

Inspección periódica: Debe efectuarse cada 12 meses.

Inspección extraordinaria: Esta inspección se debe efectuar por cualquiera de las razones siguientes:

- Para investigar causas relacionadas con riesgos de trabajo ocurridos y provocados por el equipo instalado en el centro de trabajo.

- Cuando el patrón pretenda modificar la instalación o las condiciones de operación de los equipos.

- Solicitud del empleador, para la continuidad de la vigencia de la autorización de funcionamiento de los equipos.

- Para prevenir alguna condición anormal en el equipo a solicitud de la Comisión de Seguridad e Higiene en los centros de trabajo.

- De oficio y a petición de los trabajadores.

Inspección de comprobación: tiene por objeto verificar que las medidas de seguridad, reparación o adecuación de un equipo señaladas en una inspección inicial, periódica o extraordinaria, son o no cumplidas en los términos de esta norma.

**Recomendaciones**

Cuando debe ingresar personal a inspeccionar interiormente las calderas, como así también la de sus accesorios y de seguridad, se deben tomar las máximas medidas de seguridad, por ejemplo: Asegurarse que en el interior del aparato no existan ningún gas tóxico o inflamable y disponer de una ventilación antes de permitir la entrada del personal afectado a la inspección, se debe proveer a estos de equipos de respiración autónoma, una iluminación adecuada alimentada con una tensión no mayor de 24 V, y elementos de protección personal tales como gafas o anteojos, guantes y cascos.

El personal que trabaje en zonas confinadas deberá utilizar un cabo salvavidas y será constantemente atendido por otra persona apostada en el exterior también con su equipo de salvamento colocado.

Nunca se debe mezclar o utilizar alternativamente combustibles sólidos con líquidos o gaseosos, estos últimos son utilizados en calderas preparadas para tal fin.

Se deben solicitar al proveedor o constructor del aparato las instrucciones escrita para efectuar la puesta en marcha de los aparatos y las maniobras seguras a realizar en caso de apagado imprevisto de quemadores, baja normal del nivel de agua o sobre elevación imprevista de la presión interna.

CALDERA

Recipiente cerrado que genera vapor de agua a presiones superiores a las atmosféricas, absorbiendo parte del calor que desarrolla la combustión de algún material combustible en el hogar.

La caldera está compuesta de un cuerpo cilíndrico de chapa de acero herméticamente cerrado y expuesto directamente a la acción de las llamas y de los gases calientes. Dicho cilindro, llamado cámara de agua, contiene un determinado volumen de agua, que recibe a través de las chapas el calor que le ceden los productos de combustión. El agua que se vaporiza ocupa la parte superior del cuerpo cilíndrico de la caldera o cámara de vapor.

El plano de separación entre el agua y el vapor, o sea el espejo de agua, constituye el nivel de la caldera o nivel de agua. Este nunca debe dejar al descubierto aquellas partes de la caldera que se encuentran en contacto con la llama o con los gases calientes, ya que el recalentamiento de las chapas entraña el peligro de explosión.

Generalmente en la caldera existe un domo que permite instalar la toma de vapor alejada del nivel de agua, para que el vapor que sale de la caldera arrastre la menor cantidad posible del agua que proyecta la ebullición; es decir que el vapor salga lo más seco posible.

El conducto de humos es por donde los productos de la combustión pasan del hogar a la base de la chimenea. Dichos productos se mueven impulsados por el tiro que crea la chimenea, o por medio de ventiladores.

Mecanismos de seguridad en las calderas

* Válvulas de Seguridad o Alivio
* Detector de llama o Fotocelda
* Control de presión de seguridad o límite
* Control auxiliar de bajo nivel de agua ALWC
* Alarmas tipo acústica o visual

**Disposiciones:**

* + Los generadores de vapor o calderas deben contar cuando menos con una válvula de seguridad calculada técnicamente para evitar riesgos durante la operación del equipo, cuyas características estén de acuerdo con las condiciones de operación.
  + Las válvulas de seguridad de los generadores de vapor o calderas, deben instalarse en la parte superior de los mismos y tener la capacidad de descarga acorde al flujo de desfogue teórico.
  + La presión de la calibración de las válvulas de seguridad utilizadas en ningún caso debe rebasar la presión de trabajo máxima permisible.
  + Los generadores de vapor o calderas deben tener al menos un manómetro graduado en kg/cm2; kPa o bar, calibrado periódicamente, conectado a la cámara de vapor de tal manera que no esté sujeto a vibraciones y ofrezca una visión clara y libre de obstáculos.
  + La presión de operación debe estar ubicada en el tercio medio de la escala de la carátula del manómetro.
  + Los recipientes deben protegerse con válvulas de seguridad o de alivio de presión, discos de ruptura u otros dispositivos, calculados técnicamente y construidos con materiales para resistir las condiciones del servicio a que se destinen.
  + Los recipientes sujetos a presión deben tener instalados en su cuerpo, tubería o tablero de control, manómetros o vacuómetros calibrados periódicamente.
  + El desfogue de fluidos tóxicos, inflamables y explosivos, a través de dispositivos de seguridad, deberá señalarse en el manual de seguridad para evitar riesgos a los trabajadores, medio ambiente de trabajo y atmósfera en general.

**Válvulas de Seguridad o Alivio**

* Toda caldera deberá tener una o varias válvulas de seguridad que permitan el DESALOJO de vapor con una capacidad igual o mayor de la capacidad de generación nominal del equipo. En algunos casos se requiere un 10 - 15 % por encima de la capacidad.
* El fabricante determina el volumen de desalojo, el número de válvulas y los diámetros adecuados para cada modelo y capacidad de generación.
* Las válvulas de seguridad deben ser accionadas manualmente con regularidad, mínimo una vez al mes, para asegurar su buen funcionamiento; sedimentos retenidos en el asiento de la válvula podrían “pegar” la válvula o impedir el cierre total, generando fugas.
* Cada 6 meses o cuando lo recomiende un inspector de calderas, se deberá realizar una prueba de disparo automático de las válvulas incrementando la presión hasta el límite de diseño
* En caso de fallo, la válvula sustituta deberá tener la misma capacidad de desalojo que la original y respetar el diámetro.

**Detector de llama**

Principal control de seguridad de operación del quemador. Sin detectar la llama, automáticamente e inmediatamente APAGA el quemador, mientras exista llama, mantiene operando el quemador.

Actúa con la llama piloto para establecer la llama principal; 10 segundos después de la llama piloto, el quemador inicia la operación normal, 15 segundos adicionales permiten detectar una mala combustión o combustión errática

**Control de presión de seguridad o límite**

* Dispositivo de control de presión que bloquea totalmente la operación de la caldera cuando la presión excede de la presión normal de operación; por esta razón es llamado control límite.

**Control auxiliar de bajo nivel de agua ALWC**

* Dispositivo OPCIONAL que evita problemas de falta de nivel de agua, en caso fallara el control de nivel principal.

**Alarmas tipo acústica o visual**

* Dispositivo que anuncia una falla o corte de operación por bajo nivel de agua, falla en llama, falla del programador, etc.
* Tipo acústico: timbre o corneta
* Tipo visual: Luz en tablero, tablero remoto o foco local.
* Recomendable en toda caldera.
* Alerta al operador para tomar acción correctiva inmediata.

Personal encargado de las operaciones

Los encargados del manejo de los aparatos, además de recibir las instrucciones necesarias sobre el funcionamiento de los aparatos y equipos, deberán contar con un título o habilitación expedida por la autoridad competente, de acuerdo a la reglamentación vigente en la zona que se encuentre instalado el establecimiento. Este personal no solo deberá estar capacitado en el funcionamiento y manejo sino que, además, también en las ejecución de instalaciones rutinarias de los controles operativos y de seguridad.

Inspecciones y mantenimiento de aparatos

Cuando debe ingresar el personal a inspeccionar interiormente las calderas, se deben tomar las máximas medidas de seguridad, por ejemplo:

* Asegurarse que en el interior del aparato no existan ningún gas tóxico o inflamable y disponer de una ventilación antes de permitir la entrada del personal afectado a la inspección.
* Se le debe proveer al personal equipos de respiración autónoma, una iluminación adecuada alimentada con una tensión no mayor de 24 V, y elementos de protección personal tales como gafas o anteojos, guantes y cascos.
* El personal que trabaje en zonas confinadas deberá utilizar un cabo salvavidas y será constantemente atendido por otra persona apostada en el exterior también con su equipo de salvamento colocado.
* Nunca se debe mezclar o utilizar alternativamente combustibles sólidos con líquidos o gaseosos.
* Se deben solicitar al proveedor o constructor del aparato las instrucciones escritas para efectuar la puesta en marcha de los aparatos y las maniobras seguras a realizar en caso de apagado imprevisto de quemadores, baja normal del nivel de agua o sobre elevación imprevista de la presión interna.

Como resolver o prevenir ciertas emergencias de calderas o máquinas

Las emergencias producidas por calderas y por el equipo mecánico van desde simples incidentes por rotura hasta explosiones. La central eléctrica es generalmente el área más propicia a las emergencias, pero éstas pueden producirse casi en cualquier parte. Algunas actuaciones y prevenciones son:

. Bajo nivel de agua en la caldera:

* Actuación: Cortar el suministro de combustible y determinar si han sido dañados el colector de vapor o los tubos.
* Prevención: Instalar controles de nivel mínimo de agua y alarma adecuados.

. Alto nivel de agua en la caldera:

* Actuación: Cortar la alimentación de agua, drenar el agua hasta en nivel normal.
* Prevención: Instalar controles de alimentación de agua y alarme de nivel máximo. Comprobar periódicamente los controles.

. Turbina fuera de control:

* Actuación: Desconectar manualmente. Cerrar la válvula de toma de vapor.
* Prevención: Comprobar periódicamente el mecanismo de sobrevelocidad y otros dispositivos de seguridad.

. Cortocircuito:

* Actuación: Desconectar el circuito. Abrir el disyuntor del circuito. Estar preparado para usar extintores apropiados para incendios eléctricos.
* Prevención: Realizar mediciones de resistencia eléctrica del aislamiento para descubrir defectos. Mantener coordinados apropiadamente los dispositivos de protección del sistema.

. Equipo eléctrico inundado:

* Actuación: Hacer que no circule corriente por el circuito de energía eléctrica. Sacar los motores para secarlos y probarlos.
* Prevención: Al instalar el equipo eléctrico debe escogerse un lugar que no sea propicio a las inundaciones. Usar protecciones y cubiertas para impedir la humedad.

. Incendio en un motor eléctrico:

* Actuación: Abrir el disyuntor del circuito. Estar preparados para usar extintores apropiados para los incendios de este tipo.
* Prevención: Proporcionar mantenimiento periódico de motores, anillos y circuito de regulación.

. Escape de vapor:

* Actuación Si el escape es un tubo de vapor corte inmediatamente el vapor. Si el escape es una caldera detenga la misma.
* Prevención: Determinar la causa del escape y los factores relacionados para evitar que vuelva a suceder.

. Fallas repetidas de un motor:

* Actuación: Sustitución por un motor de recambio.
* Prevención: Determinar si el uso del motor es correcto.

Gases comprimidos, tubos, cilindros, tambores

Si en los establecimientos se reciben grandes cantidades de recipientes con gases comprimidos es necesario almacenar éstos en un área especialmente destinada para tal fin, las que deberán ser diseñadas tal que sean:

a) Resistente al fuego.

b) Bien ventilados.

c) Localizados lejos de fuentes de ignición o calor excesivo.

d) Secos

e) Protegidos de los rayos de sol.

f) Evitar su almacenamiento en sótanos o debajo de superficies o tarimas.

g) Las áreas interiores no deben estar localizadas cerca de calderas, tuberías de vapor o agua caliente, ni de cualquier fuente de ignición o calor.

Ambientes Hiperbáricos

**Concepto de ambiente hiperbárico**

Se define como hiperbárico a un ambiente cuya presión barométrica es al menos dos veces mayor que la presión atmosférica a nivel del mar. Si bien podríamos pensar que un local cuya presión resulte superior a 1 atm (o 760 mmHg), está en condiciones de considerarse hiperbárico, la experiencia demuestra que hasta presiones barométricas de 2 atm, fisiológicamente, el cuerpo no se ve afectado por la presión.

**Trabajos en ambientes hiperbáricos**

Los trabajos en estos ambientes son debidos básicamente a dos situaciones:

1) En las profundidades del mar o lagos en donde el ambiente de trabajo es naturalmente hiperbárico.

2) En ambientes presurizados artificialmente con el fin de solucionar problemas del tipo técnico.

Ejemplos: mantenimiento y construcción de puentes, dársenas, puertos, plataformas petroleras, túneles subacuáticos y los trabajos de defensa de orillas marítimas y fluviales, que requerirán realizar los trabajos junto al agua o dentro de ella, con cajones o inmersiones.

**Efectos sobre la salud**

Hasta presiones barométricas de 2 atm, fisiológicamente, el cuerpo no se ve afectado por la presión. Los gases del aire pueden seguir siendo respirados, y la absorción de estos en la sangre es tan similar a la encontrada en condiciones normales que no son necesarios los ciclos de descompresión ni mayores cuidados particulares. Cuando trabajamos con presiones absolutas que superen las 2 atm (o 1520 mmHg), el cuerpo comienza a evidenciar los efectos de la presión.

En un medio hiperbárico, el hombre está en contacto con mayor número de gases que los que respira en forma normal.

El aire está compuesto por un 80% de nitrógeno y un 20% de oxígeno; al aumentar la presión tendría que aumentar la cantidad de oxígeno, pero esto no sucede porque el hombre vive de éste y lo consume, mientras al nitrógeno lo acumula.

Si sometemos a un hombre durante bastante tiempo respirando nitrógeno a presión, como lo acumula, se 'llena" de este gas. Al exponerlo a su presión normal, el gas que estaba disuelto va a adquirir nuevamente su forma, convirtiéndose en burbujas circulando por toda la sangre. A eso se lo llama embolia gaseosa. Las secuelas pueden provocar trastornos graves como el taponamiento de las arterías del cerebro al impedir las burbujas de aire la circulación, o quizás secuelas "menores", como la parálisis de un brazo, dolores articulares, etc.

**Riesgos para la salud**

* En inmersiones los riesgos que se enfrentan son el ahogamiento, mal de descompresión, hipotermia y atrapamiento debajo del agua. El riesgo se puede ver incrementado si el agua está en movimiento o es afectada por las mareas.
* Los riesgos en el trabajo en cajones neumáticos son la enfermedad del buzo y el ahogamiento si el agua penetra en el cajón por algún fallo estructural o por pérdida de la presión del aire.
* Los trabajadores en túneles que tienen que trabajar en una atmósfera de aire comprimido están expuestos al mismo riesgo de enfermedad de los buzos que los trabajadores en cajones y los submarinistas.

Los riesgos surgen cuando los obreros no hacen la descompresión con la lentitud suficiente al final del turno, o si la falta de capacidad de la esclusa retrasa la entrada de equipo vital para los trabajos bajo presión.

Por otro lado las sustancias químicas que se utilizan en los trabajos subterráneos de diversas formas pueden producir en la atmósfera del túnel vapores de formaldehído, amoníaco, alcohol etílico o butílico, y el radón aparece de forma natural en algunas rocas y puede filtrarse en la atmósfera de trabajo, donde se degradará, convirtiéndose en otros isótopos radiactivos. Algunos de ellos emiten radiaciones alfa y pueden inhalarse, aumentando el riesgo de cáncer de pulmón.

Trabajar con presión implica también que la densidad del oxígeno se ve aumentada, lo que trae aparejado un creciente riesgo de ignición de materiales combustibles, debido a la abundancia de oxidante, por lo que en las tareas de excavación en ambientes bajo presión debe realizarse un manejo mucho más prudente de materiales combustibles que en la superficie.

**Accidentes debidos a trabajos en ambientes hiperbáricos**

El realizar trabajos bajo presión, en ambientes hiperbáricos, puede provocar distintos accidentes:

**a)** Según el momento en que se producen:

1. Accidentes de descenso

2. Accidentes de permanencia

3. Accidentes de ascenso

**b)** Según la causa que los desencadena:

1. Accidentes por déficit respiratorio (suspensión de la respiración):

*.* **Ahogamiento***:* La asfixia ocurre cuando el cuerpo se encuentra sumergido en el agua y esta ingresa a las vías respiratorias obstruyendo el libre intercambio gaseoso. Como consecuencia a la asfixia, se produce una hipoxia (poco oxígeno en las células) y una hipercapnia (alta concentración de CO2).

Para evitar este accidente debe mantenerse entrenado el personal y no realizar trabajos solos.

*.* **Hidrocución***:* La hidrocución es ahogamiento sincopal que se produce por el ataque del agua sobre el organismo.

Debido a un choque mecánico - térmico del agua fría con el organismo, que provoca un desequilibrio circulatorio, se produce un sincope que lleva al hundimiento de la persona sin que pueda evitarlo.

Para evitarlo pueden tomarse las siguientes precauciones:

* + Antes de una inmersión esperar en la superficie unos minutos para acostumbrares a la temperatura.
  + No bucear después de haber estado al sol
  + No bucear después de haber realizado trabajos físicos intensos
  + No bucear después de comer mucho.

2. Accidentes mecánicos (debidos a la presión):

. **Barotrauma de oído:** El oído es el órgano más sensible a los cambios depresión. Al trabajar en ambientes hiperbáricos, al entrar a estos ambientes se incrementa la presión sobre la cara externa del tímpano curvándose hacia el interior. Como la trompa de Eustaquio, encargada de equilibrar  
las presiones, se bloquea con la presión, evita equilibrar las presiones y trae como  
consecuencia roturas del tímpano y graves lesiones que pueden provocar la sordera.  
Se puede evitar por los siguientes procedimientos:

* + Entrenarse en las maniobras de compensación (para equilibrar las presiones en forma controlada) y utilizarlas desde los primeros instantes.
  + Mantener los conductos auditivos externos libre de tapones de cera o artificiales.
  + Hacer que las variaciones de presión sean constantes.
  + No trabajar en ambientes hiperbáricos si está resfriado.
  + No utilizar descongestivos ya que no mejoran la permeabilidad de las trompas de Eustaquio.

. **Barotrauma de senos paranasales:** Este accidente ocurre cuando se tapan los canales que comunican los senos con la cavidad nasal. Al ingresar a ambientes hiperbáricos, la presión dentro de los senos no puede equilibrarse produciendo dolores.

Para evitarlo es recomendable no trabajar si se está resfriado.

. **Dolor dentario**: por fisuras en el esmalte de los dientes o caries mal obturadas, pues el aire a alta presión entra en ellos y luego al terminar el trabajo se expande oprimiendo nervios. Esto se evita visitando al odontólogo regularmente.

. **Dolor abdominal**: La acumulación de gases en el aparato digestivo durante el trabajo en ambientes hiperbáricos puede ser causa de dolores abdominales al finalizar el trabajo y volver a presiones normales.

Para evitarlos, no trabajar con trastornos digestivos, alimentarse poco antes de trabajar y no tragar aire durante el trabajo.

. **Accidentes por sobrepresión pulmonar:** Accidente producido por retener la respiración cuando se realiza la descompresión. Se evita: Manteniendo el ritmo respiratorio durante la descompresión. No reteniendo la respiración durante la descompresión

3. Accidentes bioquímicos (toxicidad de los gases):

. **Intoxicación por nitrógeno**: Si bien es un gas muy estable y no interviene en la respiración, al ser respirado bajo presión se disuelve libremente en los líquidos, grasas del cuerpo y en las membranas de las neuronas reduciendo su excitabilidad.

Para que se produzca, la presión debe ser superior a la equivalente a una columna de 30 m de agua.

Se evita no superando dicha profundidad y evitando trabajos pesados a altas presiones.

. **Intoxicación por oxígeno:** El respirar oxígeno puro bajo presiones causa trastornos en el sistema nervioso, si su presión parcial alcanza las 2 atmósferas.

. **Intoxicación por dióxido de carbono:** La intoxicación es provocada por la acumulación del gas, producto del metabolismo en el organismo. Esta acumulación se produce por una mala ventilación pulmonar al respirar en forma rápida y superficial o por retener el aire durante los trabajos en ambientes hiperbáricos. La proporción de dióxido de carbono en el aire es de 0,03%, si su concentración alcanza el 5% comienzan los síntomas, y si llega al 10%, el trabajador se desvanecerá. Las precauciones a tomar son las siguientes:

* + Evitar esfuerzos físicos y respirar despacio.
  + No retener la respiración.
  + Renovar el aire del ambiente de trabajo para evitar aumentos excesivos de la cantidad de dióxido de carbono.
  + Evitar grandes presiones que eleven la presión parcial del dióxido a niveles peligrosos.

. **Intoxicación por monóxido de carbono**: Cuando su concentración alcanza el 0,05%, comienzan sus efectos y con el 0,1% se lo considera mortal. La causa de ello es que la hemoglobina lo absorbe 200 veces más rápido que el oxígeno, impidiendo entonces que llegue a los tejidos y produciendo la intoxicación. Para evitar este accidente debemos:

* + No utilizar maquinarias de combustión interna en ambientes hiperbáricos, se recomiendan máquinas eléctricas y aún mejor las neumáticas, pues la electricidad y el agua no son buenas combinaciones.
  + No poner la toma de aire de compresores cerca de escapes de motores a explosión.

4. Accidentes biofísicos (disolución de gases en líquidos del cuerpo):

. **Embolia gaseosa**: El aire que un trabajador respira es una mezcla de nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y otros gases. De estos tres gases, el dióxido de carbono y el oxígeno participan activamente en el proceso metabólico siendo transportados por sangre desde los alvéolos del pulmón (O2) a la célula y viceversa (CO2). Con el nitrógeno no pasa lo mismo, satura los tejidos del organismo.

Al aumentar la presión en el ambiente de trabajo, la presión parcial del nitrógeno aumenta y con este la cantidad de este gas disuelto en la sangre del trabajador.

Cuando un trabajador entra a un ambiente hiperbárico, este incremento de presión causa que el equilibrio de presiones parciales entre el pulmón y la sangre se rompa.

Cuando el trabajador vuelve a la superficie (1 atm), sucede el proceso inverso.

Si la cantidad de nitrógeno y la diferencia de presiones son grandes, el desprendimiento de nitrógeno de los tejidos es abrupto. Esto hace que en la sangre se formen burbujas de tamaño considerable que al ser llevados a los centros nerviosos y articulaciones, causan desde mareos hasta parálisis.

Dado que los factores que provocan este efecto son el tiempo de permanencia y la presión a la que se somete el trabajador, lo más importante para evitarlo es tener una perfecta planificación, utilizando tablas de descompresión.

En caso de que se produzca el accidente, lo único que puede hacerse es recomprimir al trabajador accidentado para reducir el tamaño de las burbujas de nitrógeno y luego descomprimirlo lentamente según las tablas de descompresión.

Esta recompresión puede realizarse en agua, en caso de emergencia, y en cámaras hiperbáricas.

5. Accidentes debidos al frío

6. Accidentes por seres vivos

7. Accidentes por causas diversas

**Cámaras hiperbáricas y su uso**

La cámara hiperbárica es un habitáculo (contenedor) preparado para soportar elevadas presiones en su interior, pues los tratamientos suelen realizarse entre 2 y 3 ATA (Atmósferas Absolutas), aunque en alguna tabla excepcional de tratamiento para la enfermedad descompresiva se puede llegar a 6 ATA.

Las cámaras hiperbáricas pueden clasificarse en monoplazas y multiplazas. Existen importantes diferencias tanto de manejo, metodología como de los tipos de tratamientos que se pueden aplicar en cada una de ellas. Generalmente las multiplazas son las más apropiadas desde todos los puntos de vista, pues además de poder comprimirse con aire, permiten que los médicos y demás personal sanitario puedan acompañar a los pacientes y poder suministrar los cuidados necesarios (incluso los de terapia intensiva), de acuerdo a las necesidades de hospitales o centros especializados para dar estas terapias es el diseño de las camaras.

**Uso- Medicina hiperbárica**

Medicina hiperbárica, también conocida como oxigenoterapia hiperbárica (OHB) es el uso médico del [oxígeno](https://es.wikipedia.org/wiki/Ox%C3%ADgeno) puro al 100% en una Cámara Presurizada, llamada Cámara Hiperbárica, a presiones de 1.4 a 2.5 ATA (atmósferas absolutas)

Cuando respiramos oxígeno puro a una presión por encima de la atmosférica, se consigue, según la Ley de Henry, un incremento importante del oxígeno disuelto en el plasma. Para hacernos una idea del incremento debemos pensar que cuando respiramos aire la Presión Parcial de Oxígeno (PpO2) en sangre arterial es de unos 90 mm de Hg. Pues bien, cuando respiramos oxígeno puro durante el tratamiento en cámara hiperbárica, esta PPO2 puede llegar a ser de hasta 2000 - 2400 mm de Hg a 3 ATA. Con este aumento importante del transporte de oxígeno podemos conseguir que aquellas áreas del organismo que estén en hipoxia (falta de oxígeno) y que no pueda ser corregida de otra manera, se beneficien de este oxígeno y puedan poner en marcha las rutas metabólicas y aquellos mecanismos fisiológicos deprimidos por la situación de hipoxia.

Algunos de los principios terapéuticos de los que hace uso la medicina hiperbárica son:

* El incremento de la presión del entorno es de utilidad en el tratamiento del [síndrome de descompresión](https://es.wikipedia.org/wiki/S%C3%ADndrome_de_descompresi%C3%B3n) que afecta, por ejemplo, a los submarinistas al subir a la superficie.[4](https://es.wikipedia.org/wiki/Medicina_hiperb%C3%A1rica#cite_note-isae-4)​
* Bajo numerosas condiciones, el principio terapéutico de la medicina hiperbárica reside en el incremento de la presión parcial del oxígeno en los tejidos. La presión parcial de oxígeno alcanzable mediante esta terapia es muy superior a la que se conseguiría respirando oxígeno puro en condiciones normobáricas (es decir, a presión atmosférica).
* Un efecto asociado es el incremento de capacidad de transporte de oxígeno de la sangre. En condiciones de presión atmosférica el transporte de oxígeno está limitado por la capacidad de la hemoglobina de los [glóbulos rojos](https://es.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%B3bulos_rojos) para ligarse con el oxígeno, siendo muy pequeña la cantidad de oxígeno transportada por el [plasma sanguíneo](https://es.wikipedia.org/wiki/Plasma_sangu%C3%ADneo). La [hemoglobina](https://es.wikipedia.org/wiki/Hemoglobina) se encuentra ya prácticamente saturada de oxígeno en condiciones normales, por lo que no hay ganancia en este aspecto, pero el oxígeno transportado por el plasma en condiciones hiperbáricas se incrementa notablemente.

Su finalidad, en lo que a buceo se refiere, es la de ser empleada para tratamientos de los accidentes propios del buceo o enfermedades disbáricas, permitiendo también al buceador realizar descompresiones prolongadas sin tener que permanecer en el medio acuático, es decir, pudiendo realizar dichas descompresiones alojados en dichas cámaras, estando estas colocadas en la superficie.

También permiten realizaciones de test (valoraciones de conducta del buceador bajo ambiente hiperbárico, tolerancia de oxígeno, etc.). También es posible la administración de tratamientos tanto de oxigenoterapia hiperbárica como terapéutica a las secuelas del accidente de buceo o como tratamiento base en aquellas enfermedades en que esté indicado (gangrena gaseosa, intoxicación por monóxido de carbono, etc.).

**Partes y elementos de una cámara**:

**- Cuerpo Principal**

Normalmente es un cilindro cerrado en sus extremos por un casquete esférico abierto uno de ellos por una escotilla de acceso a la cámara.

Este cilindro está construido generalmente en acero de un espesor suficiente para soportar presiones de hasta 6 atm., necesarias para determinados tratamientos de buceadores. Debe ser totalmente estanco y ha tenido que ser sometido a una prueba hidráulica de estanqueidad. En su interior podemos encontrar:

- Uno o varios asientos y camillas, dependiendo el número de ellas de la capacidad de la misma, para el accidentado y acompañante.

- Mascarillas para suministro de oxígeno.

- Un sistema de iluminación interior, en las dos estacias, que se realiza desde el exterior debido a que debe evitarse toda posibilidad de chispa eléctrica, como pueden ser bombillas, ya que en su interior tendremos bien aire a presión u oxígeno puro, lo que representa un riesgo serio de explosión. Por este motivo todos los aparatos eléctricos existentes en su interior, así como el sistema de comunicaciones con el exterior, están protegidos con circuitos antichispa.

- Mandos internos para poder manejar el suministro de gas y exhaustación del mismo.

- Tuberías y válvulas que permiten la entrada y salida del gas.

- Esclusas que permiten el paso desde el exterior de objetos, medicamentos o alimentos, sin por ello alterar la presión interior.

- Sistemas de calefacción y anti-incendios.

- Sistemas de comunicación con el exterior.

- Portillos o mirillas para observar la evolución del paciente y paso de la luz, etc.

La esclusa para paso de alimentos y material, será doble, y estará dotada de un pequeño manómetro y de un cerrojo del tipo bayoneta.

**- Antecámara**

La mayoría de las cámaras disponen de una segunda escotilla colocada en el interior del cuerpo principal que nos genera un nuevo compartimiento denominado antecámara o camarín. Este segundo compartimiento, al estar aislado por el segundo portillo del cuerpo principal, nos permite en un momento determinado presurizarlo a la misma presión que se encuentre el cuerpo principal, permitiendo la entrada y salida de personal durante los tratamientos. Básicamente este compartimiento consta de los mismos elementos que el cuerpo principal. También se emplean cámaras no provistas de antecámara pero la tendencia es a construirlas con cámara y antecámara por las ventajas que esta conlleva.

La escotilla de la cámara que permite el acceso a la misma desde el exterior está diseñada para soportar la presión en un solo lado, estando este diseño basado en un sólo marco de puerta liso con diferentes sistemas de bisagras y cierres.

La escotilla que permite el paso de la antecámara a la cámara están diseñadas soportar presiones por ambos lados. Suelen disponer de un cierre tipo bayoneta, consiguiéndose el cierre de la puerta de forma hermética mediante juntas de goma. Pueden estar suspendidas mediante doble bisagra en forma de horca, permitiendo su manipulación desde ambos lados de la escotilla.

El marco de la puerta puede ser:

- Circular: De fácil construcción y diseño sencillo aunque incómodo.

- Rectangular: Facilita el acceso aunque es menos resistente a los aumentos de presión.

**- Cuadro de Control**

Todas las Cámaras Hiperbáricas de cierto tamaño deben contar con un cuadro de control que permita de una manera cómoda al camarista tener en todo momento información del comportamiento de la cámara y elementos de la misma. Proporcionará información sobre el estado de la batería de botellas, calefacción, alumbrado, etc.

El cuadro de control deberá contar generalmente con:

- Manómetros: Uno por cada compartimiento, cámara y antecámara. Deberán ser de fácil lectura. Estarán graduados en bares, equivalentes en metros de la columna de agua, y en Kg/cm2. Será conveniente contar con un segundo manómetro de precisión para una lectura más precisa sobre todo en las profundidades menores. Se dispondrá de un manómetro que indique la presión de oxígeno en la línea de distribución.

- Cronómetro: Necesario para el control de tiempo de recompresión y descompresión.

- Caudalímetro: Nos permite controlar la ventilación de la Cámara Hiperbárica. El ventilar (inyectar aire a la cámara a la vez que exhaustamos la misma cantidad que entra) cobra especial importancia cuando utilizamos oxígeno en su interior.

- Oxímetro: Nos permite medir la concentración de oxígeno en tantos por ciento.

- Termómetro: Nos informa de la temperatura de la cámara.

- Sistemas de comunicación: Este debe ser doble y permitir su utilización sin tener que interrumpir la actividad que se este desarrollando dentro de la cámara. Un teléfono o interfono nos puede servir.

- Válvulas de presurización: Una de ellas será para ataque (presurización) y otra para exhaustación (despresurización), para cámara y antecámara.

- Válvulas de ventilación: Están constituidas por dos válvulas, de ataque y exhaustación para cámara y antecámara, siendo menor el caudal que se aporta con estas válvulas.

- **Silenciadores**

Durante la recompresión nos podemos encontrar en el interior de la cámara con niveles altos de ruidos. Estos ruidos se pueden disminuir en gran medida si se colocan silenciadores en los orificios por los que entra el gas a alta velocidad.

**- Sistemas humidificadores**

Su instalación es muy conveniente en las cámaras grandes especialmente para disminuir el incremento de humedad.

**- Absorbente de dióxido de carbono**

En las grandes cámaras, no es suficiente la ventilación para remover el anhídrido carbónico y eliminarlo, y tampoco es eficaz cuando se emplean mezclas de gases. Conseguiremos la eliminación del anhídrido carbónico mediante la colocación de un absorbente del gas mencionado en la cámara.

**Funcionamiento**

Toda Cámara Hiperbárica debe disponer, independientemente del modelo de que se trate, de un suministro de aire a presión que es suministrado desde el exterior mediante un compresor de alta o de una batería de botellas (para el caso de un corte de fluido eléctrico) en las que se almacena aire a presión.

El aire comprimido se suministra de una forma controlada a la cámara hasta alcanzar en ella la presión deseada, bien para trabajo o, hasta alcanzar la presión marcada por las tablas de tratamientos, que nos indicará el tiempo y a las profundidades que debemos mantener al buceador hasta finalizar el tratamiento. Una vez alcanzada la presión deseada, podemos ir despresurizando la cámara de una forma controlada que nos permite ir deteniendo la despresurización en el momento preciso. Todo el proceso de aumentar o disminuir la presión en la cámara se lleva a cabo mediante tuberías con su valvulería y manómetros que nos hace llegar el aire a la presión deseada desde el punto de almacenaje o extraer el aire a presión desde la cámara al exterior.

En cámaras multiplaza, el suministro o exhaustación de aire puede ser controlada tanto desde el exterior como del interior de la cámara. Los mandos interiores deberán tener la posibilidad de controlarse y dejar fuera de servicio desde el exterior.

El suministro de oxígeno se hace mediante batería de botellas instaladas en el exterior de la cámara hiperbárica. Las cámaras deben estar equipadas con mascarillas para suministro de oxígeno a los pacientes situados en el interior de la cámara. El uso de oxígeno en la antecámara será muy útil para cortar la descompresión de ayudantes y personal sanitario. Entre las botellas de oxígeno y el interior de la cámara se instalará una válvula reductora de media presión (de 0 a 25 Kg/cm2).

**Formas de trabajo**

**Inmersiones**

Las inmersiones constituyen una forma altamente especializada de trabajo submarino. Frecuentemente han de efectuarse en aguas de escasa visibilidad o en lugares en que existe el riesgo de que el buzo o su equipo queden enredados. La inmersión se puede efectuar desde tierra firme o desde un barco. Si el trabajo precisa de un solo buzo, se necesitará un equipo mínimo de tres personas por razones de seguridad. El equipo constará del buzo que se sumerge, de otro buzo de reserva totalmente equipado, presto a entrar en el agua inmediatamente en caso de emergencia, y de un supervisor a cargo de la inmersión. El supervisor de la inmersión deberá encontrarse en un puesto seguro en tierra o en el barco desde el que se va a efectuar la inmersión. Las inmersiones a profundidades menores de 50 m se llevan a cabo normalmente por hombres rana equipados de trajes húmedos (es decir, trajes que no repelen el agua) y con equipos de respiración submarina independientes con máscara facial abierta (p. ej., equipo de buceo). A profundidades superiores a 50 m o en aguas muy frías, será necesario que los submarinistas lleven trajes que se calientan con alimentación de agua caliente bombeada y máscaras de respiración cerradas, y un equipo para respirar aire no comprimido, sino mezclado con ciertos gases (inmersión con gas mixto). Cuando se realiza una inmersión, los servicios de emergencia locales deberán ser informados de ello por el contratista de los trabajos.

**Cajones**

Los cajones son cajas herméticas cuyos bordes se asientan en el lecho del puerto o del río. A veces se usan cajones abiertos que, como su nombre indica, están abiertos por su parte superior, se usan en aguas poco profundas, pero su profundidad se puede hacer mayor, añadiendo secciones por arriba, a medida que el cajón se hunde en el fondo del río o del puerto. Para trabajos a mayores profundidades tendrá que utilizarse un cajón cerrado. Para desplazar el agua se bombea aire comprimido, y los trabajadores pueden entrar en él a través de una esclusa de aire, generalmente situada en su parte superior, y bajar al lugar de trabajo en la atmósfera de esa cámara. Los obreros pueden trabajar debajo del agua, pero están libres de las limitaciones de llevar un equipo de buceo, y su visibilidad es mucho mejor.

Debido al riesgo de entrada de agua, en todo momento deberán estar disponibles medios de escape, tales como escaleras hasta el punto de entrada, tanto en cajones abiertos como neumáticos.

Los cajones deben inspeccionarse diariamente antes de su utilización, por alguien competente y experimentado en este tipo de trabajos. Los cajones serán izados y bajados por unidades individuales con maquinaria pesada de elevación, o pueden montarse a base de sus componentes dentro del agua. El montaje de cajones debe ser supervisado por una persona igualmente competente.

**Túneles subacuáticos**

La naturaleza del terreno, la presencia de agua subterránea y el uso final del túnel condicionan la elección del método de construcción del mismo. Si no se encuentran altas presiones de agua freática durante el reconocimiento preliminar a la construcción, normalmente no es necesario presurizar las zonas de trabajo para mantenerlas libres de agua, se realiza mediante bombeo.

Los túneles, si se perforan en terreno poroso debajo del agua, pueden tener que ejecutarse en atmósfera de aire comprimido. Es una práctica extendida perforar túneles para el transporte público en el centro de las ciudades pasando por debajo de los ríos, debido a la falta de espacio aéreo y a consideraciones medioambientales. Los trabajos con aire comprimido se limitarán al mínimo posible debido a su peligro e ineficacia.

En el caso que sea imprescindible trabajar con aire comprimido, se han de establecer esclusas de aire, los trabajadores necesitarán tiempos de parada para la descompresión, y el acceso a las zonas de trabajo de la maquinaria y los materiales puede resultar más dificultoso.

Los túneles subacuáticos en terreno poroso tendrán que revestirse con anillos de hormigón o hierro fundido que se juntan con mortero. Pero en el frente de excavación del túnel y dada la corta longitud del anillado del túnel, no habrá un espacio suficientemente hermético para proseguir el trabajo sin algún medio de agotamiento del agua. Puede ser necesario ejecutar en atmósfera de aire comprimido el trabajo en el frente del túnel y la colocación de anillos y dovelas, que forma parte del proceso de perforación y revestimiento del mismo. Los operarios que conducen el avance o que usan herramientas manuales, y los que manejan la maquinaria de colocación de anillos y dovelas, tendrán que introducirse por una esclusa de aire. El resto del túnel ya revestido no precisará aire comprimido, y, de este modo, será más fácil el tránsito de personal y materiales.

La esclusa de aire que da acceso a la cámara de trabajo con aire a presión deberá ser complementada con una segunda esclusa, por la cual pasarán los trabajadores para efectuar la descompresión al acabar su turno. Si sólo existe una esclusa, ello puede crear embotellamientos y ser peligroso. Las esclusas de aire y las cámaras de descompresión deberán estar bajo la supervisión de una persona competente y experimentada en trabajos de túnel bajo aire comprimido y su adecuada descompresión.