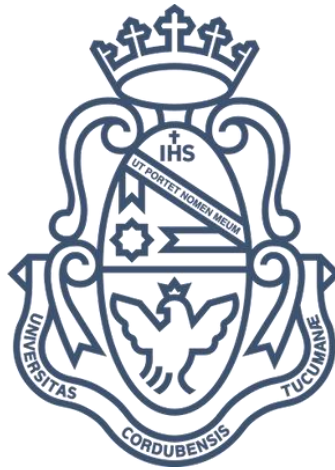


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

“AMBIENTES HIPERBÁRICOS Y ELEMENTOS A PRESIÓN”

Grupo N°: 10

Integrantes: CANCÉ, LEANDRO FABRICIO

CARRASCO, LAURA

KANE, MELANIE

Docentes:

Titular: Ing. José Daniel Sánchez

Jefes de TP: Ing. Federico Baruzzi (a cargo del grupo)
Ing. Eduardo Gonzalez Sueyro

AÑO 2022

Ambientes Hiperbáricos

Definiciones y normativas

La **presión atmosférica** (o presión barométrica) es la fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire que forma la atmósfera sobre la superficie terrestre.

El valor de la presión atmosférica sobre el nivel del mar es de 1013,25 hPa. la presión atmosférica disminuye con la altitud.

Podemos hablar de un **Ambiente hipobárico** (la presión está por debajo de la presión ambiente, como ejemplos tenemos trabajo de minería de alta montaña, o sea que la presión disminuye a medida que subimos en altura, y se presenta un problema como la falta de oxígeno) y un **Ambiente hiperbárico** (la presión está por encima de la presión ambiente, como ejemplos de trabajos tenemos a un buzo, que realiza trabajos en plataformas petroleras).

El cuerpo no se ve afectado hasta presiones de 2 atm (o 1520 mmHg), cuando comienza a ser mayor, el cuerpo ya comienza a sentir sus efectos.

La definición de hiperbárico es cuando un ambiente, cuya presión barométrica, es al menos dos veces mayor que la presión atmosférica a nivel del mar.

DECRETO Nº 911/96 - CAPÍTULO VII

NORMAS HIGIENICO-AMBIENTALES EN OBRA TRABAJOS EN AMBIENTES HIPERBÁRICOS

Artículo 116: En todos aquellos casos en que se efectúen trabajos en condiciones hiperbáricas (cajones de aire comprimido), se debe cumplir con lo establecido en los reglamentos dictados por la Prefectura Naval Argentina. Sin perjuicio de ello, dichos trabajos deberán ejecutarse bajo la supervisión del responsable de higiene y seguridad y de un médico capacitado con curso de especialización en Medicina Hiperbárica

La Prefectura Naval Argentina brinda servicios de relevamientos, inspecciones y auditorías, además invierte y participa en la actualización, elaboración y difusión de planes de capacitación sobre riesgo laboral como parte de su misión, dando cumplimiento al **artículo 151 del Decreto Reglamentario 351/79 de la Ley 19.587 de Higiene y Seguridad**, el cual establece que «**en aquellos establecimientos donde se realicen trabajos hiperbáricos, se cumplimentará lo reglamentado por la Armada Nacional**»,

Operación de las cámaras hiperbáricas en uso en la Armada Argentina:

La experiencia adquirida por el personal de la Armada desde su inicio en la actividad de Buceo y Medicina Hiperbárica en los hospitales navales es de relevancia; en los últimos años se ha sumado en los hospitales navales la colaboración de la Sociedad Hiperbárica Argentina de Medicina y Actividades Subacuáticas (SAMHAS)

El Servicio de Seguridad Ambiental de la Armada (SIAM) elaboró en 2017 el Manual de Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo en Cámaras Hiperbáricas. Desde entonces, a través del Departamento Higiene y Seguridad, se realizan anualmente las inspecciones a las cámaras hiperbáricas de la Armada Argentina para comprobar que se cumpla lo requerido en dicho manual, constituyéndose como organismo técnico de control.

MEDICINA HIPERBÁRICA

La Medicina Hiperbárica es la rama de la ciencia que estudia los cambios fisiológicos y fisiopatológicos de los seres vivos sometidos a presiones superiores a la atmosférica (BUCEO, TRABAJADORES BAJO PRESIÓN, CÁMARA HIPERBÁRICA) en su adaptación al medio y juntamente con las terapias de sus patologías asociadas.

La oxigenación hiperbárica tiene sus fundamentos en la medicina del buceo. De hecho sus comienzos se remontan a la década de 1930 cuando se comenzó a utilizar la respiración de oxígeno en las descompresiones de los buzos para acortar las mismas.

El fundamento principal es la utilización de oxígeno puro a presiones por encima de 1,3 ATA.

Podemos definir la oxigenoterapia hiperbárica, como un método terapéutico en el que se respira oxígeno puro a presiones parciales superiores a la presión atmosférica. Este oxígeno termina de saturar la hemoglobina de la sangre arterial y venosa y se disuelve en el plasma, siguiendo la mecánica de la ley de Henry con efectos terapéuticos.

En Argentina hace más de tres décadas que se utiliza la OHB en nuestro país. Existen centros hiperbáricos en Mar del Plata, Buenos Aires, Quilmes, Bahía Blanca, Tandil, Puerto Belgrano, Formosa, Córdoba, Ushuaia, Santa Fé, Neuquén y Puerto Madryn.

Desde el año 1987 existe la Sociedad Argentina de Medicina Hiperbárica y Subacuática (SAMHAS), sociedad que ha realizado hasta la fecha numerosos congresos científicos incluyendo uno nacional en 1988 y dos internacionales en 1992.

Efectos sobre la salud

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 que el nitrógeno lo acumula.**

Si sometemos a un hombre durante bastante tiempo respirando nitrógeno a presión, el obrero acumulará 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 arterias del cerebro al impedir la circulación de aire, o quizás secuelas "menores", como la parálisis de un brazo, dolores articulares, etc.

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 se pueden inhalar, 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.

Trabajos en Ambientes Hiperbáricos

Podemos nombrar estos tipos de trabajos:

- Inmersiones (Buceo) – Ambiente subacuático

Cuando hablamos de los trabajos hiperbáricos en tierra se nos presentan:

- Cajones herméticos – Ambiente presurizado

Tres tipos de construcciones:

Los cajones abiertos (No hiperbárico)

Los cajones cerrados (No hiperbárico)

Los cajones neumáticos

- Trabajos en túneles – Ambiente presurizado

Trabajos de mantenimiento y cambio de herramientas y de reparaciones de emergencia.

Trabajos Buceo De Saturación – Cámaras Hiperbáricas

Aparte de los trabajos podemos listar algunas actividades que se llevan a cabo:

- Mantenimiento y construcción de puentes.
- Trabajo en dársenas, puertos, plataformas petroleras.
- Trabajo en defensa de orillas marítimas y fluviales.
- Túneles subfluviales o terrestres.
- Reparaciones en presas

Inmersiones

La planificación de la actividad a llevarse a cabo, debe considerar varios factores como el clima y la temperatura, la profundidad y la distribución del tiempo de inmersión, la gente necesaria para poder llevar a cabo el trabajo en el ambiente subacuático.

La inmersión se realiza desde un espacio seguro y puede ser realizada desde tierra firme o desde un barco.

Si para el trabajo que se va a realizar se necesita un solo buzo, se necesitará como mínimo 3 personas:

El equipo consta 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.

Factores influyentes

- **Reflejo de inmersión:** Es una reacción normal del cuerpo en la que el medio y la presión hacen que la respiración sea la primera función que se vea afectada, el otro

efecto es que se reduce a la mitad, de lo normal, la frecuencia cardiaca (pulsaciones) con el objetivo de conservar oxígeno.

- Cantidad de luz : f (ángulo crítico, absorción, difracción), depende de la profundidad.
- Sonido: Velocidad = 1400 m/s por lo que es fácil desorientarse no saber de dónde vienen los sonidos.
- Calor: El agua es 25 veces más conductora del calor que el aire, por lo que la pérdida de calor corporal es mucho más rápida.

T < 20°C » uso de trajes isotérmicos del tipo húmedo

T < 10°C » uso de trajes isotérmicos del tipo seco

El uniforme de buzo conforma una burbuja de protección para el cuerpo de quien se sumerge, por lo que es importante seleccionar acorde a los factores ya mencionados, por otro lado es igual de importante la composición de gases del tanque de aire del buzo considerando la profundidad a la que se llevará a cabo la inmersión.

- Para inmersiones menores de 50 metros, llevadas a cabo por hombres rana equipados con trajes húmedos, es decir, que no repelen el agua y equipos de respiración submarina independiente con máscara facial abierta.
- Para Inmersiones mayores a 50 metros o en aguas muy frías, serán necesarios trajes que se calientan con agua bombeada y máscaras de respiración cerrada y un equipo para respirar aire no comprimido.
- Cada buzo debe llevar una cuerda de seguridad y algún sistema para comunicarse con el supervisor.
- Debemos informar a los servicios de emergencia locales. De igual manera siempre se debe tener en cuenta la ubicación de los centros de salud que cuenten con personal capacitado en medicina hiperbárica.

Tipos de Mezclas de Gases de Buceo

El aire comprimido. Es la mezcla más habitual, la mezcla de gases en buceo con gas comprimido es de 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno y 1% de otros gases traza. La utilización de esta mezcla de gases no necesita formación más allá de la que se obtiene en el curso de Open Water. No ocurre lo mismo con el resto de mezclas de gases de buceo.

Esta mezcla de gases sólo es utilizable hasta **40 metros/130 pies** que son los límites del buceo recreacional. Más allá de esa profundidad existe peligro de narcosis por nitrógeno. Además, como sabemos, el nitrógeno se disuelve en el cuerpo y necesita una velocidad de ascenso más lenta y hacer paradas de descompresión para eliminarlo con seguridad.

Estas son las razones por las que se utilizan otras mezclas.

Nitrox o aire enriquecido EAN. Esta mezcla de gases de buceo permite aumentar el tiempo en el fondo, pero no permite bucear a mayor profundidad.

EAN32 o Nitrox I: 32% de oxígeno y 68% de nitrógeno.

EAN36 o Nitrox II: 36% de oxígeno y 64% de nitrógeno.

EAN40: 40% de oxígeno y 60% de nitrógeno.

Como puedes observar, el porcentaje de **oxígeno es mayor en cualquier mezcla Nitrox que en la mezcla de gases de aire comprimido**. Esto supone un riesgo por la toxicidad del oxígeno a altas presiones. Cuanto más oxígeno tenga la mezcla, menos profundidad puedes alcanzar. Es por eso que los buceadores Nitrox deben recibir formación, ya que necesitan aprender a calcular cuál va a ser su exposición al oxígeno en función de la presión y la duración de la inmersión.

Trímix. Se mezclan 3 gases: oxígeno, nitrógeno y helio en diferentes porcentajes en función de las necesidades del buceador. Al sustituir parte del oxígeno por helio rebajamos el riesgo de toxicidad por oxígeno o narcosis por nitrógeno. Por lo tanto, esta mezcla de gases de buceo nos permite descender más profundo. Por descontado, todo aquel que pretenda bucear con Trimix, necesita formación adicional. El problema básico del Trimix es que el Helio es muy caro.

Heliox esta mezcla de gases de buceo no contiene nitrógeno, sólo helio y oxígeno. El Heliox es utilizado principalmente en el buceo profesional, que se realiza a grandes profundidades. Cuando se utiliza esta mezcla, las proporciones de oxígeno varían en función de la profundidad, pero nunca suelen exceder el 21% del total de la mezcla. Esta mezcla es sumamente cara, sin embargo, para las inmersiones profundas con **reabreather** es bastante conveniente, porque no presenta riesgo alguno por narcosis con nitrógeno. Sin embargo, al ser una mezcla de gases de buceo de rápida difusión necesita paradas de descompresión más largas.

¿Qué es un rebreather o respiradores y cómo funciona?

Nosotros cuando respiramos no usamos todo el O₂ de cada inspiración, solo usamos un 5% aproximadamente. Como el aire tiene un 21% de O₂, podríamos usar esa misma respiración varias veces. Pero imaginemos que respiramos en una bolsa cerrada: tomamos el aire de ella y exhalamos en ella de vuelta. ¿Qué ocurriría? Aumentaría el nivel de CO₂ en la bolsa y disminuiría la cantidad de O₂ que está usando nuestro organismo en cada respiración. En el buceo con rebreather, para eliminar el exceso de CO₂ y sus efectos tóxicos en el organismo se utiliza un compuesto químico que reacciona con el CO₂ absorbiéndolo. Ahora solo nos preocupamos de rellenar el O₂ que gastamos en cada respiración. La manera en la que llenamos la bolsa con O₂ es la que determina el tipo de rebreather.

Hoy en día, estos respiradores son **máquinas de circuito cerrado** que presentan una limitación. Al añadir O₂ puro solo permiten bucear a menos de **6 metros/20 pies**. Después, el buceador sufre convulsiones y ahogamiento por los efectos de la toxicidad del O₂. El buceo con rebreather de este tipo tiene un uso militar (intervenciones nocturnas sin hacer burbujas a poca profundidad). Después apareció el **rebreather semicerrado**. La diferencia es que en lugar de meter O₂ en la bolsa inyectamos un gas con más contenido en O₂, el Nitrox. Lo respiramos varias veces hasta que el contenido de O₂ baja demasiado y volvemos a inyectar más cantidad de este gas enriquecido. Cuánto más enriquecido sea el gas, más veces lo podremos respirar y más nos durará la botella. Pero aún así nos encontramos limitados en profundidad por la presión parcial del O₂, que con un Nitrox32 está limitado a **40 metros/ 131 pies**. Aún así es un avance, porque nos permite bucear a un rango razonable con un mejor uso del gas disponible

Ventajas e inconvenientes del buceo con rebreather

Una de las ventajas del buceo con rebreather es el consumo, que es el mismo independientemente de la profundidad. Cuando usamos el **circuito abierto**, aumenta el consumo con la profundidad, pero en cambio, con los rebreathers solo se gasta el O₂ que el cuerpo necesita metabólicamente, según el esfuerzo que se esté realizando. Por otro lado, el gas que no usamos lo volvemos a introducir en la bolsa. Otra ventaja, es que respiramos gas húmedo y cálido, lo que disminuye la deshidratación, el enfriamiento durante el buceo y el riesgo de enfermedad descompresiva. Pero nos encontramos otra ventaja, como estamos aplicando mejor la mezcla a cada profundidad, reducimos los tiempos de descompresión, además de aumentar la seguridad.

Los inconvenientes de los rebreathers son que son aparatos caros, más complicados y con más mantenimiento que un equipo tradicional. La formación para el buceo con rebreather es, a menudo, cara. Además, su uso requiere de un tiempo de aprendizaje y adaptación al uso del aparato. Por ejemplo, en el buceo con circuito abierto si nos falta aire, lo detectamos de inmediato, porque no podemos respirar. En el buceo con rebreather, sí podemos respirar, incluso cuando el contenido de la mezcla no sea el adecuado. Esto puede provocar accidentes en buceadores sin experiencia suficiente..



Imagen 1: Trabajos de buceo a profundidades y Alta presión

Capacitación:

Para poder ejercer esta profesión se necesita una capacitación, actualizaciones y revisiones periódicas:

- Instrucción con nivel nacional o internacionalmente.

- Obtener un certificado que ha completado satisfactoriamente un curso de instrucción por inmersión.
- Anualmente se debe realizar un reconocimiento médico.
- Llevar la Libreta personal para registrar el historial de inmersiones y si ha sido suspendido a causa de un reconocimiento médico.

Equipamientos de buceo

Es importante tener en cuenta los equipamientos necesarios para llevar a cabo esta actividad: **Los básicos** son aquellas partes del equipamiento de buceo sin las cuales no es posible bucear.

- **Regulador Scuba y octopus: equipamiento de respiración autónomo bajo el agua.** (podemos nombrar tres tipos: Equipos de circuito abierto, Equipos de circuito cerrado y Equipos de circuito mixto)

Lo que hace el regulador scuba es transformar, despresurizar el aire que está en la botella en dos etapas hasta dejarla a presión ambiental para que pueda ser respirado. El octopus es un regulador scuba de repuesto.

- **Botella de aire.** Regulador-botella: Siempre van unidos y no pueden trabajar el uno sin el otro. Esta pieza del equipamiento de buceo contiene grandes volúmenes de gas comprimido en su interior.
- **Chaleco compensador de flotabilidad:** Aporta y quita flotabilidad al buzo. Una vez en la superficie, mantiene a flote al buzo y su equipo, es fundamental la capacitación y experiencia del buzo para su buen manejo al momento de respetar las paradas y los tiempos de descompresión.
- **Trajes de buceo:** Los trajes de neopreno, son una parte del equipamiento de buceo imprescindible porque mantienen el calor del cuerpo dentro del agua y protegen la piel de daños mecánicos: arañazos, heridas, golpes, etc.

Dependiendo de lo frías que estén las aguas donde vas a bucear, están los trajes húmedos que dejan circular el agua, los semisecos y los secos, completamente estancos.

¿Cómo el traje de buceo mantiene tu cuerpo caliente?

Los trajes de buceo de neopreno y semisecos son permeables. En otras palabras, dejan pasar una fina capa de agua y la mantienen entre nuestro cuerpo y el traje. Nuestra piel calienta el agua y así no pasamos frío.

Las pequeñas células llenas de aire del traje de buceo nos proporcionan aislamiento suficiente para que el agua caliente se mantenga. Sin embargo, deberemos tener en cuenta que este aislamiento, afectado por la presión del agua, se reducirá a medida que descendamos y será menos eficaz.

Los trajes secos, por el contrario, son estancos y mantienen al buceador aislado del agua. Éstos pueden estar fabricados con neopreno o trilaminados. Con ellos, el buceador va vestido con ropa térmica sobre la cual se coloca el traje de buzo seco.

- **Gafas de buceo y tubo de snorkel:** La máscara de buceo es la pieza del equipamiento de buceo que nos va a permitir ver bajo el agua. Cristal templado, silicona o caucho para impedir la entrada de agua y una goma ajustable hacen de esta pieza una de las más básicas y personales. Mantener una capa de aire entre el ojo y el agua. Efecto lupa.

La máscara de buceo tiene un compañero inseparable que es el **tubo de snorkel**, al menos así debería ser. El tubo de snorkel te va a permitir nadar en la superficie, mientras esperas a sumergirte o para llegar al barco y ser recogido

- **El sistema de pesos:** El sistema de lastre nos va a ayudar a compensar la flotabilidad positiva que tienen nuestro cuerpo y algunas partes del equipamiento. Esta pieza del equipamiento de buceo que permite hundirse lentamente. Para que el sistema de lastre funcione, hay que calcular muy bien el peso que debes añadir.
- **Aletas de buceo:** Las aletas de buceo son la pieza que va a ayudarte a moverte bajo el agua con todo el equipamiento de buceo encima.
- **Manómetro:** nos da la información continua de cuánto aire tiene el buzo en el tanque, mide la presión contenida dentro del tanque.
- **Profundímetro:** va informando al buzo a que profundidad se encuentra, también se puede usar un **barómetro** que le da información sobre el peso de la presión sobre el buzo y este hará la conversión a profundidad el mismo.
- **Reloj de buceo:** nos brinda información para no exceder los tiempos de inmersión previstos.

Las piezas que integran el equipamiento de buceo secundario, no son estrictamente necesarias para bucear, aunque sí muy importantes para la seguridad del buceador

- **La computadora de buceo:** La profundidad, el reloj de buceo, la presión, información de inmersiones anteriores, todo en un solo dispositivo, La computadora de buceo.

Un ordenador de buceo mide la presión al principio de la inmersión y la saturación de nitrógeno de tu cuerpo. Después, a medida que avanza el tiempo y la presión durante la inmersión, va obteniendo datos sobre el porcentaje de nitrógeno absorbido por tu cuerpo y calcula el porcentaje de liberación segura del gas en relación a la velocidad máxima de ascenso. Por último, la computadora calcula la cantidad de nitrógeno que queda en tu cuerpo y deduce la duración mínima del intervalo de superficie entre inmersiones.

La función principal de esta pieza del equipamiento es calcular cuando es el momento de ascender y el tiempo que debe durar tu intervalo en superficie antes de volver a sumergirte. **Pero antes de los ordenadores de buceo, esto ya se hacía. La herramienta que se usaba eran las tablas de buceo.**

- **Brújula:** La brújula de buceo, igual que una en la superficie, nos ayuda a orientarnos. Esta pieza del equipamiento siempre marca el norte magnético.
- **Linterna:** No puede haber un buceo nocturno, ni en un cenote o un pecio, una caverna sin linterna.
- **Sistemas de boyas y banderas:** Genera un punto de ascenso seguro. Provee un punto de reunión de los compañeros. Es una base para dejar objetos
- **Silbato:** tiene como función permitir la comunicación a distancia.
- **Cuchillo:** es usado como una herramienta. Es común llevarlo en la parte externa o interna de la pierna.

Accidentes:

Podemos enumerar distintos tipos de accidentes que pueden ocurrir en las inmersiones:

1. Accidentes por déficit respiratorio
- 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
Choque mecánico-térmico que provoca desequilibrio circulatorio. Lleva al hundimiento del buzo sin poder evitarlo

Para evitarlo pueden tomarse las siguientes precauciones:

- Antes de una inmersión esperar en la superficie unos minutos para acostumbrarse 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

- Accidentes por sobrepresión pulmonar (Aeroembolia): 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
- Barotrauma de oído: incremento de presión en la cara externa del tímpano curvándose hacia adentro.

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 libres 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 paranasal: 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.
Se puede evitar: 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.
Se puede evitar: No trabajar con trastornos digestivos, no alimentarse poco antes de trabajar y no tragar aire durante el trabajo.

3. Accidentes bioquímicos

- Intoxicación por nitrógeno: nocivo al ser respirado bajo presión (30 m.c.a.)

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.

- Intoxicación por oxígeno: nocivo al ser respirado bajo presión (90 m.c.a.).

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 (hipercapnia): provocada por la acumulación producto del metabolismo. Generada por mala ventilación pulmonar (respiración 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: producto de máquinas de combustión interna. 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

- 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 re-compresión puede realizarse en agua, en caso de emergencia, y en cámaras hiperbáricas.

Cajones herméticos

Los cajones son cajas herméticas cuyos bordes se asientan en el lecho del puerto o del río. Es una estructura que al hundirse a través del terreno o del agua permite colocar la cimentación a la profundidad de proyecto, y que posteriormente pasa a formar parte de la estructura definitiva.

Podemos clasificarlos en 3 tipos:

1. **Cajones abiertos** (No hiperbárico): pilas de concreto que permanecen abiertas en su parte superior e inferior durante la construcción. El fondo tiene un borde cortante. El cajón se entierra en su lugar y el suelo del interior se retira hasta alcanzar el estrato de apoyo. Una vez alcanzado el estrato de apoyo, se vierte concreto en el cajón (bajo agua) para

formar un sello en su fondo. Cuando fragua el concreto del sello, el agua dentro del cajón se bombea hacia afuera. Se vierte entonces concreto en el cajón para llenarlo.

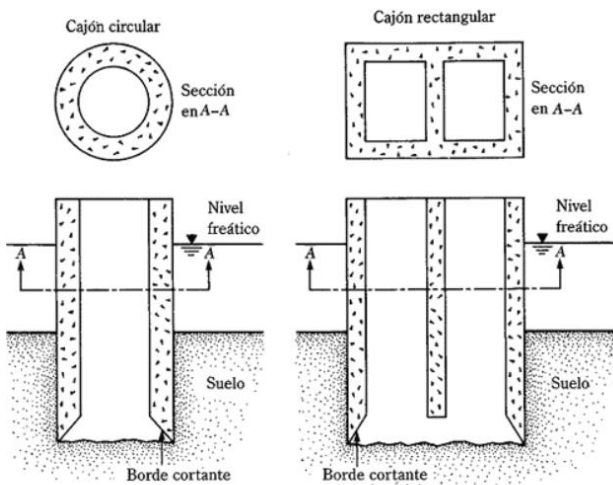


FIGURA 10.30 Cajón abierto.

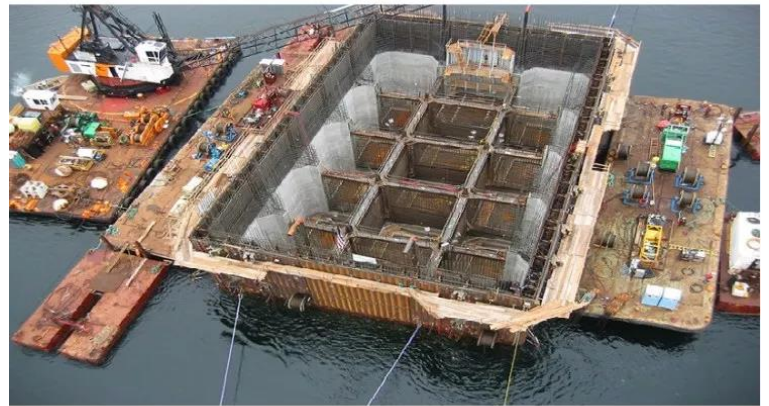


Imagen 2 y 3: Cajon hermetico abierto

Los cajones abiertos pueden extenderse a grandes profundidades y el costo de construcción es relativamente bajo, sin embargo, una de sus principales desventajas es la falta de control de calidad sobre el concreto vertido para formar el sello

2. **Cajones cerrados** (No hiperbárico): Son estructuras con fondo cerrado y se construyen en tierra y luego se transportan al sitio de la construcción. Se entierran gradualmente en el sitio llenando su interior con arena, balasto, agua o concreto. El costo de este tipo de construcción es bajo. La superficie de apoyo debe estar a nivel, y si no lo está, debe nivelarse por excavación.

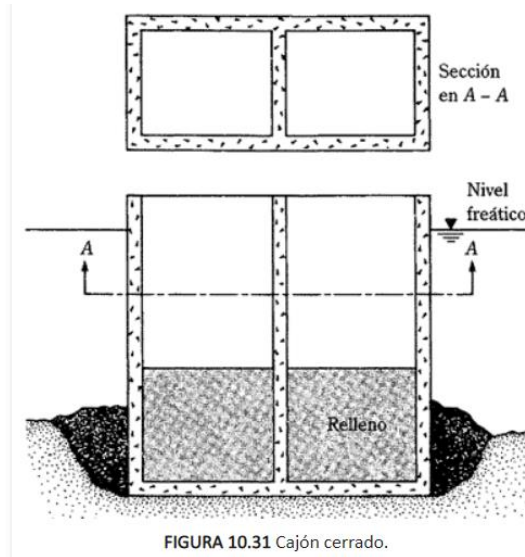


Imagen 4: Cajón hermético cerrado

3. **Cajones neumáticos** se usan generalmente para profundidades de entre 15 y 40 m. Este tipo se requiere cuando una excavación no logra mantenerse abierta porque el suelo fluye al área excavada más rápidamente de lo que puede ser removido. Un cajón neumático tiene una cámara de trabajo en el fondo que tiene por lo menos 3m de altura. En esta cámara, los trabajadores excavan el suelo y cuelean el hormigón.

La presión de aire en la cámara se mantiene suficientemente alta para impedir que el agua y el suelo penetren en ella. Los trabajadores usualmente no tienen molestias severas cuando la presión en la cámara se eleva a 2 atm, pero más arriba de esta presión se requieren períodos de descompresión cuando los trabajadores salen de la cámara. Cuando se requieren presiones en la cámara de aproximadamente 3atm por arriba de la presión atmosférica, los trabajadores no deben permanecer dentro de la cámara por más de 1 a 2 horas por periodo de trabajo. Los trabajadores entran y salen de la cámara por medio de una escalera dentro de un tubo de acero. Éste también se usa para retirar el suelo excavado y para la colocación del concreto. En grandes construcciones, cuando es necesario más de un tubo se proporciona una antecámara de compresión en cada uno de ellos. Los cajones neumáticos se entierran gradualmente conforme avanza la excavación. Cuando se alcanza el estrato de apoyo, la cámara de trabajo se llena con concreto.

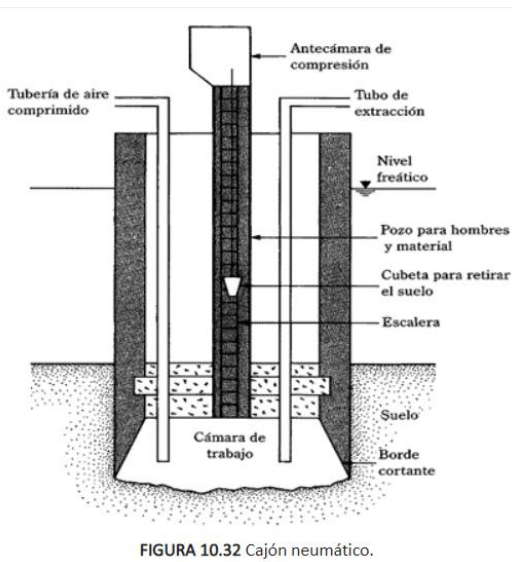


Imagen 4: Cajón hermético neumático

Esta metodología de trabajo es muy ingeniosa y ocupa el principio de equilibrio de presiones.

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 estando libres de las limitaciones que implica 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.

La presión máxima a que han de trabajar los hombres no debe exceder, según la mayoría de las ordenanzas de la construcción, de 3,5 kg/cm², lo que supone ya más del triple de la presión atmosférica. Dicha presión se alcanza a unos 35m bajo el nivel del agua y a tal profundidad será preciso emplear una presión de aire equivalente para impedir que el agua ingrese a la cámara de trabajo.

Disposiciones de carácter general

Los trabajos en aire comprimido deberían realizarse únicamente en presencia de una persona competente para supervisar el desarrollo de las operaciones. Además debe estar en todo momento un médico y un enfermero o un asistente de primeros auxilios calificado.

Los cajones de aire comprimido deberían estar:

- Construidos con materiales apropiados y de buena calidad y tener suficiente resistencia.
- Provistos de medios que permitan a los trabajadores ponerse a salvo en caso de

- entrada de agua o de materiales.
- Provistos de medios de acceso y salida seguros.

Los cajones de aire comprimido deberían ser examinados por una persona competente, a intervalos prescritos por las leyes o reglamentos nacionales.

Sólo deberían confiarse trabajos en aire comprimido a trabajadores cuya aptitud física esté comprobada mediante previo examen médico.

Ventajas:

- Permite inspeccionar y preparar cuidadosamente el asiento del pilar.
- Facilita un hundimiento más preciso.
- Ofrece mayor oportunidad de eliminar obstáculos, como grandes piedras.
- Hace que el hormigón de la cámara de trabajo resulte de mejor calidad por haber sido depositado en contacto con el aire en lugar de serlo bajo el agua.
- Evita que el suelo penetre en su interior de la campana o filo cortante y provoque reasentamientos del terreno de las estructuras adyacentes.
- El aire comprimido alimentado en la cámara de trabajo se controla para que sea tan igual a la presión del agua subterránea que el agua subterránea o los suelos circundantes no se vean afectados.
- Dado que la cámara de trabajo en el interior se mantiene seca, es posible un trabajo de excavación elaborado verificando directamente las condiciones del suelo sin alterar la constitución del suelo. Esto también permite que el cajón neumático se hunda en todas las condiciones del suelo, como suelo viscoso, suelo duros de piedras que mezclan arena y lecho de roca.
- Dado que las estructuras de cajón neumático que se hunden se convierten en las estructuras subterráneas finales, no se requieren trabajos de retención de tierra temporales. Esto también permite un buen uso del espacio subterráneo tanto como sea posible.
- El sistema de excavación no tripulado desarrollado y el sistema de respiración de gases mezclados de helio permiten construir estructuras y espacios subterráneos seguros y eficientes en el subsuelo de gran profundidad.

Desventajas

- Elevado costo.
- No se puede alcanzar profundidades superiores a los 30 o 35 m por debajo del nivel piezométrico. A mayores profundidades debería utilizarse tal presión de aire, que los trabajadores se verían expuestos a la Enfermedad de descompresión, llamada también enfermedad del buzo.

Salud del trabajador

Debemos tener las siguientes consideraciones:

- Deberá llevarse un registro de cada turno de cada uno de los trabajadores, el tiempo transcurrido en la cámara de trabajo y el tiempo de descompresión.
- Si la presión del aire comprimido en que deba trabajar excede de 1 atm, el examen médico del trabajador debería efectuarse dentro de las cuatro semanas que preceden

- a la asignación a ese trabajo.
- Las personas ocupadas de manera continua en trabajos en aire comprimido a una presión que no exceda de 1 bar deberían someterse a exámenes médicos cada dos meses.
- Si algún trabajador siente malestar durante la compresión, debería interrumpirse ésta y reducirse gradualmente la presión.

Trabajo en túneles

Uno de los casos en trabajos constructivos de gran envergadura puede encontrarse en los “Túneles subacuáticos” donde la naturaleza del terreno, la presencia de agua subterránea y el uso final del túnel condicionan la elección del método de construcción del mismo.

Los túneles, si se perforan en terreno poroso debajo del agua, pueden tener que ejecutarse en atmósfera de aire comprimido. Los trabajos con aire comprimido se limitarán al mínimo posible debido a su peligro e ineficacia. 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. 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. 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.



Imagen 6: túnel subacuático

Tuneladora:

Es una máquina capaz de excavar túneles a sección completa, a la vez que colabora en la colocación de la entibación para la sustentación del túnel si ésta es necesaria, ya sea de forma provisional o definitiva. Pueden ser de dos tipos:

- Topos: Tuneladoras diseñadas para excavar rocas duras o medianas, sin apenas necesidad de sostenimiento.

- Escudos: Tuneladoras diseñadas para excavar rocas blandas o suelos, terrenos que necesitan de la colocación de un sostenimiento. Cuentan con una carcasa metálica exterior que sujeta provisionalmente el terreno desde el frente de avance hasta algo más de donde se coloca el sostenimiento definitivo.

Los trabajos en ambiente hiperbárico sólo se darán en tuneladoras escudos EPB. Para poder acceder al disco de la cabeza de corte y garantizar el sostenimiento del frente, se trabaja en condiciones hiperbáricas. Para ello es indispensable disponer de cámaras hiperbáricas para la aclimatación de los trabajadores, además de un tren o vehículo de evacuación y personal sanitario para asistir a los trabajadores en caso de producirse accidentes disbáricos

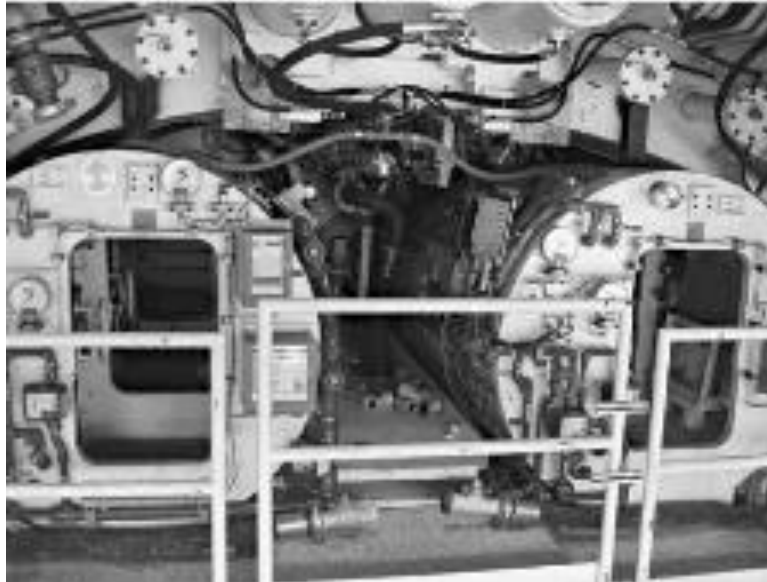


Imagen 7: Cámara de descompresión en tuneladora

Las tuneladoras EPB (en inglés, *Earth Pressure Balance*), o de balance de presión de tierras, son escudos de presión de tierras que se utilizan normalmente en la excavación de terrenos cohesivos. Como ventajas se encuentran sus elevados rendimientos, trabajando incluso bajo el nivel freático, su versatilidad y respeto medioambiental, aunque requieren de una elevada inversión económica.

El sostenimiento del frente de excavación se realiza con la propia tierra excavada, que se aloja en una cámara de extracción para mantener la presión sobre el frente y minimizar asentamientos en superficie.

La extracción del material de la cámara de extracción se realiza mediante un tornillo sinfín. Actuando sobre la velocidad del mismo y sobre la fuerza de los cilindros de empuje podemos mantener una presión constante sobre el frente que permita construir un túnel sin incidencias en las infraestructuras colindantes de la superficie.

Han sido utilizadas con gran éxito en la construcción de numerosos túneles: para metro, ferrocarril, autopistas, colectores, utilizándose mayoritariamente revestimientos por dovelas.

Riesgo de trabajos en túneles:

- Riesgos de trabajos con maquinaria en espacios confinados:
 - Caída de personas a diferente nivel.

- Caídas de altura.
 - Caída de personas al mismo nivel.
 - Caída de objetos por desplome.
 - Caída de objetos por manipulación.
 - Pisadas sobre objetos.
 - Choques con objetos inmóviles.
 - Golpes por herramientas.
 - Proyecciones de partículas.
 - Atrapamientos.
 - Sobreesfuerzos.
 - Exposición a temperaturas extremas.
 - Quemaduras.
 - Radiaciones no ionizantes.
 - Ruido.
 - Polvo.
 - Riesgo eléctrico.
- Riesgos del trabajo en ambiente hiperbárico:
 - Accidentes disbáricos o por descompresión.

Protocolo de salud y Seguridad en túneles:

El protocolo de seguridad y salud establece las previsiones con respecto a prevención de riesgos laborales durante las actividades en condiciones hiperbáricas, así como los servicios sanitarios necesarios para este tipo de actuaciones, la funcionalidad y manejo de los equipos y herramientas, y también el resto de medios de seguridad y conducta del personal de la obra, en favor de la prevención y la realización de los trabajos en las mejores condiciones.

Se enumeran a continuación los objetivos principales del protocolo:

- Preservar la integridad de los trabajadores y de todas las personas del entorno.
- Organizar el trabajo de manera que se minimicen los riesgos.
- Determinar las mejoras en las instalaciones para la mejor protección colectiva y del individuo.
- Establecer las normas de utilización de los elementos de seguridad.
- Proporcionar a los trabajadores los conocimientos necesarios para el uso correcto y seguro de los equipos y herramientas.
- Fijar las medidas de control de las condiciones ambientales.

Las medidas preventivas que se tienen que implantar son las siguientes:

- Los compartimentos de acceso a la cámara hiperbárica tienen que estar siempre accesibles para todos los trabajadores como vía de escape. Por este motivo, sus puertas no tienen que estar nunca bloqueadas por tubos, cables o cualquier tipo de material u obstáculos.
- En caso necesario, se tiene que controlar la zona de trabajos de mantenimiento contra el acceso no autorizado, para crear una zona de seguridad.
- Antes de hacer las tareas de mantenimiento o de reparación, se tienen que limpiar las piezas de las máquinas, especialmente, las conexiones y la tornillería.
- Acabados los trabajos de mantenimiento, se tienen que limpiar todos los peldaños, estribos, asideros, barandas, replanicies, plataformas, escaleras de mano, etc.
- No se tienen que utilizar productos de limpieza abrasivos, sólo se utilizarán trapos sin hilos.
- Hay que hacer un uso correcto y obligatorio de los equipos de protección individual.

- Todas las personas que estén trabajando en la cámara hiperbárica, en las operaciones de reparación y mantenimiento, tienen que utilizar arnés de seguridad atado a puntos fijos o dispositivos anticaídas.
- Hay que planificar la ubicación exacta de los materiales, comprobando la estabilidad, y con espacios suficientes para facilitar las maniobras de carga y descarga.
- Los trabajos de mantenimiento y reparación sólo los pueden hacer trabajadores que tengan la formación específica para llevarlos a cabo.
- Se tiene que informar a los trabajadores de todos los riesgos y de las medidas preventivas utilizadas, previamente al inicio de los trabajos especiales de mantenimiento.
- Hay que disponer en la obra de un recurso preventivo para controlar la eficacia del sistema de seguridad.
- Durante los trabajos de mantenimiento y reparación que se hagan a una altura superior a la del cuerpo humano, hay que utilizar los medios de seguridad previstos y las plataformas de trabajo adecuadas.
- En caso de haber de mover la rueda de corte de la tuneladora, ningún trabajador tiene que permanecer dentro de la cámara.
- El movimiento de la rueda de corte tiene que estar controlado, y hay que asegurar que este accionamiento solamente pueda llevarse a cabo desde la antecámara, y que cuente con un dispositivo de seguridad (llave de seguridad) para que desde la cabina de mando el piloto no pueda accionarla, accidentalmente, y no atrapar a algún trabajador que permanezca en la zona de trabajo.
- Todas las plataformas y apoyos de carga tienen que fijarse a los puntos de sujeción previstos.
- Todos los equipos elevadores necesarios tienen que estar colocados en los apoyos previstos y hay que verificar el mantenimiento para garantizar la seguridad del funcionamiento.
- Antes de levantar cualquier carga, se tiene que comprobar la resistencia de los puntos de sujeción y la estabilidad de la carga.
- Está prohibido hacer trabajos en la misma vertical de una carga.
- La descarga y colocación de las herramientas de corte se tiene que hacer mediante recursos mecánicos.
- Está prohibido permanecer bajo cargas suspendidas.
- Hay que ligar correctamente las cargas que hay que mover.
- Hay que mantener el correcto funcionamiento de los dispositivos de paro de emergencia de la marcha adelante de la tuneladora.
- En todo momento, los trabajos se tienen que hacer adecuadamente, evitando los riesgos posturales.
- Las conexiones de la tornillería que se tengan que aflojar durante los trabajos de mantenimiento se tienen que sujetar fuertemente con los pares preceptivos.
- Durante el cambio de herramientas y a causa de las temperaturas elevadas en el ambiente donde se hacen los trabajos, los operarios se tienen que hidratar continuamente mediante bebidas isotónicas.
- Se tienen que organizar turnos y rotaciones para minimizar la exposición a los riesgos existentes.
- Para hacer los trabajos de cambio de herramientas en la rueda de corte de la tuneladora, se tienen que utilizar plataformas de trabajo de un mínimo de 60 cm de anchura.

Elementos de protección en túneles:

Los elementos de protección recomendados para esta actividad corresponden a los mismos usados en buceo de tipo profesional, debido a que los dos se encuentran a presiones elevadas, con la única salvedad de que el entorno es aire comprimido y no agua.

Cuando son trabajos de mantenimiento o reparaciones de emergencia no es común el uso de tanques de oxígeno como sí lo es en el buceo. Aquí los operarios poseen una línea de aire con su retorno desde el equipo en el cual están operando. Los elementos comunes son:

1. Cascos de presión

Características:

- Reguladores.
 - Air Train, dispersa el aire respirable sobre el visor para desempañar y ventilar.
 - Válvula anti-empañamiento.
 - Válvula de suministro de emergencia (EGS).
 - Armazón reforzado recubierto de fibra de vidrio.
 - Válvula anti-retorno.
 - Bloqueador nasal para compensación de oídos.
 - Sistema rápido de comunicaciones
 - Máscara oral/nasal de silicona.
 - Conductores laterales del aire para mejorar la visibilidad y disminuir el ruido interno.
2. Sistema dependiente de respiración (Principal y Retorno)
 3. Sistema independiente de respiración.
 4. Arnés de cuerpo completo, anclajes y conectores
 5. Protección de oídos (presión más que ruidos)
 6. Calzado de protección antideslizante
 7. Traje de trabajo: Este elemento es el traje normal de trabajo, debido a que el aire no afecta el estado del cuerpo humano como así lo hace el agua (a presión y temperatura). Si la presión es elevada, es necesario el uso de un traje hermético especial como llegan a ser los trajes usados en el espacio exterior. Pero no son comunes en este tipo de trabajos.



Cameras hiperbaricas

La cámara hiperbárica es un dispositivo médico utilizado para aplicar una presión atmosférica elevada de oxígeno puro al cuerpo, con el fin de que este elemento llegue a través del torrente sanguíneo a las áreas donde existe una deficiencia. Consiste en un habitáculo (contenedor) preparado para soportar elevadas presiones en su interior, y simular la situación ambiental que ocurre en el agua. La presión a la que se somete ronda entre 2 y 3 ATA (Atmósferas Absolutas), en algunos casos se puede llegar a 6 ATA

En cuanto a los usos de las cámaras hiperbáricas aplicados a la medicina podemos basarnos a lo también conocida como oxigenoterapia hiperbárica el cual se basa en el uso médico del oxígeno 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 durante el tratamiento en cámara hiperbárica, la Presión Parcial de Oxígeno (PpO₂) en sangre arterial 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.

En lo que a buceo se refiere, es 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.).

Según su capacidad pueden clasificarse en monoplazas y multiplazas. Entre las cuales existen importantes diferencias tanto de manejo, metodología como de los tipos de tratamientos que se pueden aplicar en cada una. Generalmente las multiplazas son las más apropiadas desde todos los puntos de vista, 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 cámaras.



Imagen 8 y 9: Cámaras hiperbáricas

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).

Equipamiento:

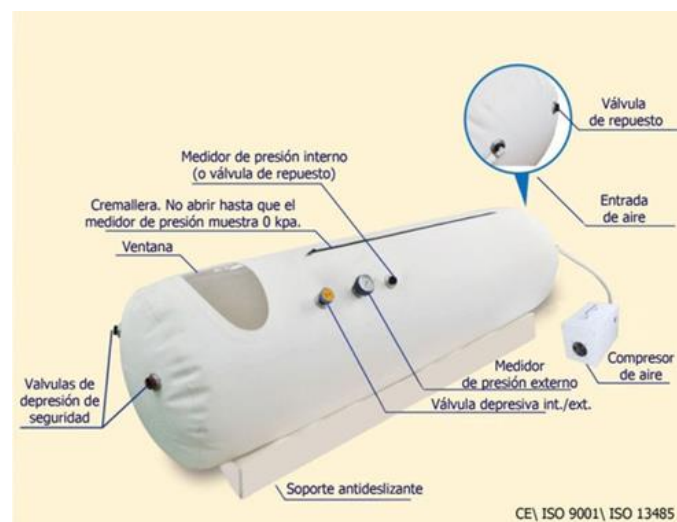


Imagen 10: Cámara Hiperbárica

Cuerpo Principal: es un cilindro cerrado en sus extremos por un casquete esférico abierto uno de ellos por una escotilla de acceso a la cámara. Está construido 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: Asientos y camillas, para el accidentado y acompañante, Mascarillas para suministro de oxígeno, Un sistema de iluminación interior, Mandos internos para poder manejar el suministro de gas, Tuberías y válvulas que permiten la entrada y salida del gas, Esclusas que permiten el paso desde el exterior de objetos, Sistemas de comunicación con el exterior.

Antecámara: Es una segunda escotilla colocada en el interior del cuerpo principal que nos genera un nuevo compartimiento. 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

Cuadro de Control: Su función es 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. Cuenta con: Manómetros, Cronómetro, Caudalímetro, Oxímetro, Termómetro, Sistemas de comunicación, Válvulas de presurización y Válvulas de ventilación

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

Sistemas humidificadores: Se instalan en las cámaras grandes especialmente para disminuir el incremento de humedad.

Absorbente de dióxido de carbono: En las grandes cámaras se logra conseguir la eliminación del anhídrido carbónico mediante la colocación de un absorbente del gas mencionado en la cámara.

Buceo de saturación:

El buceo de saturación se basa en el trabajo a profundidades que pueden llegar a los 100 metros, pero, para eso, deben convivir 28 días en una cámara hiperbárica. Los barcos de buceo utilizan sistemas computarizados de navegación, conocidos como posicionamiento dinámico, para mantenerse en el sitio de buceo mientras las personas están en el agua.

Durante los veintitantos días se mantiene la misma presión y al final se hace una descompresión. El organismo toma el gas a presión cuando vas respirando y, en aproximadamente 6 horas, ya todos los fluidos están saturados a la presión del gas que estás respirando.

El aire que respiramos está compuesto por nitrógeno (80%) y oxígeno (20%). El nitrógeno, a partir de los 40 metros de profundidad, se vuelve narcótico para el ser humano. Entonces hay que reemplazar ese nitrógeno por otro gas inerte.

El traje de neoprene que usan es un poco más holgado que el del buceo recreativo, por dentro corre agua caliente que llega a través de la manguera que está conectada a la cámara hiperbárica y ésta, al barco.

Los buceadores se abastecen durante sus operaciones por un haz de conductos de varios centenares de metros, llamado cordón umbilical. Este contiene, entre otros, los conductos para el aire inspirado y espirado, cables para la corriente eléctrica y la comunicación, y también una línea para el agua caliente con el que se calientan los trajes de los buceadores en las gélidas profundidades. Todos los años se someten a una evaluación física y psicológica.

Este conjunto de canalizaciones discurre a través de los pozos de buceo practicados en el fondo del barco (llamados moonpools) de un diámetro de 4,80 metros por los que las campanas de buceo se echan directamente al agua desde el barco. Al mismo tiempo cada buceador a su vez está conectado con la campana mediante un cordón umbilical propio de unos 30 metros. Un buzo está en el agua 6 horas diarias de trabajo. Las restantes horas las pasará junto a sus compañeros en ese mini silo de centímetros en los que comen, duermen, se bañan, hablan por teléfono con sus familias.

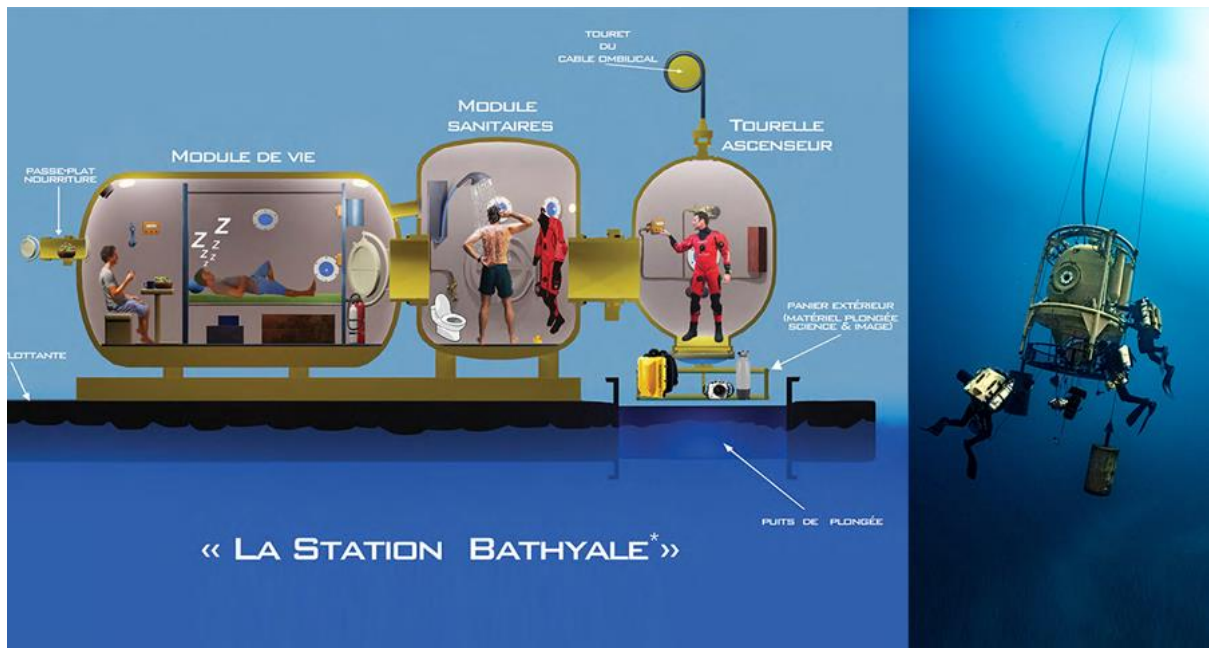


Imagen 11: Buceo de saturación

Síndrome de descompresión:

Es una enfermedad aguda conocida en medicina como embolia gaseosa producida por una disminución brusca de la presión atmosférica. El nitrógeno, disuelto en la sangre y los tejidos debido a la alta presión, forma burbujas cuando la presión disminuye. Esta enfermedad se caracteriza por la aparición de pequeñas burbujas e inflamación a nivel subcutáneo, pero el síntoma inequívoco es la aparición de un fuerte dolor, que afecta a diversas partes del cuerpo. Ciertas regiones corporales pueden sufrir parálisis transitoria y en ocasiones se producen lesiones permanentes e incluso la muerte. Este síndrome de descompresión también es conocido como "enfermedad de los buzos" o "mal de presión".

Para prevenir esta afección, se debe limitar la profundidad y el tiempo de tu inmersión, pero en caso de no poder controlar esos aspectos, lo recomendable es que en el ascenso se hagan paradas de descompresión. Se han calculado tablas especiales para buceo con aire, llamadas Tablas de Descompresión. Estas tablas tienen en cuenta el aumento de la cantidad de nitrógeno absorbido por los distintos tejidos en función de la profundidad y el tiempo de la inmersión.

TABLAS DE DESCOMPRESIÓN ACUC PARA BUCEO RECREATIVO BASADAS EN LAS TABLAS D.C.I.E.M.												
PROFUNDIDAD EN METROS	MINUTOS DE INMERSIÓN											
6	30	60	90	120	150	180	240	300	360	420	480	600
9	30	45	60	90	100	120	150	180	190	210	240	270
12	22	30	40	60	70	80	90	120	130	150	160 P3-5	170 P3-5
15	18	25	30	40	50	60	75	85 P3-5	95 P3-5	105 P3-10	115 P3-10	124 P3-15
18	14	20	25	30	40	50	60 P3-5	70 P3-10	80 P3-10	85 P3-15	92 P3-20	
21	12	15	20	25	35	40 P3-5	50 P3-10	60 P6-5 • P3-10	63 P6-5 • P3-10	66 P6-10 • P3-10		
24	10	13	15	20	25	29 P3-5	35 P3-10	48 P6-5 • P3-10	52 P6-10 • P3-10			
27	9	12	15	20	23 P3-5	27 P3-10	35 P6-5 • P3-10	40 P6-10 • P3-10	43 P6-10 • P3-10			
30	7	10	12	15	18 P3-5	21 P3-10	25 P6-5 • P3-10	29 P6-5 • P3-10	36 P6-10 • P3-10			
33	6	10	12	15	15 P3-5	18 P3-10	22 P6-5 • P3-10	26 P6-10 • P3-10	30 P6-10 • P3-10			
36	6	8	10	12	12 P3-5	15 P3-10	19 P6-5 • P3-10	25 P6-10 • P3-10				
39	5	8	10	13	10 P3-5	13 P3-10	16 P6-5 • P3-10	21 P6-10 • P3-10				
42	5	7	9	11	9 P3-5	11 P3-10	14 P6-5 • P3-10	18 P6-10 • P3-10				

TABLA A
DESCOMPRESIÓN CON AIRE

Grupo Salvia Simoes

Imagen 12: Tabla de descompresión

Tenemos dos técnicas de descompresión:

1. Descompresión continua: para profundidades mayores a 120m, la cual implica una descompresión en atmósfera de helio.
2. Descompresión por paradas: se utiliza hasta 120m y tenemos las siguientes consideraciones:
 - Hasta 50 metros la mezcla respiratoria sería aire comprimido, luego y hasta los 120 metros la respiración sería de una mezcla de helio – oxígeno (jamás salvo casos excepcionales el tiempo en el fondo debería exceder los noventa minutos).
 - La descompresión deberá ser llevada a cabo según lo indiquen las tablas de descompresión desarrolladas por cada compañía.
 - Las paradas con respiración de oxígeno puro no deberían ser realizadas en campana salvo que ésta posea mascarillas con exhaladores previstos para oxígeno puro y si la atmósfera está permanentemente analizada.

Para una operación básica de campana el equipo estará compuesto por seis personas las cuales deberán cubrir los siguientes puestos: buzo, "beltman", jefe de buzos, buzo a cargo de campana y cámara, buzo a cargo del umbilical y buzo de seguridad.

Elementos sometidos a presión

Introducción

El objetivo de este informe es el de introducir al lector en el concepto de Elementos a Presión en lo que respecta a las condiciones de seguridad a cumplir, los riesgos a los cuales se exponen las personas que manipulan estos elementos y la Normativa vigente.

Definición

La Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N°19.587 define a un elemento sometido a presión interna como todo recipiente cerrado que pueda generar en su interior una presión mayor que la atmosférica.

Clasificación

Estos elementos se pueden clasificar:

según su **Funcionamiento**

- A PRESIÓN CON FUEGO

En estos artefactos la presión del recipiente es producto del vapor generado por el calentamiento de un fluido y el generador de calor es interno. Como ejemplo se pueden mencionar a las Calderas.

- A PRESIÓN SIN FUEGO

Los tanques de aire sometidos a presión, o de aire comprimido que se emplean como tanques primarios o secundarios en un ciclo ordinario de compresión de aire, o directamente por compresores.

Según su **Uso**

- RECIPIENTES DE PROCESO

Ej. los tanques de agua sometidos a presión que pueden ser utilizados para calentar agua por medio de serpentinas de vapor. Compresor de aire.

- RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO

Ej. los tanques que se destinan para almacenar agua fría para distribuirla mediante presión. Recipientes de cloro líquido; garrafas; recipientes de gases comprimidos, licuados y disueltos; recipientes para líquidos refrigerantes.

Según su **Forma**

- CILÍNDRICOS

Un recipiente cilíndrico debido a su forma, es algo menos eficiente. Para el mismo diámetro y condiciones de diseño, la tensión normal máxima en un recipiente sometido a presión esférico es la mitad que en un recipiente a presión cilíndrico. Sin embargo, la forma cilíndrica puede ser más conveniente para fabricar y transportar

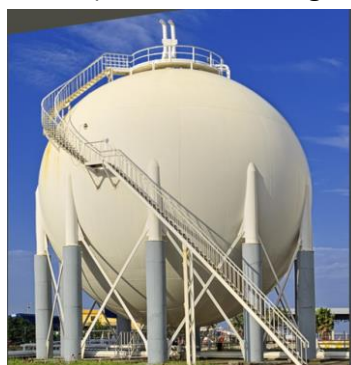
- Verticales: Ej. garrafa de gas envasado, tubo de gas para soldadura.
- Horizontales: Ej. caldera industrial, compresor.



- ESFÉRICOS

Una esfera es la geometría óptima para un recipiente a presión cerrado, en el sentido de ser la forma estructuralmente más eficiente, la presión interna está actuando igualmente en cada punto. Esto significa que las tensiones de la pared serán las mismas en todas las direcciones. Normalmente, como su construcción es costosa, se vuelven óptimos para almacenar grandes volúmenes de fluidos principalmente a bajas presiones y los usos más comunes es para el almacenamiento de productos petroquímicos, entre otros.

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.



Normativa vigente

Cómo normativa vigente respecto de los elementos a presión puede mencionarse el **Decreto 351/79** el cual en su **capítulo 16** se refiere al control de elementos como calderas, hornos, calentadores y cualquier otro recipiente que pueda generar presiones internas. A continuación se presentan los artículos 138 al 144 los cuales tratan el tema mencionado:

Artículo 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.

Artículo 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.

Artículo 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 emplee 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 un dispositivo apropiado. Cuando entre vapor en las tuberías y en las conexiones frías, las válvulas se abrirán lentamente, hasta que los elementos alcancen la temperatura prevista. Igual procedimiento deberá seguirse cuando deba ingresar agua fría a tuberías y conexiones calientes. Cuando la presión de la caldera se aproxime a la presión de trabajo, la válvula de seguridad se probará a mano. 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 presostatos, 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 vástago del solenoide. Las válvulas solenoides, los presostatos, 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 accione 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

Artículo 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) Presostatos, los cuales al llegar a sus valores prefijados interrumpirán el suministro de combustible, cesando el incremento de presión.

3) Elementos equivalentes, que cumplan con las funciones mencionadas en los apartados precedentes. Deberá preverse asimismo, la interrupción del suministro de fuerza motriz al aparato ante una sobrepresión del mismo.

Artículo 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:

1) Su número se limitará a las necesidades y previsiones de su consumo, evitándose almacenamiento excesivo.

2) Se colocarán en forma conveniente, para asegurarlos contra caídas y choques.

3) No existirán en las proximidades sustancias inflamables o fuentes de calor.

4) Quedarán protegidos de los rayos del sol y de la humedad intensa y continua.

5) Los locales de almacenaje serán de paredes resistentes al fuego y cumplirán las prescripciones dictadas para sustancias inflamables o explosivas.

6) Estos locales se marcarán con carteles de "peligro de explosión", claramente visibles.

7) Se prohíbe la elevación de recipientes por medio de electroimanes, así como su traslado por medio de otros aparatos elevadores,, salvo que se utilicen dispositivos específicos para tal fin.

8) Estarán provistos del correspondiente capuchón.

9) 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.

10) Para el traslado, se dispondrá de carretillas con ruedas y trabas o cadena que impida la caída o deslizamiento de los mismos.

11) En los cilindros con acetileno se prohíbe el uso de cobre y sus aleaciones en los elementos que puedan entrar en contacto con el mismo; asimismo se mantendrán en posición vertical al menos 12 horas antes de utilizar su contenido.

Artículo 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.

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

A modo de complementar la normativa nacional, se hace mención del **Código ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)**.

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.

Características constructivas

Los materiales de construcción de estos elementos sometidos a presión deben reunir ciertas cualidades, tales como una buena resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, ser soldables, buena capacidad de dilatarse antes variaciones de temperatura. Algunos de los materiales más utilizados pueden ser: aceros al carbono, aceros de baja aleación para soportar mayores temperaturas y mayor resistencia, aceros de alta aleación (acero inoxidable) y materiales no ferrosos.

- **Aceros al Carbono:** 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.

Condiciones generales de seguridad

Las condiciones generales de seguridad que se deben respetar se pueden resumir en:

- **EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

Con anterioridad a la construcción de un recipiente a presión, es necesario adoptar una serie de medidas que nos garanticen un funcionamiento seguro del mismo. Estas medidas se describen en una primera etapa, la de diseño del aparato, a través del proyecto técnico que recoge las características principales del aparato. En una segunda etapa, está la construcción del equipo, que garantiza la seguridad del equipo mediante un estricto control de calidad.

- **Proyecto técnico**

1. Función a la que se destina el aparato, presión de diseño, temperatura, volumen, fluidos.
2. Elementos de seguridad: válvulas de seguridad, discos de ruptura, etc.
3. Órganos de regulación y control: manómetros, termómetros, presostatos, termostatos, niveles, etc.
4. Especificaciones mecánicas y químicas del material utilizado en la construcción.
5. Cálculos de espesores de las partes sometidas a presión, diámetros de las válvulas, etc. Estos cálculos deben efectuarse de acuerdo a códigos de diseño.
6. Procedimientos de soldadura y homologación de soldadores.
7. Controles de calidad empleados, prueba hidrostática, control de espesores, etc.

- **Construcción del equipo**

Una vez elaborado el proyecto técnico, se siguen las instrucciones que él mismo ha detallado referente a la construcción, las cuales fueron establecidas de acuerdo a los códigos de diseño adoptados.

1. Preparación del material.
2. Soldadura.
3. Mecanizado y montaje.
4. Prueba Hidráulica.

Las operaciones anteriores son de suma importancia, destacándose la operación de soldadura y la prueba hidráulica.

Soldadura

Se deben realizar una serie de controles para determinar la correcta ejecución de la soldadura, por ejemplo:

- Examen para determinar la existencia o no de defectos superficiales, mediante observación visual, uso de líquidos penetrantes o de partículas magnéticas.
- Examen para averiguar defectos internos, mediante técnicas de ultrasonido o radiografía industrial.

Mediante estos controles por medio de personal técnico adecuado se establece si los defectos que se han descubierto garantizan o no la seguridad de manera suficiente.

Prueba hidráulica

Los aparatos a presión se someten a pruebas hidráulicas como parte del control de calidad para comprobar la resistencia del equipo. Esta prueba es exigida por la normativa legal vigente.

El fluido que se utiliza es agua, esto se debe a su incompresibilidad, para evitar en caso de falla riesgos debido a la rotura del recipiente y liberación súbita del fluido contenido. Los códigos de diseño especifican cómo debe realizarse esta prueba. La metodología consta de: Comprobar que las estructuras resistan la carga del recipiente lleno de agua, colocar bridas ciegas o tapones roscados en todas las válvulas (excepto la destinada a venteo del aire). Luego el llenado del recipiente con agua a temperatura ambiente, hasta su salida por el venteo previsto (situado en la parte más alta del recipiente). Comienza un aumento de la presión mediante una bomba accionada manualmente, la cual debe estar provista de un manómetro contrastado, hasta la presión de diseño. Después se aumenta la presión de manera lenta, hasta alcanzar la presión de prueba, manteniendo este valor un tiempo no superior a 30 minutos determinando la existencia de fugas o deformaciones. Verificar un descenso hasta la presión atmosférica para comprobar que no existan deformaciones permanentes en el recipiente. Finalmente se realiza el vaciado del recipiente, adoptando las precauciones oportunas, para impedir un posible efecto de colapso del mismo.

En algunos casos, la prueba hidrostática no es recomendable, efectuándose entonces una prueba neumática. Debido a que este tipo de prueba supone un mayor riesgo, deberán adoptarse unas medidas de seguridad de mayor rigurosidad. Esta prueba se realiza cuando por ejemplo los cimientos no aguanten el peso con el agua, cuando los internos del equipo no resistan la corrosividad del agua, cuando no exista agua disponible a utilizar, cuando no es posible el secado del equipo luego de finalizada la maniobra, etc.

- ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD

La seguridad del aparato debe seguir asegurándose a través del normal funcionamiento del equipo. Para ello es preciso dotarlo de unos elementos de control y seguridad cuya misión sea, impedir sobrepresiones peligrosas. Estos elementos son:

ELEMENTOS DE CONTROL

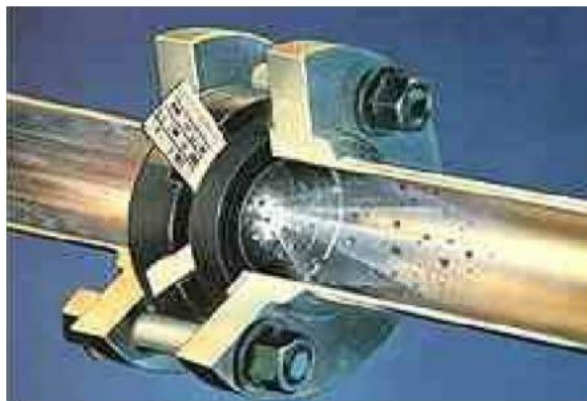
- Indicadores de presión. Manómetros
- Indicadores de temperatura. Termómetros
- Indicadores de nivel.

ELEMENTOS DE SEGURIDAD

- Presostatos, actúan al elevar/disminuir la presión del dispositivo .
- Termostatos, actúan al elevarse/disminuir la temperatura del dispositivo.
- Controladores de nivel, actúan cuando existen tanto un nivel alto como uno bajo en un dispositivo.
- Dispositivos de Alivio de Presión, no permite que el dispositivo alcance una sobrepresión.

Los presostatos y termostatos tienen la función de detectar las variaciones de presión y temperatura en el fluido y transformarlas en una señal eléctrica que actúa sobre los contactos de un microinterruptor.

Los dispositivos de alivio de presión constituyen el elemento más importante para garantizar que el recipiente no alcance una sobrepresión peligrosa. Están pensados para que entren en funcionamiento cuando, por cualquier razón, los órganos de regulación han fallado. **Los discos de ruptura**, consisten en un disco metálico cuyo funcionamiento consiste en romperse a una presión determinada, la cual será inferior en cualquier caso, a la de prueba del aparato. La desventaja es que no pueden volver a utilizarse: su ruptura, a la vez elimina una posible sobrepresión, hace que se inutilice para una nueva actuación. De esta manera se utilizan en las plantas de proceso para proteger los recipientes contra variaciones en la presión y para separar a las válvulas de seguridad y desahogo de los fluidos de proceso.



Las válvulas de seguridad y alivio son dispositivos destinados también a evitar sobrepresiones peligrosas. Las válvulas de seguridad se destinan a gases o vapores, mientras que las segundas son para líquidos.



- **Manómetro:** Es un indicador analógico utilizado para medir la presión de un gas o líquido, como agua, aceite o aire. A diferencia de los transductores de presión tradicionales, estos son dispositivos analógicos con un dial circular y un puntero accionado mecánicamente.



- **Presostato:** Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

Los tipos de presostatos varían dependiendo del rango de presión al que pueden ser ajustados, temperatura de trabajo y el tipo de fluido que pueden medir. Puede haber varios tipos de presostatos:

- Presostato diferencial: Funciona según un rango de presiones, alta-baja, normalmente ajustable, que hace abrir o cerrar un circuito eléctrico que forma parte del circuito de mando de un elemento de accionamiento eléctrico, comúnmente motores.
- Alta diferencial: Cuando se supera la presión estipulada para el compresor, el rearme puede ser manual o automático.
- Baja diferencial: Cuando la presión baja más de lo estipulado para el compresor, el rearme puede ser manual o automático.



- Termostato: Es el componente de un sistema de control simple que abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura.

Su versión más simple consiste en una lámina metálica como la que utilizan los equipos de aire acondicionado para apagar o encender el compresor.



CALDERAS

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 contruidos 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 de falla del 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.

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 alarma 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.

CAUSAS DE ACCIDENTES

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

- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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 servicios 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.
- 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.

DISMINUCIÓN DE RIESGOS

A continuación se especifican una serie de disposiciones destinadas a disminuir los riesgos y la probabilidad de que ocurra un accidente:

1. Instalación de equipos en lugares de mínimo riesgo.
 - Zonas libres de impactos y vibraciones.
 - Espacios bien ventilados e iluminados.
2. Estructuras resistentes a cargas y agentes externos.
3. Los accesos al equipo y dispositivos de seguridad deben mantenerse despejados.
4. Dejar previsto 1,50 m sobre el techo del local para reparaciones.
5. Respetar disposiciones especiales para almacenamiento de combustibles.
6. Los generadores de vapor o calderas deberán ser vigilados permanentemente.
7. Inspección y mantenimiento de equipos.

INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

- TIPOS DE INSPECCIONES

- **Inspección Inicial:** Se realiza después de otorgada la autorización provisional de funcionamiento, debe efectuarse en un término no mayor de seis meses y consta de las siguientes fases:

Reconocimiento del equipo

Pruebas técnicas.

- **Inspección periódica:** Debe efectuarse cada 12 meses.
- **Inspección de comprobación:** Tiene la finalidad de verificar el cumplimiento de las medidas de seguridad, reparación o adecuación de un equipo señaladas en la inspección inicial.
- **Inspección extraordinaria:** Investigación de causas de accidentes a petición del empleador o de los trabajadores con el fin de prevenir condiciones anormales en el equipo.

- 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
- 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 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.

AUTORIZACIÓN DE EQUIPOS

Luego de la inspección inicial, se obtiene la “autorización definitiva”, la cual tiene una validez de 10 años para equipos nuevos y de 5 años para equipos usados.

Antes del vencimiento, el empleador deberá presentar un dictamen expedido por una unidad de verificación acreditada que certifique que los equipos siguen en condiciones o puede solicitar una visita de inspección. Si no están en condiciones, se solicitará que se subsanen las deficiencias y la inspección colocará un aviso. Y si se detecta que los equipos no pueden repararse y representan un riesgo para la seguridad de los trabajadores o del centro de trabajo, se cancelará la autorización de funcionamiento.

PROCEDIMIENTO PARA LA AUTORIZACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE 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:

- a) 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
- b) 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.

OBLIGACIONES

Tanto los trabajadores como los empleadores, deben cumplir una serie de obligaciones tales como:

Los Empleadores:

- Tener autorizados por la Secretaría de energía los equipos y conservar su vigencia de autorización durante la vida útil de los mismos.
- Manifiestar 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 el 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.

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.