

SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA ESTACIÓN DE CLORACIÓN

CONSIDERACIONES GENERALES

La cloración, es decir la adición de cloro o un compuesto de cloro al agua, es el método de desinfección más antiguo y de mayor uso en el mundo. Cuando es correctamente comprendido y operado, el proceso de cloración es un método seguro, práctico y efectivo para destruir los organismos patógenos.

El cloro gas se comercializa en cilindros de acero de 68 Kg y de una tonelada aproximadamente. Los cilindros contienen 85% de cloro líquido a presión y 15% de cloro gaseoso. A temperatura ambiente la presión interna del cilindro es de aproximadamente 6 kg/cm². A la temperatura ambiente (20°C) y a la presión atmosférica, el cloro es un gas amarillo -verdoso de un olor característico pungente, soluble en agua hasta 7.29 g/l y, a 0°C, hasta 14.6 g/l; pero, normalmente, se recomienda que los equipos dosificadores de cloro gas funcionen con un vacío parcial tal que produzcan una solubilidad operativa máxima de cerca de 3.5 g/l. El cloro gaseoso es 2.5 más denso que el aire, y el cloro líquido es 1.5 veces más pesado que el agua.

El cloro es un elemento muy reactivo que, bajo condiciones específicas, reacciona con la mayoría de los compuestos inorgánicos y orgánicos presentes en el agua, a veces en forma extremadamente rápida. Debido a su gran afinidad por el hidrógeno, el cloro sustituye el hidrógeno de algunos de sus compuestos, tal como ocurre en la reacción con el sulfuro de hidrógeno y con el amoníaco u otros compuestos nitrogenados.

El cloro gaseoso es sumamente tóxico cuando se inhala, pero es, fundamentalmente, un compuesto irritante que afecta las vías respiratorias y los ojos. El umbral del olor irritante del cloro varía de 0.06 a 5.8 mg/m³ en el aire (0.02 a 0.2 ppm), en función de la sensibilidad de las personas y otros factores. La concentración máxima admisible oscila entre 1 y 3 mg/m³ (0.344 a 1.032 ppm) en el aire. No se conocen efectos acumulativos del cloro y, luego de una breve exposición aguda a bajas concentraciones, la recuperación es, generalmente, inmediata. Teniendo en cuenta que la irritación sensorial y la reducción de la capacidad ventilatoria son los efectos críticos del cloro, se ha propuesto que la concentración máxima admisible en el aire, para la población en general, sea inferior a 0.1 mg/m³ (0.034 ppm). Según la concentración de cloro en el aire y el tiempo que una persona (o animal) está expuesta al mismo, puede sufrir distintos grados de irritación en la piel (especialmente en presencia de humedad), las mucosas y el sistema respiratorio, y, en los casos severos, sofocación que puede causar su muerte. Como referencia se puede tener en cuenta que exposiciones de 30 a 60 minutos a concentraciones de 116 a 175 mg/m³ (40-60 ppm) son peligrosas y que exposiciones muy breves a concentraciones de 2.900 mg/m³ (1000 ppm) o superiores, pueden ser fatales.

El valor umbral de sabor y olor del cloro en el agua destilada es de aproximadamente 1.0 mg/l, pero algunos compuestos organoclorados, como los clorofenoles, tienen un umbral de sabor y olor mucho más bajo.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL CLORO

El cloro, en condiciones ambientales de presión y temperatura, es un gas amarillo verdoso, con olor irritante característico. Puede licuarse fácilmente mediante compresión. Es no inflamable, aunque en su forma gaseosa mantiene la combustión de algunos materiales. El cloro se produce

en forma gaseosa por electrólisis de una solución de cloruro de sodio. Químicamente es un elemento muy activo, motivo por el cual no se encuentra en la naturaleza en estado libre sino asociado con otros elementos como, por ejemplo, el sodio con el cual forma el cloruro de sodio o sal común. Reacciona fácilmente con sustancias explosivas, por lo cual no debe almacenarse cerca de zonas habitadas o lugares de trabajo. El cloro se combina con diferentes compuestos rápidamente incluyendo los nitrogenados.

El cloro es ligeramente soluble en agua (a 1 atm y 20 °C se disuelve en 10 000, mg/l (aproximadamente 1 % de concentración). Sus principales características a presión atmosférica son:

- ✓ Peso molecular: 35.357 uma
- ✓ Punto de fusión: -101.4 °C
- ✓ Punto de ebullición: -34.5 °C
- ✓ Densidad relativa al aire: 2.5

En presencia de humedad, el cloro -ya sea líquido o gaseoso- es sumamente corrosivo pues reacciona con el agua para formar ácidos hipoclorosos y ácido clorhídrico. Por ello, se produce el cloro seco, que no contiene más de 150 ppm de humedad; sin embargo, se recomienda incluso que ésta sea menor de 50 ppm para evitar problemas de corrosión.

ESTACIÓN DE CLORACIÓN

Es el lugar asignado en las instalaciones que ocupan las diferentes etapas de la planta de tratamiento de aguas residuales para manejar, dosificar y controlar los factores de riesgo que implicar utilizar cloro gaseoso como agente desinfectante.

ALMACENAMIENTO

Las características de este recinto dependen de la forma del cloro que se almacena: sólido, líquido o gaseoso, y de las características de los envases. En el caso que compete a la PTAR de Loja como ha quedado claro se utilizará cloro gaseoso.

El cloro gaseoso se obtiene comercialmente envasado a presión en forma líquida, en cilíndricos metálicos de diferentes capacidades: 50, 75 y 1.000 kg. (1 tonelada). El flujo de gas que se puede extraer en un día, como máximo, de un cilindro depende del tamaño del mismo y de la presión interna la que, a su vez, es función de la temperatura del cloro líquido. A continuación, se indica este valor para los distintos cilindros, a temperatura ambiente y de la presión interna, la que a su vez es función de la temperatura del cloro líquido.

Peso del contenido del cilindro (kg)	Peso del cilindro solo (kg)	Peso total del cilindro (kg)	Máximo flujo de cloro que se puede extraer (kg/d)
75	50-59	115-134	18.2
1000	680	1680	182

En planta se debe mantener un número de cilindros que garanticen la continuidad de la cloración, teniendo en cuenta factores como: disponibilidad del producto en las distribuidoras, transporte al

sitio, factores administrativos de la entidad operadora del sistema de acueducto, contingencias ambientales, etc. Por lo tanto, habrá que tener en cuenta el grado de facilidad y confiabilidad del sistema de provisión de cloro.

La reserva a mantener en depósito depende de para cuantos días de operación se debe asegurar la disponibilidad de cloro. Por el tamaño de la planta, factores logísticos y, considerando que no se requiere ningún otro tipo de producto químico para garantizar la desinfección del efluente. Hay que tener en cuenta, también, el número de cilindros vacíos que están en espera y los llenos que están por recibirse.

EQUIPO BÁSICO QUE HACEN PARTE DE LA ESTACIÓN DE CLORACIÓN

Sistemas de dosificación de cloro gaseoso.

Batería de cilindros de cloro con un intercambiador para operar simultáneamente cuatro (4) cilindros de una (1) tonelada.

Distribuidor múltiple de cloro para conectar cuatro (4) cilindros de 1000 kg con intercambio automático.

Detector de gas cloro con capacidad de detección de 0 a 10 ppm de cloro en el aire de funcionamiento automático.

Equipos de seguridad completo para el manejo y control de fugas de cloro que cumpla norma del instituto americano de cloro para contenedores de una (1) tonelada, incluyendo vestido completo, máscara, zapatos, etc.

Equipo automático de medición en línea de cloro residual en el agua para localizar a la salida del tanque de contacto.

MANEJO DE LA SEGURIDAD EN LA ESTACIÓN

Para que el cloro pueda ser utilizado sin que represente un riesgo tanto para el personal y las instalaciones de la planta como para el medio ambiente en general y los vecinos a la planta, en particular, este desinfectante debe ser manipulado y utilizado por personal debidamente entrenado para realizar estas tareas y para responder ante cualquier emergencia menor o mayor que se pudiera, inevitablemente, presentar. Es crítico, además, que las instalaciones y el personal cuenten con todos los elementos de seguridad necesarios para tal fin.

En general, los elementos de seguridad de la estación de cloración los podemos agrupar de la siguiente manera:

- ✓ Elementos de protección personal (máscaras, ropa, botas, etc.).
- ✓ Sistemas de detección de fugas (detectores, alarmas, etc.).
- ✓ Equipos de reparación de fugas.

Máscaras. Para que las fugas de cloro se puedan reparar sin peligro, los operarios deben contar con máscaras protectoras de distintos tipos según la importancia de las mismas:

Mascaras tipo “canister”. Estas máscaras sólo se pueden utilizar en el caso de fugas menores y cuando la concentración de cloro en el aire no sea importante, ya que estas únicamente filtran el aire. Por lo tanto, se deben reemplazar periódicamente. En general, no se recomienda el uso de este tipo de máscaras en ningún caso (AWWA, 1998).

Máscaras con tanque de aire (equipos de respiración asistida). Estos equipos suelen tener una autonomía de trabajo de hasta 35 minutos según el tamaño del cilindro o tanque de aire y el ritmo al cual respira el operario que la utiliza en una situación de emergencia. Se deben prever tanques de aire de repuesto. Algunos equipos de aspiración asistida cuentan con alarma auditiva e indicador del tiempo de autonomía.

Cloro liberado al aire o derramado. Las pérdidas de cloro pueden ser en forma de cloro gas o líquido, según las condiciones de temperatura y presión. Que la pérdida sea de una u otra forma es crítico con respecto al riesgo de contaminación del personal y ambiental que implican.

Si la fuga se produce en un cilindro, donde el cloro está como líquido a presión o como gas, al escapar del cilindro la temperatura y la presión descienden formándose una capa de “hielo”, que reduce la velocidad con que se fuga el gas. Se debe evitar, siempre que sea posible, que el cloro escape como líquido ya que, para un mismo orificio, la cantidad de cloro que escapa de una pérdida de gas es mucho menor que la que la cantidad que escapa de una pérdida de líquido (debido a la descompresión del líquido). Una forma de favorecer el escape de gas y reducir el de líquido, es volteando el cilindro, o, si fuese posible, reduciendo la presión interior del cilindro permitiendo que escape gas. Este gas se deberá contener y disponer adecuadamente.

Cuando se produce una pérdida importante en un recinto cerrado, la presión del mismo será negativa (debido al gran descenso de temperatura que se produce en la zona de la pérdida).

ASPECTOS OPERATIVOS DE LA APLICACIÓN DE CLORO GASEOSO

Los dosificadores de cloro gaseoso trabajan bajo dos principios: *funcionamiento al vacío* por inyección en tubería y *funcionamiento a presión* por difusión en canales abiertos o tubería. El más común es el de funcionamiento al vacío.

Cloradores gaseosos de funcionamiento al vacío

Este sistema comprende un cilindro con el gas, un regulador con un rotámetro (indicador de tasas de alimentación) y un eyector. El sistema trabaja debido al vacío que se genera en el eyector tipo Venturi accionado por un flujo de agua, el cual eyecta una mezcla de agua y de gas en el punto de aplicación, donde el gas se difunde y disuelve. El sistema está provisto de válvulas anti retorno para impedir el ingreso del agua a la tubería de transporte de cloro, con el objeto de prevenir la corrosión del equipo en los casos en que por algún motivo se interrumpa su funcionamiento como se muestra en la figura 2.

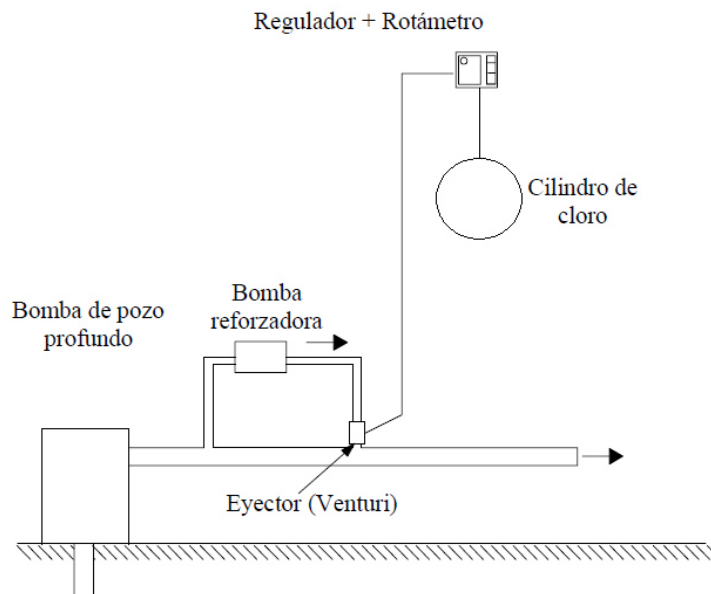


Figura 2. Diagrama esquemático del sistema de aplicación de cloro gaseoso de funcionamiento al vacío.

Operación y mantenimiento de los cloradores a gas

Los *cloradores de funcionamiento al vacío* requieren inspección y mantenimiento con regularidad por operadores capacitados y que se sigan las recomendaciones del fabricante para asegurar su funcionamiento adecuado y evitar reparaciones y accidentes costosos. Este tipo de sistema generalmente es duradero y relativamente exento de dificultades. Hay que tener sumo cuidado de que la humedad no se mezcle con el cloro gaseoso dentro del sistema dosificador, pues el cloro gaseoso húmedo corroerá o deteriorará rápidamente el equipo: partes plásticas, herrajes de metal, válvulas, conexiones flexibles, etc. Los materiales del sistema de cloración, incluidos los repuestos y accesorios, tienen que ser apropiados para el manejo del cloro gaseoso húmedo y seco. El cloruro férrico que se deposita en las tuberías, generalmente debido a las impurezas del cloro, se debe limpiar con regularidad. En todo momento se debe tener a mano una cantidad adecuada de repuestos. Las conexiones flexibles deben reemplazarse conforme a lo recomendado por el fabricante. Los empaques de plomo entre el cilindro y el clorador se deben utilizar solo una vez. Cuando sea necesario cambiar cilindros será necesario abrir las juntas entre los cilindros y los cloradores, en cuyo caso, o por cualquier otra razón se deben reemplazar por empaques nuevos recomendados por el fabricante. La reutilización de empaques usados es probablemente la causa más común de las fugas de cloro gas.

Manipulación de los contenedores de cloro gaseoso.

En este caso, por el tamaño de la demanda, el cloro se debe manejar comercialmente como líquido comprimido en recipientes de acero con las capacidades siguientes: cilindros de 68 Kg., cilindros de 907 Kg., comúnmente llamados de tonelada. Estos últimos recipientes son tanque de aceros soldados, fabricados según la DOT especificación 106A500X. Los lados de este cilindro están enrollados con los extremos hacia dentro de tal modo que forman remates que son verdaderos asideros para facilitar su levantamiento. El peso aproximado de estos cilindros vacíos es de 682 Kg. Las tapas de los extremos son cóncavas, y una de ellas está equipada con dos válvulas con características específicas, según diseño del Instituto del Cloro de los Estados Unidos, cumpliendo con las especificaciones que exige ICC (figura 3); además están protegidas

con un casco de acero y están conectados a tubos de salida. Todos los cilindros para 907 Kg. están equipados con tres tapones fusibles de alivio en cada etapa, espaciados a 120° (figura 4).

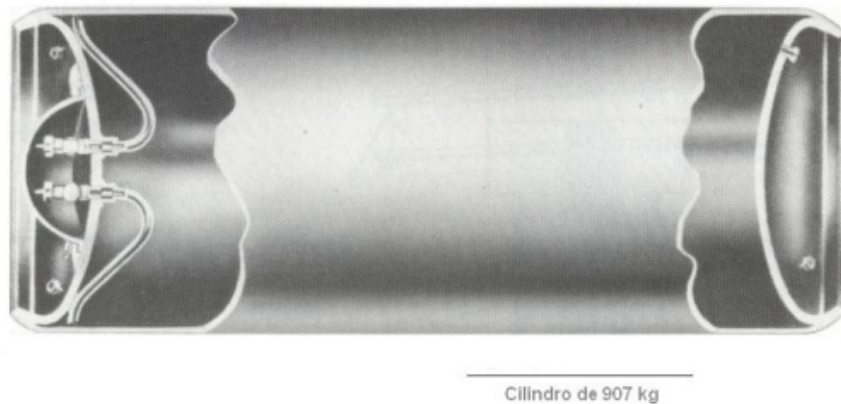


Figura 3. Cilindro de 907 kg según diseño del Instituto del Cloro de los Estados Unidos (Fuente: Industrial Química del Istmo-Manual del cloro. México 2010).

El metal del fusible se funde entre 70° y 73. 9°C por lo que en casos de fuego o exposición a temperaturas elevadas, se libera la presión, previendo la ruptura del recipiente; estos tapones no deben ser calentados ni alterados; si uno de ellos abriera, todo el cloro del cilindro escaparía con gravísimas consecuencias.

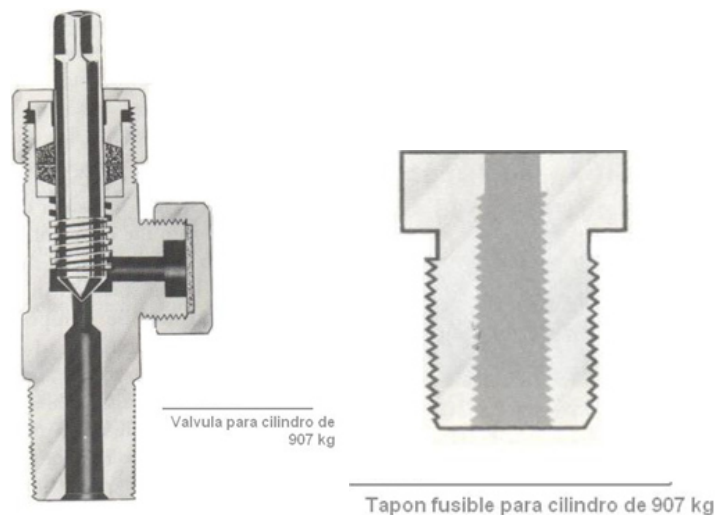


Figura 4. Válvulas y tapón fusible típico diseñado por el Instituto del Cloro de los Estados Unidos para cilindros de 907 kg (Fuente: Industrial Química del Istmo-Manual del cloro. México 2010)

Levantamiento de los contenedores

El levantamiento de los cilindros y contenedores debe ser realizado con mucho cuidado. Cuando el cilindro no esté conectado, la capucha protectora debe ser colocada. Una vez colocados sobre

el transporte, todos los cilindros deberán estar sujetos para evitar que estos rueden durante trayecto. Es permitido utilizar elevadores hidráulicos para facilita la carga de los cilindros.

Debido al peso los envases y a la capacidad de carga, 907 Kg., estos cilindros deben manejarse cuidadosamente. Para levantarlos, se puede utilizar una barra de acero bien balanceada con un gancho en ambos extremos para levantar los cilindros, toda vez que los cilindros están especialmente diseñados para este objeto (figura 5). La barra se maneja mediante una grúa especial. Los cilindros que sean transportados, deben estar asegurados con topes para evitar que se golpeen o sufran caídas del medio de transporte. Los cilindros pueden ser cómodamente manejados en el piso haciéndolos rodar sobre rieles de acero. Evite que los cilindros se golpeen entre sí y al terminar de utilizarlos, coloque siempre en su lugar la capucha protectora de las válvulas.

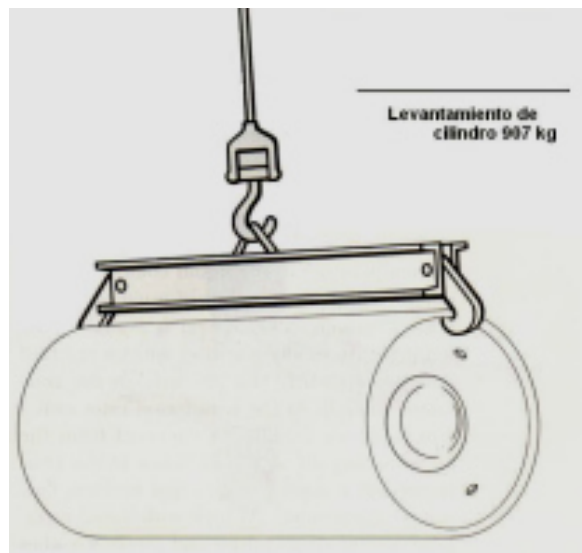


Figura 5. Barra de acero bien balanceada con un gancho en ambos extremos para levantar los cilindros (Fuente: Industrial Química del Istmo-Manual del cloro. México 2010).

PREVENCIÓN Y ACCIONES EN CASO DE EMERGENCIA

A continuación, se indican las precauciones y acciones de emergencia en caso de fuga o incendio, para lo cual es muy importante recordar las características del cloro:

- No arde, pero puede mantener la combustión
- Su mezcla con combustibles puede hacerlo explotar
- Puede incendiar materiales combustibles
- Reacciona con el agua produciendo corrosión
- Explota en los cilindros cuando se calientan.

Prevención

- Contar con equipos de personal para el control de las fugas de cloro, rescate y atención de los intoxicados.
- Contar con juegos de herramienta para emergencias adecuado a los tamaños de cilindros de cloro
- Efectuar simulacros de fugas de cloro periódicamente, para entrenar al personal en el uso del equipo de protección y control
- Todo el personal que trabaje en áreas expuestas a la contaminación con cloro, debe portar mascarilla para gas cloro.
- Contar con todo el equipo de protección y reparación.

Acciones de emergencia a causa de fuga de gas:

- Todo el personal no capacitado y que se encuentre cercano a la fuga, debe colocarse la mascarilla y alejarse del sitio, buscando ubicarse en lugares lo más elevados posible.
- El personal se debe alejar caminando tranquilamente sin correr y en dirección contraria al viento.
- Si la instalación se localiza en una zona habitacional, se deben tomar las medidas pertinentes para evacuar la zona.
- Avisar a las autoridades y a los cuerpos de vigilancia y auxilio, acordonar y alejar a los curiosos.
- Proceder de inmediato con personal capacitado y perfectamente equipado a controlar la fuga.
- Separar el recipiente que presente fuga de los demás, usando los juegos de herramientas para emergencias, manejándolo de tal forma que la fuga sea de cloro gaseoso y no líquido.
- Cuando sea posible, conducir el cloro fugado mediante una tubería y absorberlo burbujeándolo a través de una solución de agua con sosa cáustica; soda ash o cal hidratada.

A causa de incendio

- Utilizar un agente extintor apropiado.
- Apagar el fuego desde la máxima distancia posible y utilizar soportes autónomos para mangueras o pitones reguladores.
- Retirarse de inmediato en el caso de que las válvulas de seguridad produzcan sonido o el cilindro se empiece a decolorar.
- Mantenerse alejado de los extremos de los cilindros.

- Alejar los cilindros del área del fuego, en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- Enfriar los cilindros con volúmenes abundantes de agua para garantizar su enfriamiento y manejar aquellos que presenten daños con sumo cuidado.

La preparación y cantidades de solución para absorber el cloro, de acuerdo con la capacidad del cilindro de 907 kg es: 1140 kg de soda caustica diluida en 3100 litros.

SEGURIDAD

Para proteger al personal es necesario contar con un mínimo de equipo, ya sea para alejarse del punto en el que se suscitó la emergencia o para tomar las acciones necesarias para afrontarla y controlarla. Las emergencias más comunes son incendios, explosiones o fugas de cloro, ya sea en la instalación propiamente dicha (equipos de cloración, tuberías, conexiones) o en los tanques de almacenamiento. Una primera línea de seguridad es la inherente al equipo y se refiere a los aditamentos de seguridad con que cuentan los cilindros que ya fueron mencionados. A continuación, se da mayor detalle de los mismos.

Seguridad inherente al equipo

- Válvulas de seguridad

Están diseñadas específicamente para los recipientes de cloro y en los tanques de 907 kg, los tapones fundibles están instalados en sus tapas. Se funden entre 70 y 73.9 °C para que el cloro escape por el orificio. Por lo mismo, no deben por ningún motivo bloquearse o inutilizarse.

- Equipo de protección

Una vez ocurrido un accidente debe entrar la línea de seguridad que se refiere a la detección y control del problema.

a) Detectores de fugas

Son indispensables en todas las instalaciones de cloro gas, para detectar en cualquier momento los escapes y poder repararlos sin peligro para los operadores de la planta. La botella de amoníaco es la forma más antigua y probablemente la más común para detectar fugas. Al destaparla y acercarla al posible escape, se producen humos blancos que evidencian la presencia de cloro. Debe tenerse presente que, cuando empiezan las fugas de cloro pueden ser muy pequeñas, pero a medida que continúan la formación de ácido clorhídrico en el escape corroe el metal, ensancha la abertura e incrementa el problema. De ahí que sea indispensable detectarla donde el inicio, antes de producir daños más graves.

Existen otros tipos de detectores. Los más comunes son los de pared y los internos de los aparatos. Los primeros pueden ser de dos tipos: un simple papel sensible al cloro impregnado con ortotolidina, cuya decoloración es analizada por una celda fotoeléctrica y los resultados transmitidos a un circuito de alarma.

También incluyen celdas que detectan los cambios de conductividad de un cierto volumen de agua por la que se hace circular una corriente de aire proveniente del ambiente por analizar. Si existe cloro disuelto en la muestra, la alarma suena y permanece sonando hasta que se corrige la fuga.

Las alarmas internas, en cambio, se encuentran dentro de los recipientes de almacenamiento están acopladas a la válvula de alivio y suenan cada vez que disminuye el vacío por debajo de un límite fijado o que se incrementa por encima del nivel de operación. Lo primero puede ocurrir por una falla en el suministro de agua, el taponamiento del inyector, el incremento de presión de agua abajo del inyector, o por cualquier fuga en el sistema de vacío. Lo segundo, ocurre cuando existe una falla en el abastecimiento de cloro al clorador.

b) Equipo para reparar fugas

El Instituto de Cloro de los Estados Unidos fabrica diferentes tipos de herramientas que vienen en cajas especiales y sirven para reparar fugas, tanto en cilindros de 68 kg como en los de 907 kg.

Una caseta de cloración debe ser únicamente para los equipos e instrumentos necesarios para su adecuado funcionamiento, no ser usadas como bodega o dormitorio y contar con el equipo señalado a continuación

Equipo de Seguridad

Especificaciones

- | | |
|-------------------------|---|
| ✓ Extintores | Tipo C, para combatir fuegos de origen eléctrico |
| ✓ Juegos de herramienta | Para emergencias en cilindros de cloro de 907 kg. |

Estos juegos de herramientas fueron diseñados por el Instituto del cloro para atender emergencias ocasionadas por desperfectos en el cilindro y permiten controlar fugas, originadas, ya sea en las válvulas o en el cuerpo de los cilindros.

- | | |
|-----------------------|---|
| ✓ Regaderas y lavajos | De operación sencilla y en lugares estratégicos |
|-----------------------|---|

Es indispensable que las personas que participan en estas actividades cuenten con máscaras de gas con filtro para cloro, traje protector, guantes de goma y botas de goma.

Máscaras:

Existen básicamente tres tipos:

- Canister
- Con tanque de aire a demanda de presión
- De respiración autónoma

- a) Canister. Consisten de careta, tubo respiratorio, arnés y una lata de químico absorbente (canister). Debe reemplazarse periódicamente y no sirve para altas concentraciones de cloro en el ambiente. Se fabrican en varios tipos y proporcionan protección contra ciertos gases, vapores y partículas. Se selecciona para satisfacer condiciones de exposición específicas (por ejemplo, con careta que cubren toda la cara). Las latas de químico absorbente (canister) están etiquetadas y varían de acuerdo con el tipo de aplicación y limitaciones de uso. Tienen un código de color para un reconocimiento fácil y preciso. Se suministran en un estuche de plástico. Desde un punto de vista práctico son adecuadas para áreas ventiladas con niveles de concentración relativamente estables y no están diseñadas para atmósferas que contengan menos de 19.5 % de oxígeno o peligrosas. Estas máscaras se usan **“sólo para escape”**, cuando:

- No existen concentraciones mayores de 2 % en volumen de gases tóxicos o vapores.
 - En casos de incendio.
 - En espacios reducidos o en los que se puede dar deficiencia de oxígeno o elevadas concentraciones de gas.
- b) Con tanque de aire a demanda de presión, que permite trabajar hasta 35 minutos.
- c) De respiración autónoma: Este aparato debe usarse cuando no se conocen o se piensa que las concentraciones de oxígeno y de cloro exceden los límites. Son los únicos que se recomiendan para los trabajos directos de control de fugas en instalaciones de cloración, en virtud de contar con un tanque de oxígeno o tener la opción de conectarse a un equipo de suministro de aire. No tienen las limitaciones expresadas para las máscaras canister.

PREVENCIÓN Y ACCIONES DE EMERGENCIA

A continuación, se indican las precauciones y acciones de emergencia en caso de fuga o incendio, para lo cual es muy importante recordar las características del cloro:

- No arde, pero puede mantener la combustión
- Su mezcla con combustibles puede hacerlo explotar
- Puede incendiar materiales combustibles
- Reacciona con el agua produciendo corrosión
- Explota en los cilindros cuando se calientan.

Prevención

- Contar con equipos de personal para el control de las fugas de cloro, rescate y atención de los intoxicados.
- Contar con juegos de herramienta para emergencias adecuado a los tamaños de cilindros de cloro
- Efectuar simulacros de fugas de cloro periódicamente, para entrenar al personal en el uso del equipo de protección y control
- Todo el personal que trabaje en áreas expuestas a la contaminación con cloro, debe:
 - ✓ Portar mascarilla para gas cloro.
 - ✓ Contar con todo el equipo de protección y reparación
 - ✓ Acciones de emergencia

A causa de fuga de gas:

- Todo el personal no capacitado y que se encuentre cercano a la fuga, debe colocarse la mascarilla y alejarse del sitio, buscando ubicarse en lugares lo más elevado posible.
- El personal se debe alejar caminando tranquilamente sin correr y en dirección contraria al viento.
- Si la instalación se localiza en una zona habitacional, se deben tomar las medidas pertinentes para evacuar la zona.
- Avisar a las autoridades y a los cuerpos de vigilancia y auxilio, acordonar y alejar a los curiosos.
- Proceder de inmediato con personal capacitado y perfectamente equipado a controlar la fuga.
- Separar el recipiente que presente fuga de los demás, usando los juegos de herramientas para emergencias, manejándolo de tal forma que la fuga sea de cloro gaseoso y no líquido.
- Cuando sea posible, conducir el cloro fugado mediante una tubería y absorberlo burbujeándolo a través de una solución de agua con sosa cáustica; soda ash o cal hidratada.

A causa de incendio

- Utilizar un agente extintor apropiado.
- Apagar el fuego desde la máxima distancia posible y utilizar soportes autónomos para mangueras o pitones reguladores.
- Retirarse de inmediato en el caso de que las válvulas de seguridad produzcan sonido o el cilindro se empiece a decolorar.
- Mantenerse alejado de los extremos de los cilindros.
- Alejar los cilindros del área del fuego, en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- Enfriar los cilindros con volúmenes abundantes de agua para garantizar su enfriamiento y manejar aquellos que presenten daños con sumo cuidado.

PRIMEROS AUXILIOS

El cloro principalmente agrede al sistema respiratorio. En su forma líquida causa fuertes quemaduras en piel y ojos. Los daños son más severos a medida que la concentración y el tiempo de exposición son mayores. Puesto, que en presencia de humedad reacciona formando ácidos hipocloroso y clorhídrico, el cloro actúa como irritante de las membranas mucosas y de todas aquellas partes de nuestro cuerpo que contengan humedad. Aunque a temperaturas y presión normales es un gas, si es ingerido, puede producir quemaduras en la boca, esófago y estómago.

El cloro no tiene efectos acumulativos conocidos y todas las molestias que causa se deben directa o indirectamente a su acción irritante local. Sin embargo, las personas que dentro de su historial clínico padezcan enfermedades crónicas del aparato respiratorio, la piel o los ojos, no deben trabajar en áreas o instalaciones donde se maneje cloro.

Atención a heridos

Es conveniente aclarar que las medidas de primeros auxilios **son exclusivamente de emergencia** mientras se consigue la ayuda profesional correspondiente:

- Llamar a un médico inmediatamente.
- Trasladar a la persona del área contaminada con cloro, a un sitio en el cual se le pueda mantener a una temperatura de 30° C, para lo cual, en caso necesario, se usarán cobijas o algún otro material que lo abrigue, es importante cuidar que no realice ningún tipo de movimiento para acelerar su recuperación.
- Colocar a la persona acostada sobre su espalda con la cabeza elevada.
- Si la persona ha sufrido salpicaduras de cloro líquido o de agua sobre clorada se le debe quitar inmediatamente toda la ropa contaminada.
- Las áreas del cuerpo que hayan estado en contacto con las salpicaduras o con la ropa, se deben lavar perfectamente con abundante agua y jabón por lo menos durante 10 minutos. Jamás tratar de neutralizar el cloro con sustancias químicas. No se deben aplicar ungüentos durante 24 horas. Cuando los ojos hayan estado en contacto con el gas o cloro líquido, lávelos con mucha agua corriente cuando menos durante 15 minutos. Repetir el lavado por otros 15 minutos, los párpados deben mantenerse separados del globo ocular para asegurar que toda la superficie es rociada. Al finalizar el lavado aplicar dos o tres gotas de hidrocloruro de tetracaína (pentocaína) al 0.5 %, o algún otro anestésico acuoso de igual efectividad. No se deben aplicar aceites o ungüentos a menos que el medico tenga experiencia con alguno.
- Si se ha inhalado cloro es recomendable administrar a la persona, una mezcla de bióxido de carbono y oxígeno (el bióxido de carbono no debe rebasar el 7 %) durante dos minutos de aplicación por dos de descanso, el tiempo total de aplicación no excederá de 30 minutos. En caso de no contar con el bióxido de carbono, se puede utilizar únicamente oxígeno. Para esto se debe contar con el equipo apropiado.
- Para aliviar un poco la irritación de la garganta, se puede suministrar leche condensada. Si la respiración del paciente se ha detenido, se le debe practicar inmediatamente la respiración artificial.

Efectos fisiológicos del cloro a diferentes concentraciones

- Umbral de detección. Dosis máxima que puede ser respirada por una hora sin consecuencias graves, pero después de varias horas produce signos ligeros de envenenamiento (**1-4 ppm**)
- Sensación de sequedad y quemaduras en nariz y garganta con prurito nasal, tos y pérdida de voz. En algunas ocasiones, los accesos de tos provocan expectoraciones hemorrágicas e intensos dolores musculares torácicos. Dolor de cabeza intenso. Predisposición a infecciones del tracto respiratorio con aparición de bronquitis crónica y tuberculosis

pulmonar. En ocasiones se observan ulceraciones en la mucosa bucal, nasal y faríngea. En contacto con los ojos puede causar fuertes inflamaciones y lesiones. En contacto con la piel puede causar fuertes irritaciones y quemaduras químicas con ulceraciones y marcas en esta (**6.0 – 15 ppm**).

- Sensación de ahogo, sofocación y ansiedad. Tos quintosa (accesos intensos o constantes) con urgencia atrás del esternón, salivación, náuseas y vómitos con dolor epigástrico. A este cuadro se asocia intensa cianosis (coloración azul púrpura de las mucosas y de la piel), con pulso tenso, dilatación, contracción de las venas del cuello y con aumento de la presión venosa. El cuadro sintomático puede agravarse al sobrevenir edema agudo del pulmón. Como secuela de la neumonía química resultante, puede quedar secuelas de bronquitis con enfisema y edema pulmonar (**15 – 30 pm**).
- Produce intoxicación grave en 30 a 60 minutos (**40 – 60 pm**).
- Dosis mortal en pocos segundos (**1000 ppm**).