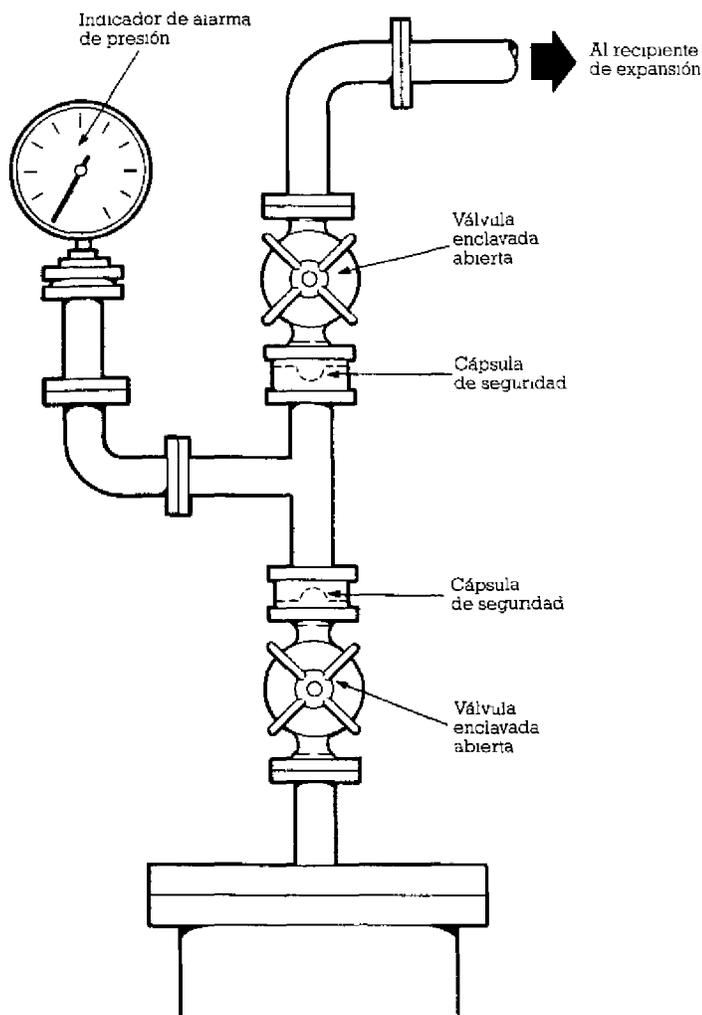


"Documento original en mal estado"

Figura 6. Sistema de desahogo de la presión. Una única corriente con válvulas enclavadas abiertas



Esa información debe anotarse en el certificado de examen a fondo, junto con la última fecha para el próximo examen.

Procedimiento de inspección

Preparación de la inspección interna

129 Antes de abrir el recipiente de almacenamiento para la inspección, es preciso vaciarlo del cloro líquido y limpiarlo para eliminar todo rastro de cloro. Los procedimientos para hacerlo deben estar indicados con precisión en las instrucciones de funcionamiento y normalmente incluyen las actividades siguientes:

- desconexión de todas las tuberías conectadas al recipiente mediante la retrada u obturación de las canillas;

- la retrada de la tapa y el llenado del recipiente con agua a la que se ha añadido carbonato sódico,
- la extracción por aspiración del agua y la verificación de la atmósfera en el recipiente con respecto al contenido de cloro y oxígeno;
- la inspección interna del recipiente controlado de conformidad con las condiciones estipuladas en la nota de orientación de HSE GS 5, *Entry into confined spaces*.

Reensamblaje después de la inspección

130. Estos procedimientos incluyen las operaciones siguientes:

- secado a fondo del recipiente con aire seco o nitrógeno y retrada y sustitución de las juntas de todas las conexiones con el recipiente;
- reajuste de la tapa;
- presurización del recipiente con aire seco y medición del punto de rocío del aire liberado,
- presurización sucesiva con aire seco y liberación hasta que el punto de rocío del aire que sale del recipiente alcance los -40°C (contenido de humedad inferior a 80 ppm de agua).

131 Todas las válvulas del recipiente deben desmontarse y revisarse en el momento de la inspección, conservándolas secas en sacos de plástico individuales hasta su reinstalación. El equipo auxiliar debe desmontarse y revisarse en cada inspección, las cápsulas de seguridad deben cambiarse siempre.

Pruebas. (Véase la nota de orientación de la HSE GS 4 *Safety in pressure testing*)

132. Al terminarse de reensamblar el equipo y de secarse hasta el nivel requerido, se utiliza el procedimiento siguiente:

- pruebas de la presión con aire comprimido seco o nitrógeno en torno a las 120 psig;
- introducción de una pequeña cantidad de cloro en el recipiente de almacenamiento y presurización con aire comprimido o nitrógeno en torno a las 120 psig,
- verificación de que no se producen escapes por ninguna junta, utilizando una botella de amoníaco.

Si no hay índice alguno de escape, el tanque se deja sometido a presión durante unas 12 horas y la verificación se repite.

133 Todas las tuberías conexas, que deben haber sido secadas, se someten a continuación a pruebas de gas antes de introducir el cloro líquido en la instalación.

Descarga del cloro líquido de las cisternas a los recipientes de almacenamiento

Consideraciones generales

134. El transvase de cloro líquido de las cisternas a los recipientes de almacenamiento puede efectuarse utilizando aire comprimido seco o nitrógeno seco o presión del gas de cloro. Los métodos que emplean aire comprimido seco o nitrógeno son más sencillos y por lo general solo se recurre a la presión del gas de cloro en circunstancias especiales.

Descarga mediante uso de aire comprimido seco o nitrógeno seco

135 El sistema recomendado para transvasar cloro líquido de las cisternas a los recipientes de almacenamiento, llenando el tanque de aire seco o de nitrógeno seco, se presenta en la figura 3. A continuación se examinan los requisitos detallados, que complementan la información dada en las secciones anteriores. Sin embargo, en cada instalación el sistema utilizado debe reducir a un mínimo el peligro de presión excesiva y ha de ser conve-nido entre el abastecedor y el cliente.

136. Para la carga de cloro se debe utilizar un sistema separado e independiente de aire comprimido seco o de nitrógeno, con el fin de minimizar la posibilidad de retro-difusión del cloro, que podría crear condiciones peligrosas en otros aparatos de aire comprimido, particularmente en los instrumentos.

137. Conviene que el gas vaya a parar a un sistema de absorción (véanse los párrafos 198 a 211) desde una cisterna «rellenada» una vez terminada la operación de transvase, para restablecer la presión en la cisterna a la presión de vapor de cloro aproximadamente a la temperatura del contenido de la cisterna. Si no se hace así, la cisterna podrá estar excesivamente presurizada al calentarse y poner en funcionamiento el sistema de desahogo

Nitrógeno a presión

138. El nitrógeno a presión se puede producir en una instalación de evaporación de nitrógeno líquido

Aire comprimido

139 El aire comprimido que se ha de utilizar debe estar libre de lubricantes y tener un punto de rocío inferior a -40°C . Normalmente, el aire se debe comprimir en torno a las 150 psig utilizando un auténtico compresor sin lubricante (capacidad de 50 pies cúbicos/min de aire libre); si se utiliza un compresor lubricado con aceite, se lo debe dotar de un filtro de aceite que ha de mantenerse con regularidad.

140 El aire comprimido se enfría para suprimir parte del contenido de humedad y por último se seca, utilizando un sistema de secado de tipo regenerador, a un punto de rocío inferior a -40°C . Es preferible que el punto de rocío se vigile de modo constante utilizando un indicador dotado de una alarma que avisa si el punto de rocío excede de la cifra preestablecida. Es importante recargar o regenerar los desecantes siguiendo los consejos de los abastecedores del equipo y del cloro.

141 Como salvaguardia complementaria, detrás del sistema regenerador se puede instalar una torre de seguridad llena de cloro cálcico anhidro. Para instalaciones pequeñas sólo puede resultar adecuado un secador que utilice cloro cálcico anhidro. Es esencial efectuar verificaciones adecuadas del estado del desecante.

Suministro al sistema

142. El aire seco comprimido o el nitrógeno seco se deben almacenar en un receptor de presión dotado de una válvula de seguridad que funcionará a la presión de trabajo admisible de la planta de almacenamiento de cloro o a 150 psig, si esta cifra es menor. Desde el depósito, el gas debe pasar a través de la válvula de retención o de una válvula de cierre que actúa a presión, colocada delante de una válvula reductora para abastecer la presión requerida a fin de descargar las cisternas. Este suministro será también adecuado para otros fines en la planta del cloro como el secado o la limpieza de las tuberías y los recipientes, con la condición de que se tomen precauciones para impedir el reflujo del cloro hacia el circuito del aire. Se deben instalar manómetros antes y después de la válvula de reducción de la presión, de modo que se puedan efectuar verificaciones de que la presión del gas de relleno es mayor que la presión del cloro. Es importante establecer salvaguardias y alarmas

para garantizar que las presiones excesivas de gas no pueden aplicarse al circuito del cloro. Esto puede ser particularmente importante si el gas de relleno se suministra a partir de bombonas de alta presión.

143. La tubería de descarga del cloro líquido en la cisterna de cloro debe estar conectada con la tubería permanente en el punto de descarga (véanse los párrafos 30 a 41).

144. Se debe instalar un manómetro, una tubería de ventilación conectada a la torre de absorción y una conexión para el gas comprimido seco cerca del extremo de la tubería permanente en el punto de descarga, con las necesarias válvulas de aislamiento, como se detalla en la figura 3.

145. La tubería del cloro líquido desde el punto de descarga hasta los recipientes de almacenamiento del cloro líquido debe ser razonablemente corta. Si es preciso utilizar una tubería larga, habrá que examinar la necesidad de protegerla contra la presión excesiva (véanse los párrafos 47 a 53).

Descarga mediante uso de presión de gas de cloro

146. El cloro líquido se puede transvasar de las cisternas hasta los recipientes de almacenamiento mediante el relleno con gas de cloro seco. Normalmente, el gas se saca de uno de los depósitos de almacenamiento, pero de preferencia no debe ser el depósito en el que está descargando la cisterna. El suministro de gas de cloro líquido a la presión requerida puede obtenerse recomprimiendo el vapor de cloro en un tanque de almacenamiento o mediante la evaporación del cloro líquido.

147. Sigue siendo necesaria una fuente de aire comprimido seco exento de grasa, para el secado y la limpieza del circuito (véase *supra*).

Uso de vapor de cloro recomprimido

148. La elección del compresor adecuado para la recompresión del vapor de cloro requiere un metuculoso examen con el fin de garantizar que el equipo puede funcionar de manera satisfactoria con carácter intermitente. Los compresores de diafragma o los compresores de pistón con anillo de carbono seco son adecuados para esta función, con la condición de que se sometan a un mantenimiento regular.

149. En los compresores de *diafragma* para este fin se utilizan diafragmas dobles de acero inoxidable con un fluido inerte entre ellos.

150. Los compresores de *anillo de carbono seco* deben limpiarse de preferencia con aire seco después de ser utilizados para evitar que los residuos de cloro que quedan en el compresor provoquen problemas al producirse escapes de los prensaestopas del eje. Durante el funcionamiento del compresor, los prensaestopas del eje deben estar presurizados con gas inerte comprimido seco.

151. Si hace falta enfriar el cilindro del compresor, esto se debe realizar de preferencia mediante refrigeración del aire. Si es preciso recurrir al enfriamiento por camisa exterior, esta operación se debe llevar a cabo por medio de la circulación a través de un termopermutador externo, adoptando disposiciones para detectar escapes de cloro hacia el fluido del intercambio térmico. Se debe evitar el enfriamiento directo con agua.

152. El compresor debe estar dotado de un conducto de derivación con el fin de que el cloro se pueda reciclar hasta que su temperatura se haya elevado lo suficiente para prevenir la licuefacción en las tuberías de salida. Se debe vigilar la temperatura del cloro utilizando un indicador dotado de una alarma sonora que se dispare si pasa de 90 °C.

153. Se debe también disponer un circuito de desahogo de la presión en la tubería de salida del compresor para impedir que la presión de salida exceda de la cifra prefijada.

Uso de cloro vaporizado

154. La alternativa al empleo de un compresor, como se ha indicado más arriba, consiste en producir vapor de cloro presurizado a partir de un vaporizador.

155. El cloro líquido se transvasa de las cisternas de almacenamiento del cloro a un depósito de bombeo del cloro. El depósito de bombeo sólo necesita tener una capacidad relativamente pequeña y debe tener un tapón de purga en el fondo que esté conectado al aspirador de la bomba del cloro (véase el párrafo 164). El cloro líquido se bombea a continuación para transvasarlo a un vaporizador que funciona a la presión requerida y desde el cual se puede pasar el cloro líquido a los depósitos de almacenamiento por medio de la presurización de los camiones cisterna cargados de cloro.

156. Si se produjera una emergencia como resultado de un fallo de junta del fondo del tanque de bombeo, será preciso reducir al mínimo la descarga de cloro al medio ambiente. Esto se puede lograr instalando una válvula

interior del tanque o, como alternativa, bombeando el contenido a un depósito vacío

Paso del cloro a las instalaciones de consumo

Transvase de cloro líquido

157. El transvase de cloro líquido desde los depósitos de almacenamiento hasta las instalaciones de consumo se puede efectuar:

- a) utilizando la presión del vapor de cloro líquido solamente;
- b) llenando el depósito de almacenamiento del cloro de gas comprimido seco;
- c) pasando el cloro líquido a un depósito separado desde el cual se bombea utilizando una bomba especialmente concebida para ser utilizada para el cloro líquido;
- d) por medio de una bomba sumergida instalada dentro del depósito de cloro líquido

Los métodos a) y b) suelen ser los más satisfactorios para las instalaciones de los clientes.

158. En circunstancias especiales y de acuerdo con los abastecedores de cloro, el cloro líquido se puede transvasar de las cisternas directamente a las instalaciones de transformación o a un vaporizador de cloro; este es un sistema especial y poco habitual.

Transferencia de cloro gaseoso

159. Aparte de la ventilación, las consideraciones de seguridad no permiten descargar cloro gaseoso de las cisternas directamente a las instalaciones de tratamiento en los locales del cliente. Ese procedimiento podría causar peligros potenciales debido a la concentración de pequeñas trazas de tricloruro de nitrógeno explosivo presente en el cloro; además podría existir el peligro de una retrosucción de la humedad o de otros materiales en la cisterna en circunstancias anormales, fuera del control de los abastecedores de cloro.

Precauciones

160. Se deben adoptar disposiciones para que el flujo de cloro líquido desde el recipiente de almacenamiento pueda detenerse rápidamente en caso de producirse una deficiencia en la planta de consumo del cloro (véase el párrafo 89) Las tuberías largas destinadas a descargar el cloro líquido en las instalaciones de consumo pue-

den necesitar protección contra la presión excesiva (véanse los párrafos 47 a 53).

161. La posibilidad de retrosucción de las soluciones acuosas desde un circuito de absorción, o de los líquidos utilizados en el proceso, ha de reducirse estrictamente a un mínimo. Para ello hace falta proceder a un detallado estudio en la etapa de diseño.

Transvase de cloro líquido mediante uso de vapor a presión

162. Para muchas aplicaciones el vapor a presión del cloro líquido en el depósito de almacenamiento es suficiente para transvasarlo a la instalación de consumo, aun cuando pueden surgir problemas con las instalaciones exteriores si el clima es frío. Cuando el líquido se ha extraído del depósito, puede ser aceptable que parte del gas restante se utilice en el proceso de transformación. Sin embargo, se debe mantener siempre una presión positiva mínima en los recipientes de almacenamiento, esta presión debe determinarse para cada circuito.

Transvase de cloro líquido mediante relleno con gas comprimido seco

163 El transvase mediante el relleno de los tanques de almacenamiento con gas comprimido seco es sencillo, las medidas y las precauciones que se requieren son análogas a las detalladas en los párrafos 135 a 142.

Transvase de cloro líquido mediante tanque de bombeo separado

164. Se han creado bombas totalmente cerradas para el transvase de cloro líquido, que se utilizan cuando el cloro tiene que estar a una presión elevada (digamos superior a 100 psig) o cuando no es aceptable el empleo de gas comprimido inerte seco. El cloro líquido se transvasa primero del depósito de almacenamiento a un tanque de bombeo separado que suele estar constituido por una bombona con una conexión en el fondo. El cloro líquido se retira del fondo del tanque de bombeo para pasarlo al aspirador de la bomba. Es preferible instalar una válvula teleaccionada en el interior del tanque o entre el tanque de bombeo y la bomba para proceder al aislamiento en caso de emergencia. En el diseño de este circuito, se debe poner cuidado en velar por que la carga de aspiración neta positiva sea adecuada para satisfacer las necesidades mínimas para utilizar la bomba.

Transvase de cloro líquido mediante bomba anegada

165. Para el transvase de cloro líquido del recipiente de almacenamiento hasta las instalaciones de consumo se utilizan también bombas anegadas. Si se adopta este procedimiento, es preciso proceder a un examen detallado con el abastecedor del cloro y con el abastecedor del equipo para asegurarse de que el sistema es satisfactorio.

Vaporizadores del cloro

166. Los vaporizadores (también conocidos como evaporadores) se utilizan para convertir el cloro líquido en gas.

167. Una planta con una cadencia reducida de uso de cloro puede extraer el gas directamente de las bombonas o los tambores con que se suministra el gas, pero en cantidades mayores hace falta un vaporizador. Los vaporizadores siempre se necesitan cuando el almacenamiento es un tanque a granel fijo o desmontable, para obtener un paso regular y constante del gas a las instalaciones de procesamiento. El otro procedimiento que consiste en extraer el gas del vapor ambiente de un tanque a granel no es satisfactorio. Existe el peligro de que los líquidos utilizados en el proceso regresen al tanque, de la irregularidad del suministro y de la posible acumulación de impurezas peligrosas menos volátiles como el tricloruro de nitrógeno en el tanque.

168. Una de las aplicaciones importantes de los vaporizadores de cloro es el tratamiento del agua, para luchar contra las malas hierbas y las algas en el agua de refrigeración y para la esterilización del agua potable. Estas instalaciones frecuentemente se suministran como parte de un conjunto con el equipo de dosificación o analítico. En el Reino Unido existen cuatro abastecedores de instalaciones modelo para el tratamiento del agua, aunque otros contratistas de productos químicos pueden suministrar equipos completos. En las plantas de tratamiento del agua, el vaporizador común es del tipo autorregulado, con un baño de maría calentado eléctricamente. La mayor flexibilidad del calentamiento por vapor es útil en plantas que utilizan gas de cloro en cantidades grandes o muy variables.

Métodos de calentamiento

169. Los métodos de calentamiento del vaporizador deben reducir al mínimo el riesgo de corrosión y los problemas que podrían surgir si el vaporizador fallara. Entre

los sistemas actualmente utilizados cabe mencionar los siguientes: calentamiento con agua caliente; calentamiento con vapor; y utilización de un calentamiento de circuito cerrado con fluidos de termo-transferencia distintos del agua. No se debe recurrir al calentamiento eléctrico directo, debido al peligro de recalentamiento local.

Calentamiento con agua caliente

Es el método más frecuentemente utilizado; la temperatura de trabajo normal (60 a 70 °C) es bastante inferior a la temperatura a la que se podría producir una reacción importante del acero al carbono con el cloro seco.

Calentamiento con vapor

El vapor debe estar saturado y su presión debe limitarse para evitar el recalentamiento, en particular si el vaporizador es de acero bajo en carbono. Cualquier pequeño escape de cloro hacia la superficie interior del circuito de agua en los sistemas de agua caliente o de vapor produce una rápida corrosión del acero por el cloro húmedo.

Fluidos (distintos del agua) termotransmisores

Se puede aplicar el calor eléctrico o de vapor a los fluidos termotransmisores que son relativamente poco reactivos al cloro. Los fluidos de que se dispone (por ejemplo, el hexaclorobutadieno) son en sí peligrosos, de modo que los peligros de utilizar agua como medio termotransmisor se aceptan en la práctica, con salvaguardias adecuadas.

Tipos

170. Existen cuatro tipos principales de vaporizador (en el apéndice 5 figuran otras descripciones).

Haz de tubos verticales

Se parecen a los termoconmutadores ordinarios, y suelen contener cloro en los tubos. Entre los demás modelos, cabe mencionar el vaporizador común para el tratamiento del agua (un cilindro con un orificio de entrada de cloro líquido de sifón invertido, sumergido en la cubeta de calentamiento) o un termopermutador de tubos y envuelta con el cloro del lado de la envuelta.

Serpentín

El cloro se evapora en un serpentín de tubos de acero colocado dentro de un baño de vapor húmedo o de un baño de maría calentado por vapor o eléctricamente.

Tubo concéntrico

La superficie del termopermutador es un tubo, por lo general de cuatro pulgadas de diámetro, rodeado por una envuelta exterior calefactora

Caldera

Contiene un sistema calefactor (vapor o fluido calentado) que pasa a través de una marmita que contiene cloro líquido

Regulación del volumen o cantidad global

Vaporizadores autorreguladores

171. En los vaporizadores de cierto tipo, el cloro líquido entra por el fondo y el gas se retrae a través de una válvula de control situada en la parte superior. Cuando la cantidad absorbida es elevada, el nivel de cloro líquido aumenta en el contenedor y el líquido presenta una mayor superficie de termoconmutación. Cuando la cantidad requerida es pequeña, el aumento de la presión del vapor a la temperatura del medio de calentamiento expulsa al cloro líquido del vaporizador de nuevo hacia el recipiente de almacenamiento y el índice de evaporación disminuye. Este sistema se suele aplicar a los vaporizadores con una capacidad de cloro relativamente pequeña, como los haces de tubos verticales, los serpentines y los tubos concéntricos

Vaporizadores de nivel constante

172. Otros tipos de vaporizadores por lo general sólo se encuentran en plantas de gran capacidad y sacrifican algunas ventajas de los tipos autorreguladores más arriba señaladas con el fin de conseguir índices de vaporización mucho mayores. Estos tipos exigen unos instrumentos separados y un dispositivo de control para garantizar un nivel constante de cloro líquido en la caldera o envuelta con sistemas de alarma de alto y bajo nivel. En esos tipos (en que puede haber partes del depósito de cloro líquido que no estén bien mezcladas), existe una mayor tendencia a concentrar las impurezas menos volátiles que en un vaporizador autorregulador, por lo que puede ser necesario un circuito separado de purga del vaporizador para eliminar periódicamente los residuos. El diseño y el funcionamiento de esos vaporizadores de mayor capacidad tienen un carácter especializado y requieren la celebración de consultas entre el usuario, el proyectista y el abastecedor del cloro.

Instalación general

173. El vaporizador debe instalarse en la zona de almacenamiento o en un espacio adyacente lo más cerca posible de los tanques de almacenamiento del cloro para que las tuberías que transportan el cloro líquido sean cortas. El cambio del suministro del cloro líquido de un tanque de almacenamiento a otro puede influir en las condiciones de funcionamiento del circuito del vaporizador y cualquier dificultad de ese tipo se reducirá si el espaciamiento no es demasiado grande, es decir, inferior a cinco metros. No obstante, el espacio entre el vaporizador y el circuito de almacenamiento debe permitir un acceso adecuado para una acción de emergencia en caso de producirse un incidente en el vaporizador.

Seguridad

174. La cantidad de cloro en un circuito de vaporizador de cloro es relativamente pequeña en comparación con la que suelen contener los tanques principales de almacenamiento de cloro. Sin embargo, el diseño debe permitir que se pueda detectar la deficiencia del equipo y rectificarla con rapidez, y que cualquier escape consiguiente de cloro al medio ambiente se reduzca al mínimo.

Riesgos de accidentes

175. Los peligros potenciales que presentan los vaporizadores de cloro guardan relación con la función del dispositivo, es decir, suministrar calor a un gas licuado corrosivo y tóxico bajo presión. Entre esos peligros cabe mencionar los siguientes:

- a) el riesgo de *escapes por aberturas muy pequeñas*, que provoca una rápida corrosión y aumenta las pérdidas de cloro;
- b) una *corrosión* rápida, si se deja que entre *humedad* en el circuito del cloro;
- c) concentración de *impurezas* en el cloro, como el tricloruro de nitrógeno explosivo, al evaporarse el cloro;
- d) *corriente invertida* de los fluidos de reacción, causada por una caída de la presión en el vaporizador o por un exceso de presión en la instalación o por una solución de gas de cloro en el fluido. La presencia del fluido (agua, disolvente o reactivo) en el vaporizador puede ocasionar la corrosión o una reacción violenta local;
- e) *paso* del cloro líquido como fluido a granel o gotitas a la tubería del gas o a la propia instalación de pro-

cesamiento. Esto puede causar daños o riesgos (según los materiales de construcción y el procedimiento utilizados);

- f) recalentamiento del vaporizador, que puede aplicar una *presión excesiva de gas* al circuito, puesto que la presión del vapor de cloro aumenta muy fuertemente con la temperatura;
- g) la expansión de cloro líquido que, cuando está calentado, aplica grandes *fuerzas hidráulicas*, si el circuito está cerrado y lleno de líquido.

176. Estos riesgos básicos se examinan con mayor detalle más adelante, pero agrupados según la medida correctiva prevista

Aneación y arrastre de líquido

177. La aneación (llenado) del vaporizador de cloro con cloro líquido puede derivarse del funcionamiento del equipo por encima de su capacidad, de un calentamiento insuficiente o de la incrustación de las superficies del termotransmisor. Un indicador del flujo de gas hacia las instalaciones de procesamiento puede ser útil para el operador con fines de rutina y señalará también los índices excesivos de retrada.

178. Si la temperatura del medio calorífico desciende de modo excesivo en un evaporador autorregulador, es posible que el gas de salida esté insuficientemente recalentado, o incluso que el cloro líquido pase a través del vaporizador. Lo mismo puede suceder si el nivel del agua en un baño de agua se reduce. En último extremo, si el cloro se extrae, pero no se suministra calor al vaporizador, es posible que se forme hielo en las superficies del termoconmutador y que les cause graves daños

179. La temperatura del medio calentador se suele controlar termostáticamente. Si se produce aneación, puede originar riesgos potenciales (según el procedimiento y los materiales de la planta utilizados) debido al arrastre de cloro líquido a las tuberías de vapor. Se debe siempre contar con instrumentos y alarmas adecuados para dar un aviso inmediato de esta situación, a menos que una evaluación cabal de la planta y de los procedimientos haya mostrado que no son necesarios. Cabe prever alarmas de baja temperatura para cortar el suministro del cloro líquido al vaporizador o (en los tipos autorreguladores únicamente) poder cerrar la salida del cloro gaseoso impulsando al cloro líquido a que vuelva al almacenamiento a granel

180. Cabe incorporar una marmita extractora (o un colector de líquido pulverizado) para impedir que gotitas o

agua pulverizada pasen a las tuberías del gas en las que podrían dañar su material. Con una marmita extractora se puede obtener mayor seguridad, cuando el proceso pueda resultar inestable, si se suministra algo de cloro líquido. En todos los casos en que es inaceptable la posibilidad de que el líquido pase a las instalaciones de procesamiento, se recomienda vivamente que, por razones de seguridad, se ajuste un detector de baja temperatura cerca de la marmita extractora.

Corrosión y reacción aceleradas (alta temperatura)

181. Si la temperatura de los tubos de acero que contienen cloro es demasiado elevada, existe el peligro de que se produzca una rápida reacción química entre el cloro y el acero. La temperatura debe limitarse normalmente a un máximo de 120 °C. Un límite de unos 70 °C es aplicable si el vaporizador está constituido por acero galvanizado en un baño de agua, a fin de evitar la rápida corrosión del lado de la superficie del termoconmutador que da al agua. Si es necesario efectuar la operación a temperaturas más elevadas, podrán requerirse vaporizadores de níquel o de las aleaciones de níquel disponibles (como el Monel 400 o el Inconel). En esos casos, las tuberías de cloro (gas) posteriores pueden también tener que ser resistentes a temperaturas más elevadas que las habituales.

182. El control de la temperatura se suele efectuar por termostatos. Si el medio calorífico es el vapor, la temperatura se puede vigilar por medio de alarmas de alta y baja presión en la entrada del vapor. La presión del vapor debe limitarse normalmente a 15 psig (equivalente a 120 °C) y el vapor tiene que estar saturado, no recalentado

Alta presión

183. La alta presión suele ser una consideración de seguridad importante. Se debe ajustar una alarma de alta presión accionada desde el manómetro o por medio de un disyuntor neumático individual. La alarma de alta presión tiene que mantenerse con particular meticulosidad y ponerse a prueba con regularidad. Una temperatura de trabajo común para los vaporizadores es 70 °C. La presión del vapor de cloro a 70 °C supera los 300 psig. De ello se deduce que:

- a) se debe hacer todo lo posible por que el vaporizador no esté totalmente aislado del cloro líquido. La estricta observancia de los procedimientos establecidos por escrito con respecto a la parada es vital;
- b) se debe poner el máximo empeño en evitar el aislamiento accidental del vaporizador por ambos lados.

Se debe velar por que en los dispositivos de cierre de las válvulas de emergencia se tenga esto en cuenta.

- 183. La envuelta y los tubos del vaporizador deben estar diseñados para soportar una presión de trabajo admisible que por medio de controles del funcionamiento se garantice no pueda excederse.

En el Reino Unido los vaporizadores de cloro no suelen estar dotados de su propio sistema de desahogo de la presión, de modo que son esenciales los procedimientos para velar por que se cumplan las condiciones establecidas en los apartados a) y b).

Flujo inverso

184. Se puede ajustar una alarma de baja presión a la salida de la tubería del gas. Esa alarma avisa de la pérdida de entrada a las instalaciones de procesamiento, pero la importancia con respecto a la seguridad de la baja presión es reducida, a menos que exista un peligro de que el fluido del proceso (es decir, el agua de un clorizador) vuelva a ser aspirado por las válvulas, el evaporador o el recipiente de almacenamiento con las posibles consecuencias de una reacción local. La posibilidad de una aspiración invertida a los vaporizadores debe eliminarse en la medida de lo posible. A este requisito se le debe prestar suma atención en la etapa del diseño. En los sistemas globales de clorización del agua se suele incorporar un conjunto de válvulas al sistema de control para impedir la aspiración invertida o la eliminación. Los dispositivos varían y es preciso velar cuidadosamente por que el sistema previsto ofrezca protección en caso, por ejemplo, de producirse una infiltración hacia atrás a la válvula de retención del expulsor. Es preciso verificar el circuito y proceder a su mantenimiento con frecuencia.

185. En las plantas de productos químicos se requieren precauciones análogas contra la succión invertida y la eliminación de los licores.

186. Se deben adoptar disposiciones para que funcione una alarma si la presión del gas desciende por debajo del nivel de seguridad; de ser necesario, esto se podría utilizar para iniciar la purga del circuito, mediante aire seco u otro gas adecuado.

Aislamiento programado y de emergencia

187. Es necesario que el vaporizador se pueda aislar para el mantenimiento, etc., y también en casos de emer-

gencia como el mal funcionamiento del propio vaporizador debido a escapes o a un fallo de la tubería de gas posterior. Además de una válvula manual colocada en la entrada del líquido y en la salida del gas, se recomienda colocar válvulas accionadas a distancia tanto en la entrada como en la salida. Habitualmente se instalará una válvula de reducción de la presión o de control del flujo en la salida (véase el párrafo 191) y a veces es posible que dicha válvula sea asimismo la válvula de cierre accionada a distancia.

188. Como un dispositivo de seguridad de reserva por si las válvulas automáticas dejan de funcionar (o no están activadas) en una situación de emergencia, existe cierta ventaja en dotar de una válvula de freno del flujo o del flujo excesivo en la entrada del líquido (normalmente en la salida desde el recipiente de almacenamiento) con el fin de reducir al mínimo el escape que podría producirse si hubiera una deficiencia grave de la planta. La viabilidad de estos dispositivos adicionales dependerá del diseño detallado del circuito.

189. Los riesgos de aislamiento total del vaporizador son considerables (véase *supra*, párrafo 183). En caso de que quede encerrado cloro líquido, las consecuencias serán sumamente graves si se llena el evaporador (por ejemplo, si las válvulas se cierran al mismo tiempo en una situación de escape importante de la tubería del gas). Si existe un gas ambiente encima del cloro cuando el vaporizador está aislado y calentado, la presión interna alcanzará la del cloro a la temperatura del medio calorífico. Se debe examinar la posibilidad de que el vaporizador, las tuberías y las válvulas estén diseñadas de manera que soporten esa presión o de manera que se incorporen dispositivos para darle salida a un lugar seguro. (La mitigación de la presión del vaporizador no está prevista en las instalaciones de los consumidores de productos químicos del Reino Unido, pero existe en ciertas plantas de productos químicos de gran capacidad de producción.) No debe disponerse que las válvulas automáticas se cierren juntas cuando se dé la alarma. Un método consiste en disponer que la válvula de control del gas se cierre cuando se dé una alarma con respecto a un funcionamiento inapropiado del sistema (por ejemplo, una baja presión del gas, alarmas de las fases posteriores del proceso, baja temperatura) y en que la válvula de control del líquido en el recipiente de almacenamiento a granel se cierre cuando la alarma se deba a un escape de cloro (por ejemplo, los detectores locales emplazados en el vaporizador y en el recipiente de almacenamiento, alar-

mas manuales). Si la planta está continuamente atendida por personal, prever la intervención manual en el circuito más que el funcionamiento totalmente automático del dispositivo de parada da cierta seguridad adicional, pero se debe poner cuidado en que esto no produzca demoras considerables en la reacción a la alarma.

190. El aislamiento del vaporizador sigue siendo concebible, pero por lo común no se ajustan dispositivos de interbloqueo entre las válvulas de entrada y salida para prevenir el aislamiento debido a que en ocasiones es necesario cerrar ambas válvulas durante las operaciones de limpieza y revisión. Un sistema seguro de trabajo con respecto al mantenimiento y al funcionamiento es, por tanto, parte esencial de las disposiciones de seguridad

Válvula de control de la presión

191. En todos los diseños de vaporizadores se incorpora un elemento de supercalentamiento del vapor, ya sea en el propio vaporizador o como un elemento separado, con miras a que el gas del cloro que surja no pueda licuar de nuevo en las válvulas de control, donde podría ocasionar problemas de presión irregular en el funcionamiento y erosiones locales. Estos problemas se evitan en el tramo restante del circuito del gas de cloro reduciendo la presión del gas. Se debería prever un sistema adecuado de control automático para lograrlo, es decir, un sistema de control de la presión.

Corrosión

192. Se ha de efectuar una inspección regular de acuerdo con los requisitos del plan establecido por el cuerpo de inspección técnica. El equipo debe secarse completamente antes de volver a ponerlo en servicio. La humedad que queda en el circuito puede provocar una corrosión muy rápida. La manera de actuar debe estar explicada por escrito en el manual de explotación.

193. La frecuencia de las inspecciones y del mantenimiento de los vaporizadores tendrá que ser mayor que la de los tanques de almacenamiento fijos debido a la mayor temperatura funcional, las condiciones que favorecen la corrosión y la posible sedimentación de sólidos. Las consecuencias de un mínimo escape de cloro del lado del baño de calentamiento de un vaporizador podrían ser muy graves, dado que la mezcla de cloro y humedad es extremadamente corrosiva. La presión del vapor o del baño de agua caliente en comparación con

el aprovisionamiento de cloro debe establecerse de manera que sea poco probable que el agua penetre realmente en la tubería del cloro líquido que conduce al vaporizador, aunque podría producirse una rápida corrosión de las superficies del evaporador, con un escape sustancial de cloro. La corrosión de las superficies del termopermutador no se vigila de forma directa

194. La autoridad de inspección especificará las frecuencias de las inspecciones de cada instalación. Un fabricante de una planta de cloro para el servicio de agua recomienda que el propio recipiente del evaporador sea examinado visualmente por dentro y por fuera una vez al año o después de haber pasado por él 250 toneladas de cloro, de haber ocurrido esto en un período más corto. Esta recomendación es una pauta razonable para evaporadores pequeños, con la condición de que se usen razonablemente poco. Los evaporadores de tipo baño con serpentín interior se inspeccionan por lo común de modo riguroso cada dos años y los serpentines se eliminan si están muy picados.

195. El recipiente y los tubos del evaporador se suelen proteger contra la corrosión del agua por medio de una protección catódica. En general, los ánodos deben inspeccionarse visualmente cada 3 a 6 meses. Esa frecuencia se debe establecer basándose en la experiencia del ritmo a que se consumen los ánodos y requieren ser sustituidos. Si en el momento de la inspección los ánodos están totalmente consumidos, se debe efectuar un examen a fondo del vaporizador

196. La acumulación de depósitos sólidos reduce la eficacia de un vaporizador y puede asimismo favorecer la corrosión. Es preciso limpiar y secar de nuevo el vaporizador con regularidad. Un meticuloso cuidado en el procedimiento de limpieza reducirá al mínimo la corrosión, pero por lo común el cilindro del evaporador de cloro del circuito de tipo 1c (véanse las ilustraciones) debe renovarse cada cinco años. La pieza utilizada puede someterse a un cuerpo de inspección competente a fin de que éste certifique su idoneidad para continuar en uso, de ser necesario

197. Se debe comprobar que la salida del baño de agua o del refrigerante no tenga escapes de cloro por medio de mediciones de la reducción-oxidación o de la conductividad. Una pronta detección de escapes menores es útil en todos los casos y es sumamente recomendada, si no se proporciona y mantiene una protección catódica.

Sistema de absorción del cloro

198. Se debe poner el máximo cuidado para que en todas las operaciones en que se utiliza cloro, éste pueda, en caso de emergencia, ser absorbido por un eliminador sin que se produzcan emisiones al medio ambiente.

199. El control de las emisiones de cloro de las actividades programadas debe ser objeto de consultas con la Inspección de la Contaminación del Aire Industrial del Ministerio de Salud (o con la Inspección de la Contaminación Industrial para Escocia del Ministerio de Salud).

200. En algunas instalaciones la índole del proceso de consumo es tal que la absorción de cloro es posible sin una instalación de absorción especial. Sin embargo, en esas circunstancias es preciso garantizar a los obreros que durante los periodos de mantenimiento se dispondrá siempre de una capacidad de absorción suficiente para captar cualquier emisión de cloro. Entre las instalaciones en que puede no ser esencial una planta de absorción separada cabe mencionar las plantas de tratamiento de agua de refrigeración y las plantas de producción de solución de cloruro cálcico.

201. En la mayor parte de las instalaciones de almacenamiento a granel, sin embargo, se requiere una planta de absorción del cloro separada que debe mantenerse siempre en un estado de disponibilidad. La cantidad de reactivos existentes en el circuito de absorción tiene que ser suficiente para hacer frente a cualquier emergencia imprevisible.

202. La responsabilidad de la instalación de un sistema de absorción del cloro adecuado incumbe al consumidor, pero se debe recabar el asesoramiento del abastecedor de cloro de la instalación propuesta.

203. Se debe estudiar también meticulosamente la conveniencia de disponer de unos instrumentos adecuados con alarmas y de eliminar el efluente de la planta de absorción del cloro.

204. Se debe proporcionar un equipo auxiliar adecuado para cubrir cualquier interrupción del servicio o revisión y desmontaje de rutina. Las bombas de circulación, los aventadores y los instrumentos esenciales deben figurar entre los materiales que están conectados a la red de distribución y al suministro de energía de emergencia de la fábrica, si se dispone de este último. Cuando hace falta que la instalación de absorción esté constantemente a disposición (por ejemplo, los respiraderos de los reactores), es esencial proporcionar un grupo electrógeno de

socorro y bombas de circulación auxiliares o un suministro de socorro de solución de absorción alimentado por gravedad.

Sistema de recogida de las emisiones

205. Las tuberías para recoger los gases de salida que contienen cloro seco pueden fabricarse de acero bajo en carbono, pero se ha de prevenir la retrodifusión de la humedad desde el circuito de absorción, que puede producirse si la ventilación es intermitente.

206. Los sistemas de ventilación de los circuitos de desahogo, que es probable funcionen sólo raras veces, pueden protegerse de la retrodifusión de la humedad mediante el uso de membranas protectoras. En algunos casos puede ser útil prever una purga de gas seco controlada a través de las tuberías de ventilación.

207. Si existe algún peligro de contaminación de la humedad, la tubería tiene que ser de acero al carbono revestido de caucho o revestido de plástico, o de plástico resistente al cloro húmedo (por ejemplo, cloruro de polivinilo, *Hetron* o *Atiac 382*), o vidrio.

208. Si existe alguna posibilidad de que se produzca un arrastre de cloro líquido, se deben instalar separadores de líquido y gas en las tuberías para evitar una presión excesiva o una carga excesiva del circuito de absorción; estos separadores están dotados de una alarma de temperatura para indicar la presencia de cloro líquido. Además, si es posible que se produzca un arrastre de cloro líquido, no se deben utilizar tuberías de plástico. Al decidir el tamaño de las tuberías, se debe tener en cuenta el flujo máximo posible en las condiciones más desfavorables.

Equipo de absorción

209. Se utilizan diversos tipos de aspiradores para el tratamiento de los gases de ventilación; un aspirador adecuado puede basarse en el empleo de torres rellenas, red de ventilación o aspiradores rociadores. Puede ser ventajoso que el sistema elegido efectúe la aspiración en la planta.

210. El licor de sosa cáustica es el reactivo más conveniente para la absorción de cloro en los gases de escape. La concentración de sosa cáustica no debe exceder del 21 por ciento de NaOH, debido al peligro de que el depósito de sal ocasione bloqueos en la planta de absorción.

211. Como alternativa, en instalaciones donde no existe un recipiente de almacenamiento a granel de solución de sosa cáustica y donde se dispone *in situ* de cal viva o carbonato sódico se puede utilizar una solución de lechada de cal viva o de carbonato sódico

Instrumentos

212. Es esencial detectar las deficiencias rápidamente, y se deben instalar para ello instrumentos adecuados con alarmas en la planta de absorción de ventilación para garantizar que se dé el aviso si falla el equipo. Las fallas de particular importancia son las siguientes

- a) pérdida de circulación;
- b) agotamiento químico de la solución de absorción

213. Se debe considerar la conveniencia de instalar un indicador de presión ajustado con una alarma para poner de manifiesto si hay una ventilación excesiva o si se ha producido un bloqueo en el circuito de absorción.

214. En la salida del aspirador se puede instalar un detector de cloro.

Eliminación del efluente de la planta de absorción de cloro

215. La eliminación del líquido de la planta de absorción de cloro exige un meticuloso estudio, ya que la presencia de hipoclorito puede crear problemas. Si los licores residuales se descargan sin tratamiento, se debe investigar la posibilidad de interacción con otros efluentes (por ejemplo, una mezcla con un efluente ácido puede provocar el desprendimiento de cloro en el medio principal de los efluentes y con un efluente amoniacal, la formación de tricloruro de nitrógeno)

216. En ciertas circunstancias, puede resultar necesario tratar el efluente para reducir el contenido de hipocloruro a un nivel aceptable. Esto se puede conseguir mediante un tratamiento con sulfito sódico

Equipo de protección para situaciones de emergencia (véanse también los párrafos 247 a 263 con respecto a los procedimientos de emergencia)

Equipo de protección respiratoria para uso normal

217. Es una práctica frecuente que el personal de las instalaciones más importantes de cloro lleve máscaras de tubo que funcionan como máscaras antigases para prote-

gerse contra las concentraciones nocivas de cloro en caso de producirse un escape accidental. Esas máscaras NO DEBEN utilizarse en el mantenimiento normal o en otras actividades en que existe la posibilidad potencial de un escape de gas de cloro.

218. Las mascarillas de respiración de tipo máscara antigás son adecuadas para ciertas actividades de rutina y deben llevarse puestas o mantenerse a disposición, cuando existe la posibilidad potencial de que se formen bajas concentraciones de gas de cloro. Esto puede suceder durante la conexión o desconexión de los contenedores de transporte o al interrumpirse los circuitos de cloro purgado anteriormente. No se deben utilizar si existe cualquier posibilidad potencial de que se produzca un escape de cloro líquido, en cuyo caso se deben emplear aparatos de respiración autónoma. Los aparatos de respiración autónoma (o el tubo de aire comprimido) ajustados a la norma BS 4667 deben utilizarse también siempre cuando existe una posibilidad de que se escape gas de cloro en un espacio limitado o cuando los medios de acceso o de retirada son físicamente reducidos.

219. Todas las personas que trabajan en las zonas o circunstancias mencionadas tienen que ser instruidas en el uso del equipo de protección respiratoria pertinente y conocer las restricciones relativas a su aplicación o empleo. Conviene también señalar que, en algunas situaciones reguladas por la ley de fábricas o el reglamento sobre fábricas de productos químicos, sólo se puede utilizar un equipo protector respiratorio que haya sido aprobado por la HSE. Se deben adoptar asimismo disposiciones adecuadas para el mantenimiento del equipo protector respiratorio proporcionado.

Equipo de protección respiratoria para casos de emergencia

220. Se necesita equipo de emergencia en todos los sectores de las plantas de cloro en que existe la posibilidad de que se produzcan escapes de gas. Se debe estudiar con sumo cuidado el número de piezas de equipo y su emplazamiento. El equipo de emergencia se debe inspeccionar y mantener con regularidad para que se conserve en un estado satisfactorio.

221. Si bien las mascarillas de tipo máscara antigás son adecuadas para las actividades normales como la descarga, y para utilizarse con bajas concentraciones de gas de cloro, no son apropiadas si se producen escapes importantes de cloro. Para hacer frente a incidentes de ese tipo se debe disponer de los siguientes aparatos de respiración

- a) aparato de respiración autónoma que aporte el suministro de aire requerido para 30–40 minutos, con el fin de que se puedan llevar a cabo las actividades de socorro o de emergencia destinadas a aislar el equipo con altas concentraciones de gas de cloro. Este equipo está dotado de una alarma sonora que se dispara cuando la presión en las bombonas de aire se reduce por debajo de una cifra estipulada, con el fin de que el que la lleva puesta conozca el tiempo de que dispone antes de verse obligado a abandonar la zona contaminada;
- b) equipo de salvamento, que comprende un aparato de respiración autónoma que dura por lo menos 10 minutos, para ser utilizado únicamente si fuera necesario proceder a la evacuación de urgencia de la planta

Ropa protectora para casos de emergencia

222 Se debe disponer de ropa protectora para las zonas en que es posible que se produzcan escapes de gas de cloro. Conviene contar por lo menos con dos aparatos de respiración autónoma de 30 a 40 minutos y dos conjuntos completos de ropa protectora (traje, capucha, guantes y botas impermeables) que se guardarán en taquillas de armarios cerca de la instalación de almacenamiento y en un lugar accesible en caso de producirse un escape.

Juegos de herramientas de emergencia

223. Los juegos de herramientas de emergencia (con inclusión de las llaves de las válvulas de repuesto) deben estar a disposición en la zona de almacenamiento del cloro. El equipo suministrado debe inspeccionarse y mantenerse con regularidad.

Represión del escape de cloro

224. Se deben tener a mano materiales y equipo, con inclusión de láminas de plástico (párrafo 226), para contener los escapes de cloro

225 Una provisión de arena puede ser útil para contener el derrame de cloro líquido.

226 La necesidad de disponer de rociadores de espuma o de agua se debe examinar con el cuerpo de bomberos local y el abastecedor del cloro, puesto que el empleo de espuma y agua puede en algunas circunstancias agravar el problema. Si el derrame se produce en un lugar cerrado y está contenido, se cubrirá rápidamente con una capa de vapor frío y otra capa protectora de

hidrato de cloro espeso. La aplicación de espuma provocaría una evolución renovada del vapor debido al calor proporcionado. El cubrimiento de un derrame estabilizado con láminas de plástico suele ser la mejor solución. El cuerpo de bomberos puede disponer de reservas de espuma adecuada, pero la decisión de utilizarla se debe adoptar conjuntamente con el director técnico superior del emplazamiento.

Selección y capacitación de los trabajadores e instrucciones de funcionamiento

227. El principal peligro de que se escape cloro al medio ambiente se deriva del funcionamiento incorrecto de la planta. Por tanto, la selección y la capacitación de los encargados del proceso son sumamente importantes para un funcionamiento eficaz y seguro.

228. Para todas las maniobras y los procedimientos relacionados con la descarga de las cisternas de cloro líquido, el funcionamiento de la instalación de almacenamiento y de utilización del cloro se requieren instrucciones de manejo detalladas

229. Se han de definir de manera pormenorizada los procedimientos necesarios para la puesta en servicio y el cierre de la planta y las pruebas e inspecciones periódicas de la planta, así como las medidas de emergencia que se deben adoptar para hacer frente a derrames de cloro y escapes de gas

Selección y capacitación del trabajador

230. Es necesario proceder a una meticulosa selección de los trabajadores de las plantas que manipulan cloro a granel. Es esencial que el personal elegido se encuentre en un estado físico adecuado y que pase un reconocimiento médico antes de ser contratado. Los objetivos de los exámenes médicos anteriores al empleo y periódicos se examinan en las notas de orientación MS 18 y 20. Los trabajadores han de ser capaces de comunicarse con eficacia y es preciso que se pueda confiar en ellos cuando trabajan en condiciones de tensión. Es muy positiva la experiencia previa en la industria química o en otra industria análoga.

231 La capacitación del trabajador debe abarcar la instrucción fuera del empleo y en el empleo

232. La formación fuera del empleo debe incluir la información básica acerca de las propiedades físicas, químicas y toxicológicas del cloro, así como descripciones

detalladas de las maniobras que han de realizar. Se debe proporcionar a los trabajadores protección personal, ropa, protección de los ojos, etc., en la forma que resulte apropiada, así como instrucción en cuanto a su uso. La formación en el empleo se debe llevar a cabo con la orientación de un trabajador experimentado que conozca el proceso, y el personal de dirección y supervisión debe asimismo participar en la capacitación. Conviene insistir en las precauciones de seguridad y en los métodos de afrontar las situaciones de emergencia.

233. El programa de capacitación debe abarcar los procedimientos relativos a las actividades especiales que se realizan sólo con intervalos poco frecuentes; por ejemplo, el cierre de la planta, el aislamiento y la preparación del equipo para el mantenimiento y la inspección y la nueva puesta en servicio de la planta. Es preciso asimismo impartir una instrucción teórica y práctica sobre el uso de los aparatos de respiración.

234. La actualización de la instrucción se debe llevar a cabo con regularidad y con intervalos definidos.

Instrucciones de funcionamiento

235. Con respecto a todas las actividades regulares y de emergencia previsibles, se requieren instrucciones escritas sobre el funcionamiento; éstas pueden ser desde tarjetas de orientación para actividades sencillas hasta manuales completos.

236. Las instrucciones sobre el funcionamiento deben abarcar de manera detallada todas las operaciones del proceso y el director responsable del funcionamiento de la sección de la planta de que se trata debe publicarlas oficialmente. Asimismo, es responsable de autorizar cualquier modificación posterior.

237. En la zona de trabajo, para los trabajadores, y en el centro de control, para los supervisores, debe haber ejemplares de las instrucciones en disponibilidad de consulta; éstas deben incluir un diagrama de fabricación e indicar las válvulas que se han de cerrar en caso de emergencia.

238. Los supervisores deben verificar con periodicidad que las actividades se realizan exactamente de conformidad con las instrucciones escritas.

Mantenimiento

239. El mantenimiento satisfactorio de la planta, el equipo y los instrumentos es esencial para reducir al mínimo los peligros.

240. Es preciso preparar planes que definan la frecuencia requerida de la prestación de servicios, la realización de pruebas y las inspecciones, es preciso respetar estrictamente esos planes y dejar constancia adecuada de ellos.

241. Se debe disponer de instrucciones escritas, detalladas y relativas a todas las actividades de mantenimiento regular. Esas instrucciones deben ser aprobadas oficialmente y publicadas por el ingeniero de mantenimiento responsable. Los supervisores deben verificar con periodicidad que el trabajo se lleva a cabo de acuerdo con esas instrucciones.

242. Es preciso establecer un estrecho vínculo entre el ingeniero de mantenimiento y el jefe de fabricación para que el trabajo de mantenimiento comience sólo una vez que el equipo de que se trate haya sido adecuadamente preparado por el personal de fabricación y esté exento de cloro.

243. Se requiere que todo el personal de mantenimiento tenga una formación adecuada. Esa formación debe incluir información básica sobre las propiedades del cloro, las precauciones de seguridad y los procedimientos de emergencia.

Procedimientos de autorización

244. Hace falta establecer procedimientos formales de autorización como parte de un sistema de permiso para trabajar, con el fin de:

- a) velar por que la planta esté en estado satisfactorio, adecuadamente aislada y libre de cloro,
- b) abarcar todo el trabajo en la zona del cloro que requiera el uso de grúas, equipo móvil, equipo para soldar u otro material de la planta que pueda provocar un daño accidental en el circuito del cloro. Esta salvaguardia es necesaria incluso si el trabajo no afecta de modo directo a las tuberías o al equipo que contienen cloro;
- c) aceptación oficial de la reanudación de la fabricación en la planta después de haber completado el trabajo.

Modificaciones del circuito del cloro

245. Las modificaciones del circuito del cloro no deben nunca efectuarse sin una autorización específica. Esto garantiza que el personal responsable de las secciones de explotación e ingeniería involucradas darán su aprobación primero; y es preciso establecer procedimientos