

Protección de la tubería

Nota: El importante tema de la protección contra la presión excesiva se examina en los párrafos 47 a 53

45. Las roturas de la tubería pueden deberse a:
- choques,
 - incendios (resultantes de una reacción entre el acero y el cloro),
 - una fuerte corrosión interna o externa.
46. Las tuberías que transportan cloro deben instalarse de manera que
- estén a salvo de los choques de vehículos, ya sea por la distancia o gracias a barreras,
 - estén protegidas de objetos que caigan (por ejemplo, no debe haber elevadores ni techos contruidos con materiales de poco peso),
 - estén separadas de tuberías que transporten materiales corrosivos o inflamables u otras fuentes de calor. La separación dependerá de la naturaleza del otro material y de un cálculo del riesgo;
 - tengan unos soportes adecuados;
 - sean accesibles para el mantenimiento y la inspección,
 - de preferencia no estén revestidas y se sometan con regularidad a la inspección bajo cualquier revestimiento con el fin de detectar la corrosión debida a un fallo de la hermeticidad

Protección de las tuberías de cloro líquido contra la presión excesiva

47. La posibilidad de un aumento de la presión en la red de tuberías para el transporte de cloro líquido debido a la expansión térmica del cloro líquido debe tomarse en consideración en todos los casos en que pueda quedar retenido entre válvulas cerradas. Los procedimientos de funcionamiento deben prever esa posibilidad y conviene dar instrucciones adecuadas para reducir al mínimo los riesgos.

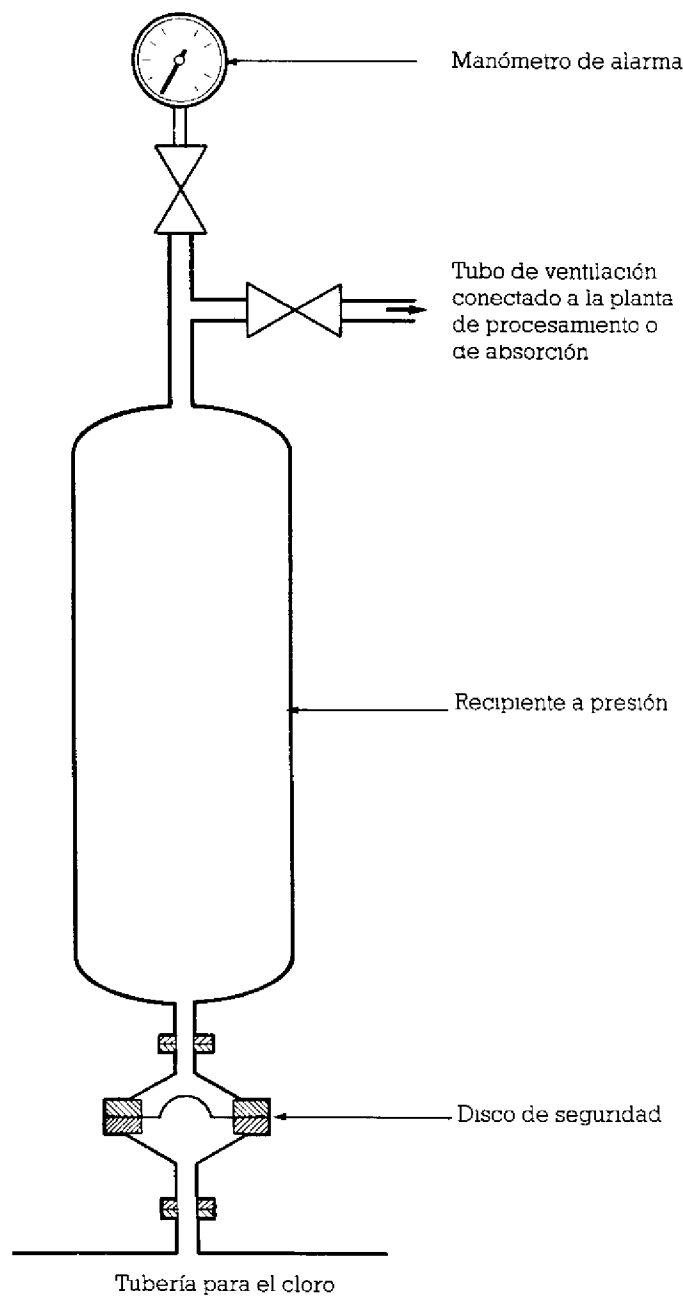
48. El riesgo de que el cloro líquido quede retenido entre válvulas cerradas aumenta por causa de los factores siguientes:

- El control por diferentes operarios de las válvulas de aislamiento. Esto puede entrañar un riesgo especial cuando existen tuberías largas o tuberías complejas entre las unidades.
- El cierre simultáneo de tuberías de control remoto instaladas para aislar la planta. Conviene que no

haya demasiadas válvulas automáticas que puedan producir la retención. Es preferible utilizar válvulas de control remoto accionadas inicialmente a mano.

La retención de cloro líquido debido a un aumento de la temperatura aumenta el peligro de la presión excesiva. Incluso un pequeño aumento de la temperatura puede ocasionar una presión hidráulica muy elevada debido al alto coeficiente de expansión del cloro líquido.

Figura 1. Sistema de reducción de la presión para las tuberías de cloro (párrafo 52)



Dotación de sistemas de seguridad

49. Los sistemas de seguridad complican las tuberías e introducen otros riesgos potenciales, por lo que en general deben evitarse. Sin embargo, si la capacidad del sistema es tal que una liberación de cloro podría provocar un grave accidente, es necesario prever un medio automático de liberación de la presión excesiva en la tubería. De ahí se deduce que la configuración de las tuberías, la posición de las válvulas y los métodos de cierre de éstas (véase el párrafo 48) han de examinarse para verificar si puede producirse el riesgo.

50. Se recomienda que la instalación de los sistemas de seguridad se examine a fondo con los abastecedores de cloro. No se debe confiar en que las juntas de bridas salten para desahogar la expansión térmica.

Sistemas de seguridad

51. Los sistemas de seguridad disponibles para la protección de las tuberías de cloro líquido son los siguientes:

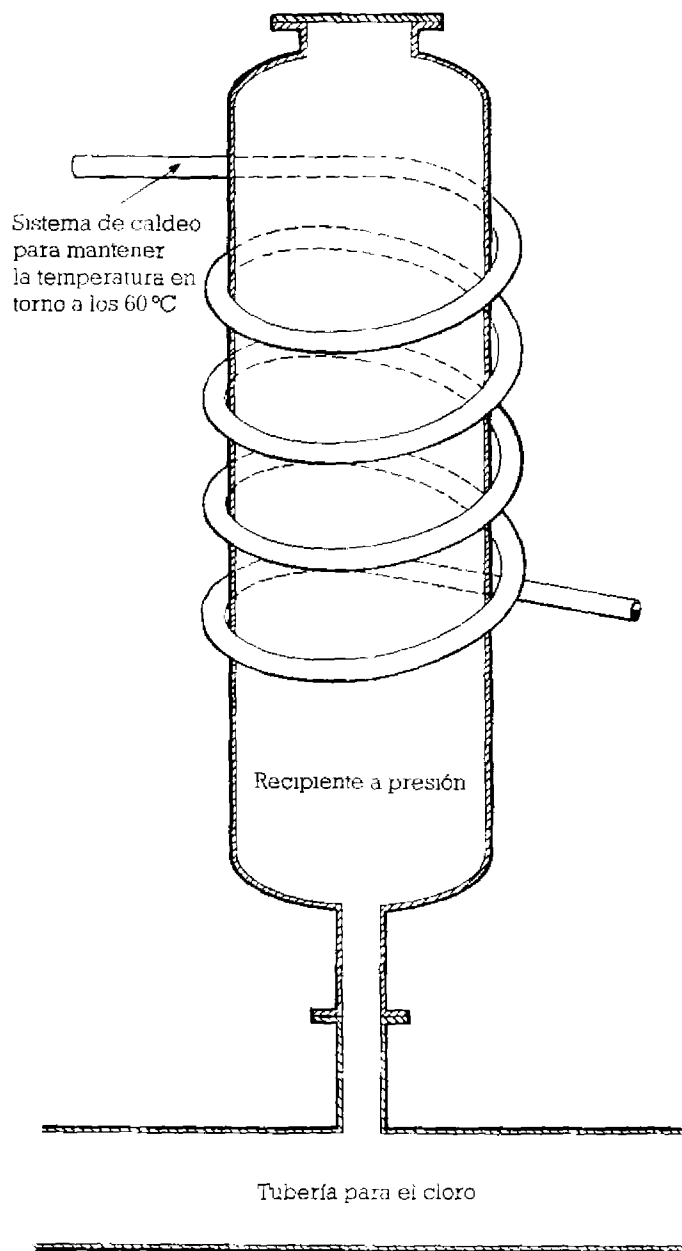
- a) Instalación de una cápsula de seguridad en la tubería que desague en un sistema colector adecuado (véase el párrafo 52)
- b) Instalación de un depósito de expansión para permitir una fase gaseosa (véase el párrafo 53). Este sistema se considera actualmente desaconsejable debido a las dificultades para determinar si el espacio del gas contiene cloro o gases inertes y, por consiguiente, no se recomienda para nuevas instalaciones.

En ambos casos el volumen de desahogo debe ser por lo menos el 20 por ciento del volumen de la tubería. Cualquier recipiente de expansión debe estar registrado como un recipiente a presión a los efectos de examen y registro.

Cápsulas de seguridad para aliviar la presión de la tubería

52. Las necesidades de este tipo de sistema de seguridad se pueden satisfacer mediante la instalación de una cápsula de seguridad en un tubo en forma de T vertical sobre la tubería que descarga en un recipiente a presión (figura 1). El recipiente a presión debe estar dotado de un sistema de alarma adecuado que funcione al producirse un aumento de la presión en el recipiente si la cápsula

Figura 2. Sistema de desahogo de la presión para las tuberías de cloro (no recomendado) (párrafo 53)



de seguridad tiene fugas o se rompe. Se puede entonces dar salida al recipiente y a la tubería al sistema de procesamiento o a un sistema de absorción de cloro.

Depósito de expansión para reducir la presión de la tubería

53. Un recipiente a presión vertical se puede conectar con un tubo en T en la tubería, como se indica en la figura 2. El recipiente tiene que estar totalmente secado

antes de la instalación. Su sección superior se debe mantener a una temperatura en torno a los 60 °C mediante un sistema termostáticamente controlado y diseñado para evitar la posibilidad de zonas de mayor temperatura. No se deben utilizar cintas calentadoras eléctricas a menos que sean del tipo de compensador térmico. Se debe establecer un aparato de alarma de la temperatura para advertir cuando se produce una temperatura alta o baja. No debe haber ninguna válvula de aislamiento entre el recipiente y la tubería de cloro líquido y el diseño del recipiente tiene que cumplir los requisitos de los recipientes a presión para cloro. Sin embargo, los límites de la temperatura previstos se deben modificar para tener en cuenta las temperaturas más altas eventuales y la presión nominal del sistema debe ser suficiente para soportar la presión del vapor de cloro a la temperatura del recipiente. Este sistema no se recomienda para nuevas instalaciones (véase el párrafo 51, b)).

Válvulas

54. Es esencial elegir con cuidado las válvulas que se han de utilizar en las instalaciones de cloro líquido. Los materiales utilizados en todos los tipos de válvulas deben ser resistentes al cloro y soportar las tensiones a que puedan estar sujetas. El cuerpo de la válvula debe ser de preferencia de acero forjado, el hierro fundido no es aceptable. Si la válvula está diseñada de manera que el cloro líquido pueda quedar retenido dentro del cuerpo cuando la válvula está cerrada, se deben adoptar disposiciones para evitar que se produzca una presión excesiva cuando la temperatura aumenta.

55. Debido a la evaporación del cloro líquido, las temperaturas de funcionamiento se pueden reducir a -35 °C; deben elegirse válvulas que no fallen si esto ocurre. Los problemas específicos del frío o del cloro líquido limitan la aplicación de ciertos diseños de válvula.

56. La elección del tipo adecuado de válvula para cada aplicación debe examinarse con los abastecedores del cloro líquido, que podrán sugerir a los fabricantes de las válvulas qué equipo ha dado satisfacción. Este método reducirá la posibilidad de que se empleen válvulas no satisfactorias que requieran su sustitución después de un breve período y que podrían ser una fuente potencial de peligro.

57. Se ha de insistir en que, durante las operaciones de mantenimiento, no basta con confiar en las válvulas de cualquier tipo que sean para el aislamiento. El diseño del

sistema debe permitir el aislamiento completo de la sección de que se trate. Entre los métodos apropiados para lograrlo, cabe mencionar la instalación de piezas de bobina en las tuberías que se puedan retirar y sustituir por obturadores o la inserción de láminas de deslizamiento.

Tipos de válvula

58. Se han fabricado válvulas de los tipos que se indican a continuación para ser utilizadas con cloro líquido o con gas de cloro seco bajo presión.

- a) Válvulas esféricas verticales.
- b) Válvulas de obturación cónicas.
- c) Válvulas de flotador.

59. Las válvulas tienen que desengrasarse antes de ser utilizadas y deben estar totalmente secas. Se recomienda que, después de este tratamiento, las válvulas se almacenen en sacos de plástico individuales herméticos al gas y que estén listas para la instalación cuando sea necesario.

Válvulas esféricas verticales

60. Este tipo de válvulas se emplea de preferencia para el aislamiento de tanques de almacenamiento de cloro líquido o para grandes descargas de cloro, mientras que las válvulas esféricas por un lado son particularmente recomendables para instalarse en tuberías de salida de cloro líquido a partir de tanques de almacenamiento de cloro (véase el párrafo 88). La estanqueidad a los gases en torno al vástago de la válvula en las válvulas esféricas puede lograrse por medio de un prensaestopas compacto (empleando de preferencia arandelas o entrantes y salientes curvos de teflón) o mediante el sellado por fuelle. Los fuelles deben estar complementados con un sellado secundario. Resulta ventajoso ajustar válvulas esféricas con un control de dirección para aislar el casquillo de la presión de la tubería cuando la válvula esté totalmente abierta.

Válvulas de obturación cónicas (con manguitos de teflón)

61. Las válvulas de obturación cónicas con manguitos de politetrafluoretileno (teflón) son satisfactorias para el aislamiento de las tuberías de cloro líquido, particularmente cuando pueda necesitarse un rápido aislamiento, pero es preferible que la válvula de cebado del tanque de almacenamiento sea esférica.

62. Las válvulas de obturación cónicas para ser utilizadas con cloro líquido han de estar diseñadas de manera que eviten los problemas derivados de la retención del cloro líquido en la pared interior cuando la válvula está cerrada. Si se utilizan válvulas unidireccionales, es preciso que estén marcadas con una indicación de la dirección requerida de la corriente del líquido para asegurar una instalación correcta. La hermeticidad a los gases se logra con una manga de teflón insertada en el cuerpo de la válvula y mediante el sellado complementario a lo largo del vástago entre el cuerpo de la válvula y la culata. Se debe poner cuidado en evitar la aplicación de una presión excesiva lateral a los vástagos de las válvulas de obturación.

Válvulas de flotador

63. Este tipo de válvulas se puede utilizar para el aislamiento de tuberías de cloro líquido y debe incorporarse de la manera siguiente

- a) el torneado esférico se debe limitar a un cuarto de vuelta;
- b) ribeteado continuo;
- c) sellos de teflón.

64. Las válvulas de flotador se deben evitar cuando las condiciones de funcionamiento entrañan cambios considerables y frecuentes de temperatura.

65. Las válvulas de flotador para empleo con cloro líquido deben estar dotadas de dispositivos para evitar los problemas derivados de retención de cloro líquido en la parte interior cuando la válvula está cerrada. Si se utilizan válvulas unidireccionales, es preciso marcarlas con una indicación de la dirección requerida de la corriente del líquido para asegurar una instalación correcta.

Válvulas de control remoto

66. La velocidad de cierre de cualquier válvula accionada no debe ser tan rápida que provoque aumentos indebidos de la presión en el sistema.

Recipientes de almacenamiento

67. En estas directrices únicamente se examina el almacenamiento de cloro líquido bajo presión. El almacenamiento de cloro líquido a bajas temperaturas y a baja presión se emplea a veces en las plantas de producción de cloro, pero no resulta apropiado para las instalaciones de consumo.

68. La capacidad de un tanque de almacenamiento de cloro debe ser considerablemente mayor que la capacidad de una carga completa de cloro líquido a partir de un camión o un vagón cisterna. Para reducir al mínimo el peligro de un llenado excesivo, no se recomienda una instalación que esté constituida por tanques más pequeños que requieran la división de las cargas.

69. Solamente se debe recurrir a instalaciones de almacenamiento a granel si el consumo anual de cloro es suficiente para justificar grandes suministros en lugar de comprar el cloro líquido en tambores.

70. Al estudiar el número de tanques de almacenamiento individuales que se necesitan para alcanzar una capacidad de almacenamiento total dada, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos

- a) La dimensión mínima del tanque debe ser adecuada para dar entrada al suministro unitario máximo previsto.
- b) Si la continuidad del abastecimiento es esencial, se necesitarán por los menos dos tanques a fin de que se disponga del tiempo necesario para las inspecciones y para facilitar el mantenimiento. Asimismo, este sistema permite contar con la posibilidad de una mayor flexibilidad de funcionamiento.
- c) El aumento del número de tanques de almacenamiento da origen a una ampliación de la planta y el equipo auxiliares con un aumento correspondiente de la complejidad del funcionamiento.

71. La distancia entre los tanques de almacenamiento adyacentes debe ser adecuada para proporcionar un buen acceso a los tanques en cualquier circunstancia, incluso cuando se está utilizando equipo de protección abultado (como las escafandras autónomas).

72. Todos los tanques de almacenamiento de cloro se deben instalar dentro de un muro que sea hermético al cloro líquido. El muro debe poder recibir el contenido del tanque de almacenamiento más grande con una cota de seguridad adecuada y un sumidero o colector. Si existe una subdivisión para crear una sección separada para cada tanque, cada sección debe tener un suelo en pendiente que desemboque en un sumidero, que pueda ser suficiente para más de un tanque. Los sumideros no deben estar conectados a los canales de desagüe. Se debe prever la eliminación del agua de lluvia por encima del muro, no por medio de canales de desagüe o de válvulas instaladas en el muro.

73 Como los escapes de cloro líquido son potencialmente más peligrosos que los escapes de cloro gaseoso, el sistema tiene que estar diseñado de manera que las fuentes de escape del líquido se reduzcan a un mínimo. Una de las principales maneras de lograrlo consiste en evitar que las juntas estén expuestas en forma constante al cloro líquido (por ejemplo, normalmente no se deben instalar vertederos de fondo, véase el párrafo 78), de ese modo, los escapes serán sólo de gas.

74 La gravedad de un escape se reduce disminuyendo la presión dentro del sistema y por consiguiente, conviene disponer de instalaciones para la transferencia del cloro gaseoso a un proceso de consumo o a una planta de absorción del cloro de desecho cuando se está transfiriendo el cloro.

75 Los depósitos de almacenamiento de cloro deben construirse sobre el suelo. No se recomienda la instalación en pozos profundos debido a que aumenta las dificultades de tratamiento y dispersión de un escape de cloro y del acceso para las actividades de mantenimiento o reparación.

76 La disposición de la zona debe proyectarse de manera que proporcione todas las instalaciones necesarias para mantener un buen orden y limpieza; se necesita un amplio espacio para almacenar el equipo de mantenimiento y seguridad, que ha de ser de fácil acceso en caso de emergencia.

77 Normalmente no se requiere el aislamiento térmico de los tanques de almacenamiento. Sin embargo, si el recipiente funciona a baja temperatura y se requiere un forro calorífugo, el material debe ser ignífugo, químicamente inerte al líquido o al cloro gaseoso y resistente a la penetración de humedad atmosférica.

Criterios de diseño

78 A continuación se indican los criterios de diseño relativos a los nuevos depósitos de cloro líquido y recipientes de expansión.

Presión prevista. 12 barg (174 psig) como mínimo

Temperatura prevista. Cuando el cloro líquido se evapora a la presión atmosférica su temperatura disminuye a -35°C y, por tanto, la temperatura mínima prevista no debe ser superior. Los límites normales previstos son de -35°C a $+45^{\circ}\text{C}$.

Coefficiente de llenado. Los coeficientes de llenado de los contenedores de líquido transportable se indican de

manera detallada en BS 5355.1976 para diversos tamaños de contenedores y diferentes temperaturas. Aunque no existe ninguna norma equivalente para los depósitos fijos, por razones de simplicidad normalmente se utiliza una cifra de 1,25 kg de cloro líquido/litro de capacidad. De este modo, el volumen de cloro líquido no excede del 95 por ciento del volumen total del recipiente, incluso a una temperatura máxima de 50°C .

Código de diseño. Los nuevos recipientes se deben diseñar y fabricar de acuerdo con la BS 5500 categoría 1 (o una norma equivalente).

Sobrespesor para tener en cuenta la corrosión. Mínimo 1 mm.

Soportes. Los soportes del recipiente deben estar diseñados de conformidad con el código de diseño para permitir la expansión o contracción térmica dentro de los límites de temperatura previstos. Es preciso prestar particular atención cuando se utilizan indicadores de carga para determinar el contenido del tanque o depósito.

Derivaciones. Las dimensiones deben limitarse al mínimo requiriendo, particularmente para las tuberías que transportan líquido. Siempre que sea posible, todas las derivaciones deben montarse en la tapa o tapas de registro. En la parte superior del recipiente debe preverse el acceso a través de una tapa de registro. Conviene que la abertura sea preferentemente de 600 mm de diámetro, pero en ningún caso ha de ser inferior a 460 mm de diámetro.

Sólo se deben prever vertederos de fondo cuando sean necesarios para transferir el cloro por bombeo. Todo vertedero de fondo debe tener una válvula interna, de preferencia manejable a distancia, y una válvula de aislamiento de reserva (véase el párrafo 89).

Pernos. Deben ajustarse a los requisitos de BS 4882

Obturadores. Deben ser de fibra de amianto comprimido y ajustarse a los requisitos de BS 2815 categoría A, y estar dotados de una etiqueta para su fácil identificación en las instalaciones cuando se emplean diversos materiales de conexión.

El uso de materiales incorrectos para los obturadores puede resultar peligroso.

Documentación. Se debe utilizar como referencia el certificado de cumplimiento BS 5500 (o una documentación análoga si se emplean otras normas), junto con otros documentos relativos a la integridad mecánica

79. El párrafo 78 se aplica a los nuevos sistemas diseñados y contruidos de conformidad con la norma vigente. Cuando se dispone de un tanque que se ajusta a una norma diferente, los sistemas se deben evaluar de conformidad con los requisitos de esas normas de origen. En particular, si la presión de trabajo admisible al recipiente es inferior a 12 barg (174 psig), será necesario modificar la presión del sistema de aire, los dispositivos de seguridad, etc., en consecuencia, y habrá que disponer el sistema de abastecimiento de modo que pueda funcionar en las condiciones del tanque de almacenamiento

Conexión de las tuberías y medio de aislamiento de los tanques de almacenamiento

80. Las conexiones con los tanques de almacenamiento son las siguientes:

- a) entrada del cloro líquido,
- b) salida del cloro líquido,
- c) tuberías de ventilación y tuberías de gas seco comprimido;
- d) sistema de seguridad;
- e) instrumentos y medidores de presión.

81. El número de conexiones se debe reducir a un mínimo para disminuir las fuentes potenciales de escape. La colocación de las válvulas y de las tuberías debe efectuarse de la manera más sencilla posible para reducir al mínimo los errores de funcionamiento. Las válvulas de aislamiento deben ajustarse directamente a las derivaciones sobre la tapa o el tanque con el fin de que cualquier tubería conectada a las derivaciones o a las conexiones en T pueda quedar aislada. El sistema debe estar diseñado de forma que, si las juntas entre las válvulas y los tanques de almacenamiento fallan, sólo se libere cloro gaseoso. Por ejemplo, cualquier tubería que termine por debajo de la superficie del líquido debe emerger a través de válvulas montadas en la pared del tanque por encima del nivel del líquido y la tubería debe ajustarse al cuerpo de la válvula dentro del tanque (véase el párrafo 88)

82. Todas las válvulas y tuberías asociadas con tanques de almacenamiento de cloro deben estar etiquetadas y ajustarse al código de colores

83. Siempre que se instalen dos válvulas en serie para conseguir el aislamiento, se recomienda que el sistema de funcionamiento se proyecte de manera que cada válvula se utilice exclusivamente por un período determi-

nado durante el funcionamiento normal. De este modo ambas válvulas se mantienen en estado de funcionamiento todo el tiempo.

84. En la figura 3 se indica esquemáticamente una aplicación de los principios de esta sección. No todas las instalaciones corresponderán a este esquema y podrán resultar apropiadas variaciones (algunas de las cuales se describen en el texto).

Entrada de cloro líquido

85. La entrada de cloro líquido no debe normalmente penetrar en el tanque más allá del nivel máximo del líquido. El empleo de un sifón invertido en la tubería de entrada podría provocar el regreso del cloro líquido si la tubería de llenado falla, esta posibilidad se evita mediante el empleo de una tubería de entrada corta en la parte superior del tanque o, alternativamente, taldando la parte superior del sifón invertido para que no regrese el líquido descargado. Cabe incorporar un sifón invertido como entrada a un recipiente para la carga y descarga, pero en ese caso debe estar dotado de los controles adicionales apropiados para una entrada de cloro líquido.

86. La válvula de aislamiento de la tubería de entrada del cloro, directamente atornillada a la brida del tanque de almacenamiento, debe ser de preferencia una válvula esférica

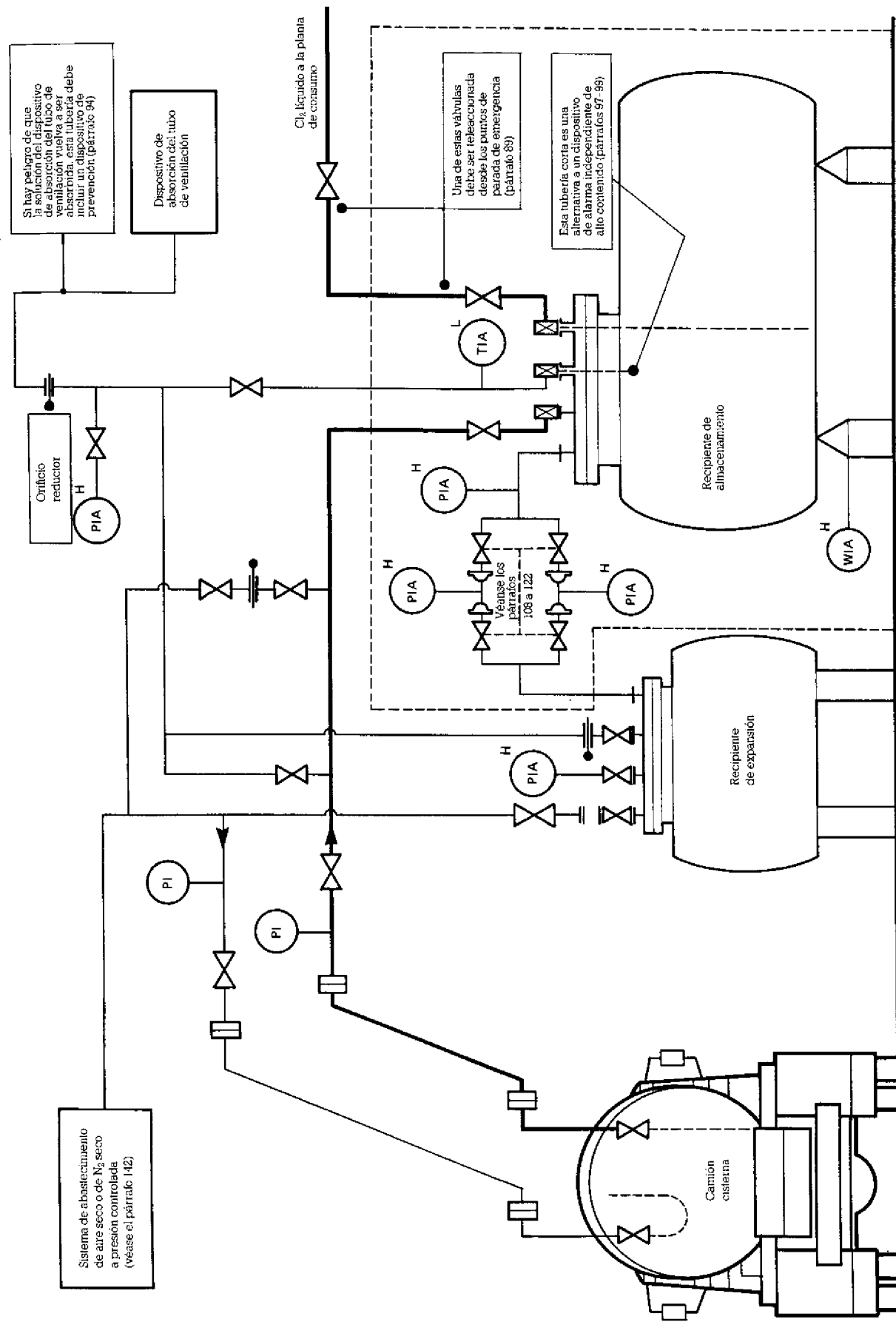
87. Se debe instalar una válvula de seguridad que se pueda maniobrar a distancia. Como alternativa, cabe instalar la válvula teleaccionada y una válvula de aislamiento de reserva

Salida de cloro líquido

88. La extracción del cloro líquido del tanque de almacenamiento se efectúa por medio de un sifón invertido cuya disposición debe garantizar que el cloro líquido no pueda escaparse, en caso de que falle la junta entre la válvula de aislamiento y el tanque de almacenamiento. La forma mejor de lograrlo en una planta nueva consiste en utilizar una válvula esférica por un lado, enroscada a la derivación embreada del tanque de almacenamiento, enroscándose el sifón invertido a la parte inferior de la válvula.

89. La válvula principal de aislamiento debe estar apoyada por una válvula adicional para que se pueda conseguir el aislamiento si una sola válvula no consigue la hermeticidad con eficacia. Según la disposición de las

Figura 3. Ejemplo de los dispositivos de los tanques de cloro que descargan en recipientes de almacenamiento de cloro líquido (párrafo 84)



Nota: No todas las instalaciones seguirán este esquema.

tuberías locales, se recomienda la instalación de una o más válvulas teleaccionadas para un control de urgencia. Una válvula teleaccionada, diseñada para aportar un aislamiento positivo y que esté adecuadamente colocada puede también actuar como una de las dos válvulas de aislamiento más arriba indicadas.

90. Además, se recomienda encarecidamente que la corriente en la tubería que comunica con la planta de consumo se limite al máximo que necesita el proceso, esto se puede conseguir mediante la incorporación en la tubería de una válvula de control del flujo excedente o de un orificio. El objeto de este dispositivo limitador de la corriente consiste en que el volumen de un escape debido a una ruptura importante se pueda reducir a menos de la corriente sin reducción en la sección de paso a través de la tubería. No se instala necesariamente para reducir la corriente hasta la exigencia máxima del proceso, cuando este máximo puede ser tan pequeño que produzca otros problemas de mantenimiento, como la tendencia del orificio a bloquearse, etc. No se recomienda que la válvula o el orificio para reducir la corriente excesiva estén situados dentro del tanque en el propio sifón invertido, debido al problema que plantearía la extracción del cloro líquido del tanque si se produjera el agarrotamiento de la esfera o el bloqueo del orificio. En algunas plantas, el reductor de corriente puede ser sustituido por un sensor de corriente o de presión adecuado que ponga en marcha válvulas de cierre teleaccionadas (véase al párrafo 104). Las válvulas para reducir el exceso de corriente pueden ser aconsejables para tuberías en las que normalmente la corriente de cloro es muy inferior a la corriente que podría pasar si se produjera una avería. No son adecuadas para tuberías en que la magnitud del flujo normal es elevada, para las que se deben utilizar otros medios de detección de averías y de aislamiento de la corriente.

Tuberías de ventilación y de gas seco comprimido

91. Es posible conectar tuberías de ventilación y tuberías de gas seco comprimido al tanque de almacenamiento, por medio de entradas separadas o de una única entrada combinada. En ambos casos, la válvula conectada directamente al tanque de almacenamiento debe estar complementada con una segunda válvula.

92. Para que el volumen de líquido en el tanque de almacenamiento se limite al autorizado por el coeficiente de llenado, cabe enroscar una tubería de mermas a la parte inferior de la válvula en la tubería de ventilación. La longitud de esta tubería de mermas es tal que, si el

cloro líquido se eleva por encima del nivel correcto, desaguará a través de la tubería de mermas. La tubería de mermas debe verificarse cuando se efectúa la inspección de rutina de la instalación de almacenamiento. A la tubería de ventilación de los tanques de almacenamiento se le puede acoplar un dispositivo de indicación de baja temperatura u otro dispositivo de alarma para que avise si el cloro líquido está entrando en la tubería de mermas instalada en la tubería de ventilación.

93. El procedimiento para transferir cloro líquido a los tanques de almacenamiento debe incluir una válvula de ventilación que se abrirá ligeramente al final de la descarga para verificar si el tanque no se ha llenado en exceso (véase el procedimiento normal en el apéndice 4).

94. La prevención de que la solución acuosa vuelva a ser absorbida por la tubería de ventilación impone la necesidad de precauciones análogas a las descritas con respecto a los vaporizadores (véanse los párrafos 184 a 186). La prevención de la retrodifusión de la humedad se describe en los párrafos 205 a 207.

Sistema de seguridad

95. Los requisitos especiales relativos a las válvulas de aislamiento situadas en el sistema de desahogo de la presión de los tanques de almacenamiento se describen en los párrafos 111 a 115.

Instrumentos

96. Los instrumentos de control de los tanques de almacenamiento y de otros dispositivos de la instalación deben, siempre que sea posible, diseñarse a prueba de fallos. El equipo eléctrico y electrónico, a menos que esté especialmente protegido contra la corrosión, no debe colocarse en zonas donde pueda ser afectado por escapes de gas.

97. La cantidad de cloro líquido en cada tanque o cisterna de almacenamiento es preferible determinarla instalando el tanque sobre dispositivos para medir la carga o sobre básculas puente. El peso del cloro líquido de cada tanque debe indicarse en el emplazamiento y puede repetirse en la sala de control de la planta. Los dispositivos de medición del contenido deben estar dotados de alarmas. Por razones de seguridad se exige una alarma de contenido elevado en la sala de control (y en las plantas complejas, probablemente una alarma de contenido extraelevado).

Nota. La alarma de contenido extraelevado aporta escasa seguridad, a menos que funcione independientemente del sistema que da la alarma en caso de alto contenido.

98. Una alarma de bajo contenido puede ser útil por razones operativas y puede tener repercusiones en la seguridad si, por ejemplo, un fallo del suministro de cloro o el paso de aire de relleno al recipiente de salida pueden provocar una perturbación del proceso.

99. Los indicadores del contenido independientes deberían normalmente ser instrumentos, pero en una instalación sencilla, con un buen equipo y un buen mantenimiento en los tanques, la alarma del contenido extraelevado puede consistir en una tubería corta para medir mermas instalada sobre el ventilador del vapor. Si se hace caso omiso de una alarma de alto contenido mientras se llena la cisterna, el líquido alcanza la parte inferior de la tubería de merma y se evapora en la tubería de ventilación situada encima de la válvula de cierre de la ventilación, produciendo la congelación de la tubería.

100. Es necesario proyectar procedimientos regulares de verificación e inspección y llevar registros adecuados de los resultados.

101. Como alternativa de la medición de la cantidad de cloro líquido por el peso, la medición del nivel del líquido en los tanques es también aceptable. Sin embargo, la selección del equipo adecuado es difícil y debe examinarse con el abastecedor del cloro.

102. La presión en los tanques de almacenamiento del cloro se mide por medio de indicadores especialmente concebidos para ser utilizados con cloro líquido; esos indicadores tienen membranas de plata o tantalio. Los indicadores deben estar absolutamente desengrasados antes de ser utilizados y posteriormente se deben poner a prueba utilizando sólo aire comprimido limpio, seco y sin lubricante. Los indicadores de presión pueden estar dotados de conmutadores para dar la alarma si la presión supera o queda por debajo de un valor preestablecido. Como alternativa, pueden emplearse interruptores automáticos para dar una señal independiente de las alarmas de alta y baja presión.

103. El aire de un edificio que alberga cisternas de almacenamiento de cloro debe vigilarse de modo constante para detectar cualquier escape de cloro, particularmente en las plantas de funcionamiento sin operador (véase el párrafo 251). Un mantenimiento regular y eficiente es esencial para mantener ese equipo de vigilancia en estado de funcionamiento eficaz, en especial en plantas como las dedicadas al tratamiento del agua, que suelen funcionar sin operador pero son vigiladas por

telemetría. Los detectores deben estar regulados aproximadamente al límite de exposición recomendado de 1 ppm.

104. Cuando se hace referencia a válvulas de paso o a válvulas «que manejan» sensores de presión (párrafo 90 *supra*), queda por decidir si el funcionamiento es automático o con intervención manual. En los dos extremos, el funcionamiento debe ser automático en una planta sin operadores y puede ser indirecto en una planta dotada de buenos instrumentos con una sala de control y personal constantemente presente.

105. En los párrafos 108 y 116 a 122 se hace referencia a los instrumentos relacionados con un sistema automático de alivio de la presión.

Protección de los recipientes de almacenamiento contra la presión excesiva

106. La adopción de las recomendaciones que ya se han indicado en estas directrices reducirá a un mínimo el riesgo de presión excesiva en los tanques de almacenamiento de cloro líquido. Si el recipiente está excesivamente lleno de cloro líquido se da la alarma en el sistema de peso utilizado para determinar el contenido de cloro líquido de los tanques de almacenamiento (párrafos 97 a 101) o mediante el uso de una tubería de merma en el respiradero dotada de una alarma para advertir de la entrada de cloro líquido en el sistema de ventilación (párrafo 92). La presión excesiva en el suministro de aire comprimido o nitrógeno al tanque de almacenamiento se previene mediante la instalación de una válvula de desahogo en el recipiente de almacenamiento del gas comprimido (párrafo 142). La presión excesiva en el tanque de almacenamiento de cloro líquido se indica por medio de una alarma de alta presión (párrafo 102).

107. Como última salvaguardia, los tanques de almacenamiento tienen que estar protegidos por medio de un adecuado sistema de desahogo automático que limite la presión al valor previsto.

Sistema de desahogo

108. Para proteger los tanques de almacenamiento del cloro líquido, el sistema preferido de desahogo de la presión consiste en dos cápsulas de seguridad adosadas. Puede utilizarse una válvula de desahogo detrás de una cápsula de seguridad, pero este método está siempre sujeto al peligro de corrosión de la válvula de desahogo.

La protección de la válvula de desahogo contra la corrosión debe estudiarse meticulosamente si se recurre al sistema de cápsula de seguridad-válvula de desahogo. No se recomienda el empleo de válvulas de desahogo solas debido a la corrosión o al bioqueo que se podría producir si la válvula estuviera expuesta de modo constante al cloro. Sea cual sea el sistema utilizado, debe haber siempre una alarma de presión y un indicador entre las dos cápsulas o entre la cápsula y la válvula de desahogo (véase el párrafo 122). Con el último método, es preciso retirar la válvula de desahogo y examinarla siempre que se sustituya la cápsula de seguridad.

109. La tubería de descarga del sistema de desahogo de la presión penetra en un recipiente de expansión cerrado (salvo con unos pocos dispositivos especializados). Cualquier presión en el recipiente de expansión o entre los componentes del sistema de desahogo reduce la protección dispensada al recipiente de almacenamiento (véanse los párrafos 119 y 120).

Cápsulas de seguridad

110. Las cápsulas de seguridad (que están diseñadas para que dejen de funcionar a la presión o por debajo de la presión prevista de los tanques de almacenamiento) se suelen fabricar de níquel, aunque cabe utilizar el tantalio, la plata o cualquier otro material compatible. No se recomienda el grafito sin revestimiento. Las cápsulas deben elegirse con cuidado para el campo de temperaturas de funcionamiento, teniendo en cuenta que la presión de ruptura depende de la temperatura, y deben ajustarse a la norma BS 2915 (u otra norma equivalente).

Disposiciones relativas al sistema de desahogo

111. En instalaciones muy sencillas (normalmente las constituidas por un único recipiente de almacenamiento y un recipiente de expansión conexo), puede utilizarse el sistema de una única cápsula de seguridad sin ninguna válvula de aislamiento, instalándolo directamente en el recipiente de almacenamiento. En la práctica es más conveniente establecer un dispositivo con válvula que ofrezca la posibilidad de sustituir las cápsulas con arreglo a un sistema de trabajo controlado sin la necesidad de vaciar y purgar completamente el circuito. Cuando dos o más recipientes de almacenamiento comparten un recipiente de expansión, se deben tomar disposiciones para que sea posible sustituir las cápsulas con rapidez y dar salida a toda la presión excesiva del recipiente de expansión.

112. Los dispositivos preferidos se indican en las figuras 4 y 5. Las válvulas de aislamiento pueden estar individualmente inmovilizadas o pueden estar mecánicamente interconectadas, con el fin de que un par de cápsulas sea siempre operativo. Las cápsulas de seguridad deben ser del tipo convexo sencillo sin soportes con el lado cóncavo de cara a la fuente de presión. Las etiquetas de identificación deben quedar colgadas de cada cápsula con el fin de que se pueda determinar si se han instalado de manera correcta. En las instalaciones más antiguas existentes, a menudo es frecuente la instalación que se presenta en la figura 6. La disposición indicada en la figura 4 o en la figura 5 debe utilizarse en todas las nuevas instalaciones y debe examinarse la posibilidad de utilizarla en las instalaciones existentes cuando se van a efectuar modificaciones importantes.

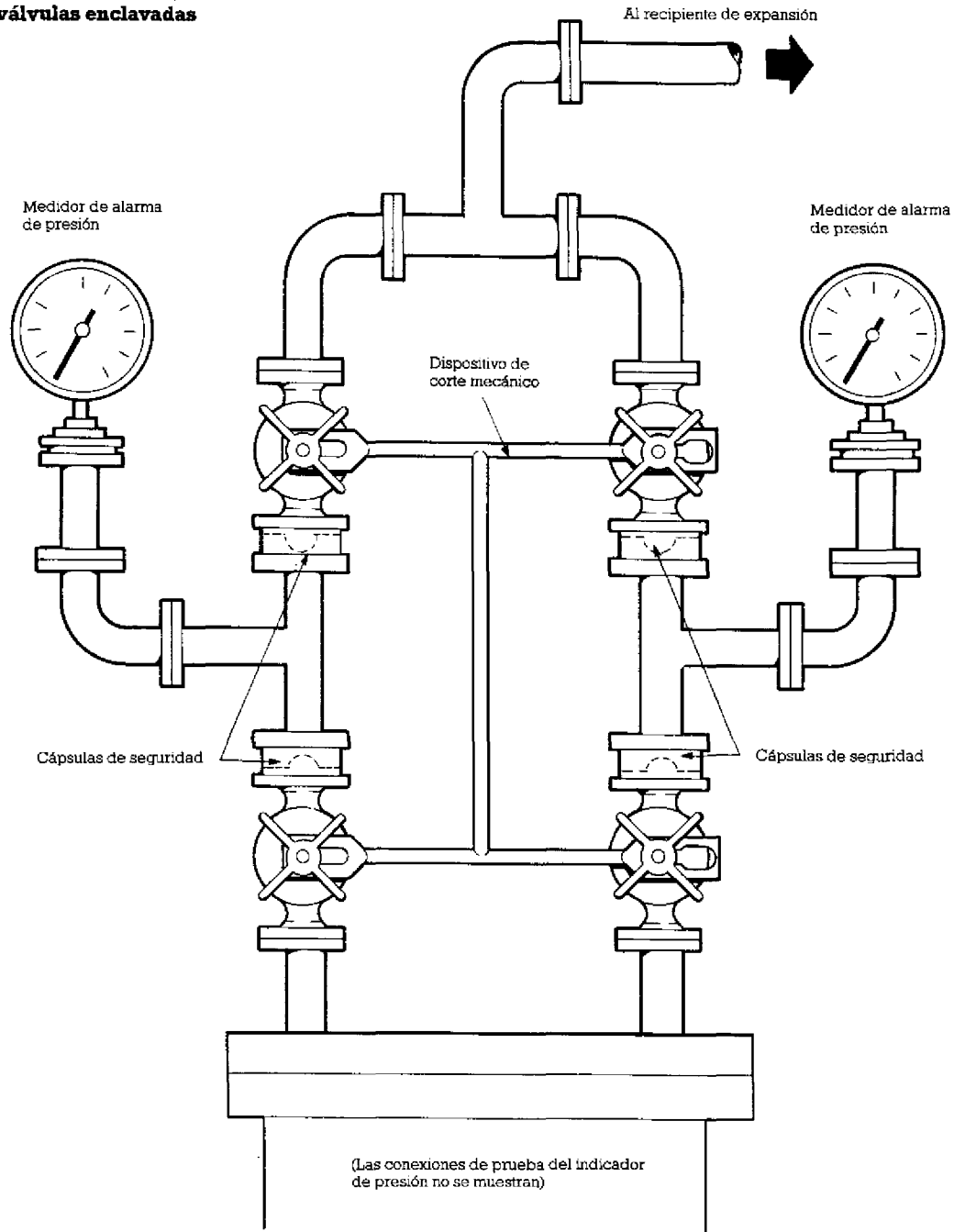
113. Las válvulas que quedan abiertas deben permitir que los dispositivos de funcionamiento descarguen al ritmo requerido en el recipiente de expansión. Las tuberías situadas antes de las válvulas de aislamiento deben ser lo más cortas y sencillas que sea posible para reducir al mínimo el riesgo de escapes de cloro de las juntas y de las tuberías; las válvulas de aislamiento situadas antes de las cápsulas de seguridad deben de preferencia estar directamente ajustadas a conexiones de bridas colocadas sobre la tapa de los tanques de almacenamiento.

114. Los procedimientos que se han de seguir en caso de producirse una falla de una cápsula de seguridad deben estar claramente definidos y basarse en el principio de que en ningún momento debe un recipiente estar encajonado de manera que se pueda acumular una presión inaceptable. Los procedimientos pueden variar según el diseño de la planta, pero deben estar establecidos por escrito e incluir unas prácticas de trabajo seguras para la retirada del recipiente del servicio normal, la estabilización de la presión, el cambio de las cápsulas de seguridad, el desahogo del tanque de expansión y la restitución del recipiente al uso normal.

Sistema de mantenimiento

115. En cualquier instalación dotada de una válvula de aislamiento con cerradura abierta que esté colocada antes de una cápsula de seguridad, se determinará un sistema seguro de trabajo que garantice hasta donde sea razonablemente factible que no podrá acumularse ninguna presión inaceptable de ninguna fuente en el recipiente mientras esté cerrada la válvula de aislamiento.

Figura 4. Sistema de desahogo de la presión (dispositivo preferido). Doble corriente con válvulas enclavadas



Esos sistemas de seguridad variarán según el diseño de la planta, pero deben:

- a) estar establecidos por escrito, ser claros y fácilmente utilizables;
- b) incluir un sistema de permiso para trabajar;
- c) estar incluidos en los programas de capacitación del personal de la planta;
- d) estar supervisados de forma adecuada, con responsabilidades netamente definidas;
- e) ser actualizados con regularidad, en particular cuando se modifiquen el diseño de la planta, los procedimientos de explotación o los sistemas de gestión, y
- f) ser respetados estrictamente.

Recipientes de expansión

116. Los requisitos del diseño relativos a la construcción del recipiente de expansión son análogos a los de los tanques de almacenamiento; su capacidad debe ser aproximadamente el 10 por ciento de la del mayor recipiente de almacenamiento.

117. Debe ser posible dar salida manualmente al contenido del recipiente de expansión a un sistema de absorción.

118. La instalación de almacenamiento ha de vaciarse de cloro líquido durante la inspección y el mantenimiento del recipiente de expansión, a menos que se hayan previsto otros medios para liberar la presión.

119. El recipiente de expansión debe estar dotado de un detector de la presión para dar la alarma si la presión se acumula en el recipiente. Es preciso que el sistema de alarma sea puesto a prueba con regularidad para garantizar que es utilizable (véase el párrafo 122).

120. La conexión del aire comprimido o el nitrógeno con el recipiente de expansión debe ordenarse de manera que se evite la posibilidad de presurización del recipiente por descuido. Esto se puede lograr mediante la desconexión física, chapas de cierre de aislamiento o válvulas dobles de bloqueo apoyadas por sistemas de trabajo seguros. Si un recipiente de expansión presta servicios a más de un recipiente de almacenamiento, se deben adoptar disposiciones para que se reaccione con prontitud a una señal de alarma de presión.

121. Aunque el peligro de que el recipiente de expansión esté presurizado excesivamente con cloro es mínimo debido a las precauciones antes descritas, se deben convenir con el abastecedor de cloro y el organismo de seguridad e higiene (inspección de la contaminación del aire industrial e inspección de fábricas) los procedimientos o medios mecánicos para asegurarse de que esto no pueda suceder.

Alarmas de la presión

122. En cada recipiente de almacenamiento debe haber una alarma de alta presión y en el dispositivo de desahogo de cada emplazamiento importante de seguridad debe haber un indicador/alarma adicional de presión. Esto significa que una alarma adicional de la presión puede bastar en una instalación en que cada recipiente de almacenamiento tiene su propio recipiente de expansión, y que la alarma puede estar colocada en la tubería de desahogo (si existe una única cápsula de seguridad)

o sobre el recipiente de expansión. Cuando un único recipiente de expansión presta servicios a varios recipientes de almacenamiento, debe haber una alarma de presión adicional en cada conjunto de desahogo y también otra en el recipiente de expansión.

Inspección y puesta en servicio de las instalaciones de tanques de cloro

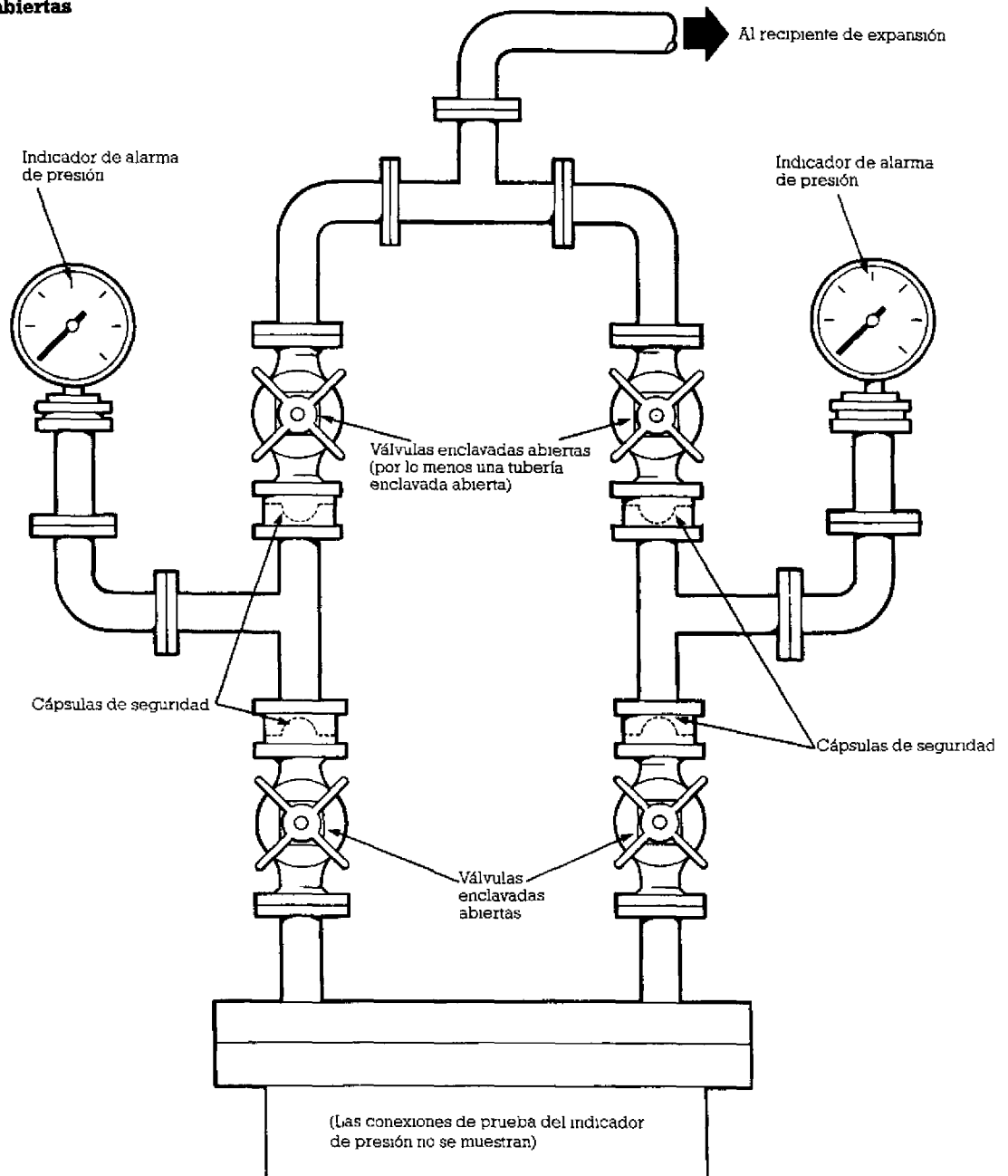
Consideraciones generales

123. La inspección, las pruebas y la puesta en servicio incumben al consumidor de cloro y deben ser organizadas y controladas por él. Los abastecedores de cloro del Reino Unido en principio proporcionan asesoramiento si se lo solicitan y visitan la planta antes de que entre en servicio, dado que sólo suministran cloro si consideran la instalación satisfactoria. El instalador del equipo tiene asimismo las responsabilidades indicadas en el artículo 6 de la ley sobre seguridad e higiene en el trabajo, etc.

124. La inspección inicial y las pruebas deben realizarse de conformidad con las especificaciones del diseño (véase el párrafo 78). El primer examen completo de servicio de un recipiente especificado para contener cloro líquido debe estar a cargo de una autoridad de inspección competente y llevarse a cabo en un plazo de cinco años a partir de la puesta en servicio. La autoridad de inspección debe determinar la frecuencia de los nuevos exámenes completos que se efectuarán con posterioridad y anotarla en el certificado de examen completo. El intervalo no debe exceder normalmente de cinco años. Una persona competente para llevar a cabo un examen de ese tipo debe tener los conocimientos, la experiencia y los recursos necesarios para buscar, detectar y evaluar defectos particulares relacionados con las instalaciones que contienen cloro. Los recursos deben incluir el acceso a instalaciones de laboratorio y prueba no destructiva apropiados, junto con la capacidad técnica profesional para establecer una relación entre las conclusiones de la inspección y la evaluación de la integridad del recipiente, los parámetros de seguridad del trabajo y el uso futuro.

125. La autoridad de inspección debe determinar el alcance del examen a fondo e incluirá cualquier ensayo no destructivo que considere apropiado. El certificado de examen a fondo debe especificar todas las técnicas de inspección y ensayo utilizadas y contener detalles específicos de cualquier deterioro hallado en el recipiente o en los recipientes auxiliares.

Figura 5. Sistema de desahogo de la presión. Doble corriente con válvulas enclavadas abiertas



126. En los tanques calorifugados, se debería suprimir el forro calorifugo suficiente para poder determinar el estado de la superficie exterior del tanque

127. Normalmente no se recomiendan las pruebas hidrostáticas periódicas. Sin embargo, son esenciales si se efectúa alguna modificación en los recipientes de almacenamiento. Esas modificaciones requieren la aprobación de una autoridad de inspección.

128. La autoridad de inspección debe evaluar si se puede continuar utilizando el recipiente para contener cloro, con respecto a:

- las presiones de trabajo máximas y mínimas admisibles;
- las temperaturas de trabajo máximas y mínimas admisibles;
- y las cargas de trabajo admisibles en los soportes y los cimientos