

Fabricación y montaje de las tuberías

- 72. a) En general, deben utilizarse accesorios de soldadura a tope por forja para las curvaturas, los tubos en forma de T, los manguitos reductores y los capacetes.
- b) Los accesorios soldados son de cabeza hueca y las conexiones deben limitarse a 40 NS.
- c) Se deben utilizar accesorios enroscados únicamente cuando no existe ninguna otra posibilidad y limitarse a pequeñas conexiones patentadas internas, por ejemplo los manómetros
- d) Si es necesario formar un canal en la tubería, son preferibles largas curvaturas de unión forjadas.
- e) No se deben utilizar tubos acodados cónicos, codos poligonales de plegado alternativo ni bifurcaciones montadas a temperaturas inferiores a cero
- f) Las bifurcaciones montadas deben tener soldaduras de penetración completa.
- g) Las curvaturas forjadas y cualquier accesorio fabricado deben ser de soldadura termoestabilizada.
- h) Todas las soldaduras de los empalmes se deben radiografiar con el fin de detectar cualquier grieta de los soldeos en ángulo.

Puesta a prueba de las tuberías

73. La presión de la red de tubos se debería poner a prueba antes de la entrada en servicio. El método preferible es la prueba hidráulica seguida del secado, pero en casos en que ésta no es posible se puede utilizar una prueba neumática utilizando aire o nitrógeno, con la condición de que se adopten precauciones contra los peligros inherentes a este método de prueba*.

Equipo eléctrico

- 74. Se debe prestar atención a las propiedades del amoníaco y, en particular, al párrafo 7. e).
- 75. Los edificios como las instalaciones que albergan los compresores, en los que el equipo eléctrico podría estar sometido a un escape de amoníaco, deberían disponer de ventilación directa a la atmósfera a través de la masa. En la norma BS 4434. Parte 1, párrafo 14.3**, se da orientación sobre las medidas relativas a la ventilación.

* Nota de orientación de la HSE GS4 *Safety in pressure testing HMSO*

** BS 4434 1969 Parte 1 *Requirements for refrigeration safety* British Standards Institution.

76. El equipo eléctrico de esos edificios debe clasificarse como zona 2 de la norma BS 4683 Parte 3*** o estar dotado de cortacircuitos controlados por dispositivos detectores, tal como se describe en la BS 4434 Parte 1, párrafo 13.2.1.2

- 77. Se deben emplear sólo motores que no tengan partes de cobre expuestas
- 78. Los aparatos de conexión deben estar, siempre que sea posible, alojados en edificios cerrados, secos y calurosos, para excluir el vapor de amoníaco.
- 79. El amoníaco no debe transportarse por tubería a las salas de control ni a las salas de distribución.

Materiales de construcción (para accesorios)

- 80. Los materiales de construcción deben ajustarse a la última edición de las especificaciones de diseño pertinentes y recomendadas, teniendo debidamente en cuenta las temperaturas inferiores a cero, cuando son aplicables
- 81. Los aceros austénicos no son propensos a la fractura por fragilidad a bajas temperaturas.

Aislamiento

Consideraciones generales

82. La necesidad de aislamiento dependerá de las condiciones en que tenga que funcionar el recipiente. Con frecuencia, la temperatura funcional es tal que se produciría un aumento calorífico de la atmósfera y luego, a menos que el vapor se pueda utilizar en un proceso, es necesario reducir al mínimo el aumento calorífico mediante el aislamiento o aumentar la capacidad de la planta de refrigeración. Si se aplica el aislamiento, se deben seguir las recomendaciones indicadas en la norma BS 5970****, así como las disposiciones adicionales señaladas en la presente guía

Materiales

83. *Materiales aislantes.* En la medida de lo posible todos los materiales aislantes deben ser altamente ignífugos, por ejemplo, vidrio celular, isocianurato expandido o poliuretano pirorretardante. Deben elegirse materiales

*** BS 4683: 1972 Parte 3 *Electrical apparatus for explosive atmospheres* British Standards Institution

**** BS 5970 1981 *Code of Practice for thermal insulation of pipe-work and equipment in the temperature range -100°C to +870°C*

de acabado con propiedades ignífugas, teniendo presente su resistencia a los efectos de corrosión atmosférica y ambiental.

84. *Estanquidad a vapores.* Se debe señalar la importancia de un medio para evitar la condensación del vapor*.

85. *Revestimiento.* Si se utiliza un revestimiento metálico, se deben emplear remaches que puedan apretarse sin necesidad de entibar y que sean electrofíticamente compatibles con el material de revestimiento.

86. *Aislamiento de protección.* El aislamiento puede requerir anillos de soporte metálicos, que deben diseñarse de manera que puedan fijarse a la envuelta de las placas de la parte superior y a las placas que transportan los soportes de los circuitos derivados únicamente. Cualquier abrazadera necesaria para colocar y fijar los anillos debe estar soldada a la placa apropiada de conformidad con los requisitos de la norma BS 5500. Esta operación la debe realizar el fabricante antes de proceder a la termoestabilización de las placas. No se debe permitir que el contratista del aislamiento suelde accesorios a los canales de las placas ni antes ni después de la fabricación en ninguna circunstancia. No está autorizada la fijación de pernos por medio de soldadura por explosión.

87. *Aislamiento de las columnas.* Cuando un depósito esférico está sostenido por columnas, éstas deben aislarse a una distancia suficiente para reducir el aumento calorífico en esas zonas.

Instalaciones de seguridad en el emplazamiento

88. Además del equipo auxiliar y de los accesorios de seguridad, se deben tener en cuenta la características que se indican a continuación para garantizar un funcionamiento seguro de la instalación de almacenamiento.

- a) La zona del depósito esférico y su equipo conexo debe estar claramente marcada para indicar el riesgo potencial de accidente y para prohibir la entrada de una persona no autorizada. La forma de demarcación variará de un emplazamiento a otro; un simple aviso puede bastar en algunas plantas, mientras que en otras puede ser necesario vallar el emplazamiento que se quiera aislar.
- b) Cuando el acceso está obstaculizado, por una valla por ejemplo, se deben instalar dos verjas colocadas

en diagonal una enfrente de otra con el fin de que en caso de emergencia los vehículos puedan entrar en el emplazamiento en la dirección del viento. Se deben disponer salidas de emergencia en cada esquina de la zona reservada para almacenamiento. Por razones de seguridad, esas salidas se deben diseñar de manera que obstaculicen el acceso de personas no autorizadas.

- c) Se deben colocar bocas de riego en torno a la zona, a unos 25 metros del propio depósito esférico, con el fin de que el acceso a una fuente de agua sea siempre posible, con independencia de la dirección del viento. Las cortinas de agua son eficaces para reducir la dispersión de una nube de amoníaco. Al instalar esa cortina, se debe poner cuidado para que el agua no entre en contacto con una acumulación de amoníaco líquido, dado que esto podría causar un gran aumento en la evolución del amoníaco gaseoso. Además, se debe disponer de agua en todo el emplazamiento para hacer frente a pequeños derrames y escapes.
- d) La zona de almacenamiento debe estar bien iluminada por la noche.
- e) Se deben colocar una o más mangas cónicas usadas como veleta en un lugar elevado con el fin de que el personal de la zona las pueda ver con facilidad.
- f) Se debe instalar un grupo electrógeno de socorro o una chimenea para combustión de gases sobrantes cuando no se pueda tolerar una caída de tensión en los compresores de refrigeración (que provocaría una descarga de amoníaco de las válvulas de desahogo).
- g) Se deben prever barreras contra choques adecuadas para proteger a los tramos vulnerables de las tuberías y otro equipo que contenga amoníaco contra las colisiones de vehículos, etc. (véase también el párrafo 15).
- h) Cada salida, y cualquier otro lugar en que se considere necesario, debe estar dotada de botones eléctricos de emergencia. Esos botones deben dar la alarma y cerrar la planta para dejarla en un estado seguro. Cuando proceda, se debe incorporar la alarma en el sistema de alarma de la fábrica o del público existente.
- i) Las lecturas de los instrumentos esenciales de las que depende la seguridad deben estar sometidas a una constante vigilancia, de ser necesario por tele-detección. Como mínimo, deben incluir la presión en

* BS 5970: 1981 *Code of Practice for thermal insulation of pipework and equipment in the temperature range -100°C to +870°C.*

el espacio atmosférico del depósito esférico y el nivel del líquido*

- j) Se deben prever instalaciones para rociar de agua al personal con el fin de que cualquiera que pueda ser rociado con amoníaco líquido tenga acceso inmediato a una fuente de agua adecuada. Estas instalaciones deben estar situadas de preferencia en por lo menos dos lugares y, de ser posible, cerca de los puntos donde las conexiones y desconexiones son frecuentes
- k) Debe haber un número adecuado de extintores de incendios de tipo vapor CO_2 o BCF en puntos estratégicos de la zona.
- l) Se debe tener a mano el equipo de seguridad siguiente:
 - i) Equipo de protección respiratorio adecuado con fines de socorro para todo el personal que entra en la zona de almacenamiento;
 - ii) Dos conjuntos de aparatos de respiración de más larga duración con fines de socorro,
 - iii) Dos conjuntos completos de ropa protectora con fines de socorro y para casos de emergencia;
 - iv) Guantes y botas de plástico o de caucho,
 - v) Gafas protectoras,
 - vi) Botiquines para primeros auxilios,
 - vii) Varias botellas de colirio, situadas en diversos puntos de la zona.

Capacitación y seguridad de los empleados

89. Aunque el amoníaco es una sustancia química peligrosa, un personal competente y plenamente capacitado puede manejarlo con seguridad utilizando el equipo y los procedimientos correctos.

* *Presión.* En condiciones de funcionamiento normales, la presión en el depósito líquido pondrá en marcha y detendrá en forma automática los compresores de refrigeración. Si el mecanismo de puesta en marcha/parada deja de funcionar, la presión en el depósito esférico puede llegar a ser excesivamente alta o baja. Las últimas salvaguardias son las válvulas de desahogo de la presión, pero, antes de poner en marcha esas válvulas, se debe comunicar el aviso que corresponda al ayudante acerca del mal funcionamiento para que adopte las medidas correctivas que se impongan. Los valores de la presión se deben transmitir a un registrador situado en una sala de control con personal presente, y el registrador debe estar dotado de alarmas audibles de alta y baja presión.

Nivel del líquido. Las indicaciones de los niveles del líquido y del depósito esférico deben transmitirse a una sala de control asistida por personal. Como los niveles cambian lentamente, sólo se requiere la indicación del nivel. Además, el depósito esférico debe estar dotado de un dispositivo independiente para indicar el alto nivel que dé una alarma audible en la sala de control, cuando se la active (véase también el párrafo 34).

Capacitación

90. Además de la instrucción normal sobre el proceso, todos los empleados responsables del funcionamiento de la planta deben recibir formación en los siguientes aspectos

- a) Las propiedades de amoníaco y el comportamiento del gas licuado.
- b) Las consecuencias de un manejo inadecuado del equipo y los riesgos que puede provocar un escape del amoníaco líquido o gaseoso.
- c) Las medidas que se han de adoptar de producirse un derrame de amoníaco.
- d) El uso correcto de todos los tipos de equipo protector, extintores de incendios y aparatos de respiración.

Seguridad de los empleados

91. La dirección debe verificar con regularidad que se adopten de manera permanente prácticas de trabajo seguras.

92. Todos los empleados deben participar con regularidad en ensayos relativos a las medidas que se han de adoptar en caso de producirse una emergencia

93. Debe haber por lo menos un programa anual de repaso para los empleados, relativo al uso correcto de los extintores de incendios, aparatos de respiración y equipo protector.

94. Las duchas de aspersión, las botellas de colirios y el equipo protector se deben inspeccionar con regularidad para asegurarse de que siguen estando disponibles y en buen estado. Se deben adoptar precauciones para impedir la congelación

95. Todos los empleados y demás personas que entren en la zona de almacenamiento deben tener a mano un equipo respiratorio de protección adecuado.

96. En la zona de almacenamiento debe estar prohibido fumar y se deben colocar avisos en este sentido en diversos puntos estratégicos.

97. Se debe llevar puesto un equipo protector adecuado para el trabajo concreto que se está realizando.

Entrada en servicio, funcionamiento y cierre definitivo

98. En la presente sección se recomiendan los procedimientos que se han de adoptar para poner en servicio el

depósito esférico de amoníaco y para dejarlo fuera de servicio durante la inspección. No se trata de los procedimientos de puesta en servicio de la planta de refrigeración y otras plantas auxiliares, que quedan fuera del alcance de la presente guía. Durante la entrada en servicio, la tarea más importante consiste en eliminar impurezas que, si se dejan, podrían más tarde promover grietas debidas a corrosión por tensiones en el depósito esférico. Se cree que el oxígeno que se disuelve en el amoníaco líquido es el principal factor causante de ese agrietamiento; por tanto, se debe poner cuidado en purgar la mayor cantidad de aire que sea posible del depósito esférico antes de añadirle amoníaco líquido.

99. Aunque el agrietamiento debido a corrosión por tensiones puede prevenirse mediante una termoestabilización bien controlada del depósito esférico antes de su primer uso con amoníaco, se recomienda mantener un bajo contenido de oxígeno, como salvaguardia adicional y para reducir el peligro de que se produzcan agrietamientos debidos a corrosión por tensiones en otras partes.

100. Se indican dos métodos de purgar el aire del depósito esférico, cada uno de los cuales tiene por objeto reducir el contenido medio de oxígeno del gas en el depósito esférico a menos de 0,025 por ciento v/v antes de la introducción del amoníaco líquido. Esta concentración de oxígeno en el gas del depósito esférico garantiza que la concentración de oxígeno en el amoníaco líquido durante y después del llenado no excederá de 2,5 ppm en peso, lo que se considera es el límite superior seguro cuando el contenido de agua es de unas 100 ppm*. Para combinar la eliminación máxima de oxígeno con la pérdida mínima de amoníaco en la atmósfera, el aire se debe desplazar por agua seguida de nitrógeno o por nitrógeno solo.

* Para reducir al mínimo la posibilidad de agrietamiento debido a corrosión por tensiones, conviene eliminar todas las trazas de oxígeno del sistema con la mayor rapidez posible después de la entrada en servicio del depósito esférico. Aunque no se dispone de datos totalmente fiables sobre los niveles máximos de oxígeno por debajo de los cuales no se producirán agrietamientos, se considera que el nivel del oxígeno no debe exceder de 2,5 ppm en peso cuando el contenido del agua es de sólo 100 ppm. A título de orientación, cada 1 por ciento de oxígeno dejado en el depósito esférico después de la purga del nitrógeno dará origen a cerca de 1 ppm en el amoníaco líquido con la condición de que la purga posterior del amoníaco se efectúe cuidadosamente, como se describe en el párrafo 100. La situación puede mejorarse aun más llenando el depósito esférico con la mayor rapidez posible después de la entrada en servicio y prestando particular atención a la purga de no condensables del sistema. Luego se debe poner el máximo empeño en lograr que el contenido de oxígeno se mantenga lo más bajo posible.

101. Todos los métodos descritos con respecto a la puesta en servicio y el cierre definitivo entrañan el paso de amoníaco gaseoso a la atmósfera. Si es probable que este procedimiento origine problemas ambientales, el gas de salida debe ser absorbido en agua utilizando un depurador adecuado, que no permitirá que el agua sea absorbida otra vez por el depósito esférico, en especial durante la puesta en servicio.

Puesta en servicio

102. *Período anterior a la puesta en servicio*. Antes de la puesta en servicio, se deben efectuar las actividades y verificaciones siguientes:

- a) que el depósito esférico esté limpio y seco;
- b) que todo el equipo de refrigeración esté en estado de funcionamiento;
- c) que el sistema de instrumentos y las alarmas funcionen,
- d) que los flotadores se desplacen libremente y estén transmitiendo correctamente las indicaciones,
- e) que las válvulas de desahogo estén correctamente instaladas y se hayan ajustado a la presión requerida, y
- f) que las tapas de registro estén ajustadas y se hayan hecho todas las conexiones con las tuberías.

103 *Busca de escapes y eliminación del oxígeno*. El depósito esférico está ahora listo para que se busquen eventuales escapes y se efectúen purgas para eliminar el oxígeno. De los diversos procedimientos de purga posibles es preferible el desplazamiento con agua y/o nitrógeno.

- a) *El método del desplazamiento con agua y nitrógeno*. El depósito esférico se llena de agua limpia lo más posible, siempre que las consideraciones de ingeniería y diseño civil lo permitan y con la condición de que la capa remanente de agua y cualquier sólido disuelto se pueda tolerar en el amoníaco. El agua se desplaza a continuación con gas de nitrógeno que se introduce por la parte superior del depósito esférico. Esto suele producir un nivel del oxígeno inferior al 2 por ciento. Si no se logra, se puede recurrir a ciclos de presurización y despresurización para reducir el contenido de oxígeno a un nivel aceptable. En esa etapa se deben efectuar verificaciones para detectar posibles escapes. Algunas veces se utiliza una variante de este método.

cuando es probable que el aire quede atrapado en derivaciones y en los registros de la parte superior. El agua se llena por la parte superior y su nivel se reduce luego en unos dos pies aproximadamente desplazándola con gas de nitrógeno. El gas en este espacio se presuriza y despresuriza hasta que el contenido de oxígeno se reduce a un nivel aceptable. El agua restante se desplaza a continuación con gas de nitrógeno. Cualquier cantidad de nitrógeno liberado se puede utilizar para limpiar el equipo auxiliar. Se debe mantener una presión positiva en todo momento para impedir la penetración de aire.

b) *El método del desplazamiento sólo con nitrógeno**
El depósito esférico se presuriza con gas de nitrógeno hasta alcanzar su presión de servicio y se hace una verificación para detectar si hay escapes. Luego se despresuriza lentamente; una buena práctica consiste en utilizar el nitrógeno liberado para depurar el equipo auxiliar. Los ciclos de presurización y despresurización del nitrógeno se repiten hasta que el contenido de oxígeno del gas se reduce a 2 por ciento o menos.

104. *Purga con gas de amoníaco* Una vez que la concentración de oxígeno en el depósito esférico es inferior al 2 por ciento, se puede admitir gas de amoníaco para completar la purga**

105. El gas de amoníaco se admite por la parte superior del depósito esférico y el gas efluente que se toma de su base se canaliza a un nivel elevado. El gas se introduce al inicio lentamente para llegar a un «gasto tipo» en el depósito esférico. De esta forma se establece una nube estable de vapor de amoníaco en unos pocos pies de la parte superior del depósito esférico con una mezcla mínima en la superficie de contacto amoníaco/nitrógeno. El ritmo de afluencia del gas de amoníaco puede luego aumentar. Una vez que se ha iniciado la purga, no se debe interrumpir; de lo contrario se producirán mezclas indeseables.

* Para los depósitos esféricos de muy baja presión, el método del nitrógeno no es un medio factible de purificación. En esos casos es apropiado el método de desplazamiento con agua y nitrógeno esbozado en el párrafo 103, a), o el procedimiento utilizado en los tanques atmosféricos (véanse *Code of Practice for the Large Scale Storage of Fully Refrigerated Anhydrous Ammonia in the United Kingdom*, Asociación de las Industrias Químicas, mayo de 1985)

** Hace falta un suministro de gas de amoníaco para purgar el nitrógeno del depósito esférico durante la puesta en servicio. La fuente del gas dependerá de la instalación. Se debe prever cerca de una tonelada de gas por cada 1.000 metros cúbicos de volumen del depósito esférico

106. Cuando se detectan trazas de amoníaco en el gas de salida, la concentración se eleva rápidamente. La purga se puede detener cerrando la válvula de salida cuando se consigue una concentración de salida de por lo menos el 90 por ciento***

107. El amoníaco se puede emplear para purgar el equipo auxiliar. Se utiliza amoníaco gaseoso para acumular presión en el depósito esférico antes de admitir el amoníaco líquido para evitar el enfriamiento local del depósito esférico.

Funcionamiento

108. Aunque el amoníaco anhidro puro no se considera en sí un medio capaz de causar agrietamientos debidos a la corrosión por tensiones del acero al carbono, la contaminación del amoníaco con oxígeno parece favorecer la aparición de grietas de corrosión por tensiones

109. En algunos contenedores de amoníaco se han producido en grado considerable grietas de corrosión por tensión. Los aceros muy resistentes son más susceptibles al agrietamiento que los menos resistentes, y la impureza que favorece el agrietamiento se ha identificado como el oxígeno. El amoníaco tal como se produce no contiene oxígeno, pero es evidente que la contaminación puede producirse cuando se ha transferido del fabricante al usuario.

110. Se deben seguir las siguientes directrices:

- a) se debe poner el máximo empeño en mantener el contenido de oxígeno del amoníaco lo más bajo posible.
- b) se debe examinar seriamente la conveniencia de elevar el contenido de agua del amoníaco a 0,2 por ciento, dado que la presencia de agua con esta concentración o por encima de ella parece proporcionar protección en la fase líquida. El agua que se añade debe ser desulfada o una cantidad equivalente de agua de condensación.
- c) el contenido de oxígeno del amoníaco líquido debe verificarse por lo menos una vez al mes. Si se efectúa un control cuidadoso, el contenido de oxígeno no debe exceder de 2,5 ppm. Si se obtiene un valor

*** Hace falta una concentración elevada de amoníaco porque, de lo contrario, se producirá un recalentamiento de los compresores debido a un exceso de gases no condensables. Conviene llegar a un porcentaje no inferior al 90 por ciento de amoníaco

considerablemente mayor, será necesario efectuar mediciones adicionales para determinar si se debe a la dificultad muy real de excluir el oxígeno extraño del analizador o a un abandono de las buenas prácticas de manejo que será preciso poner al descubierto y corregir. Con una exclusión cuidadosa del oxígeno extraño de la muestra y del analizador, se puede utilizar la cromatografía del gas para determinar esos bajos niveles de oxígeno.

Cierre definitivo

111 Esta sección se ocupa de los procedimientos seguros para extraer el amoníaco líquido y gaseoso del depósito esférico de almacenamiento con el fin de que se pueda entrar en él para examinarlo.

112 Retírese la mayor cantidad de amoníaco líquido posible utilizando las bombas normales de producto. En el depósito esférico puede quedar cierta cantidad de líquido remanente. Cualquier líquido remanente deberá eliminarse por medio de la transferencia diferencial de presiones a un recipiente adyacente, o a un camión o vagón cisterna. Conviene sacar todo el líquido del depósito esférico antes de reducir la presión a la atmosférica o de lo contrario habrá más vapor del necesario y, lo que es más importante, la temperatura de por lo menos una parte del depósito esférico se reducirá a 33 °C. Algunas esferas no están diseñadas para esta temperatura.

113. Se debe reducir la presión del depósito esférico al mínimo posible, siempre que sea compatible con el funcionamiento seguro del compresor de refrigeración.

114 Conviene aislar el compresor y reducir la presión manométrica del depósito esférico a cero, mediante el control de la salida a la atmósfera.

115. Introdúzcase aire por el punto más bajo (por ejemplo, la tobera del fondo más grande de que se disponga) del depósito esférico, dando salida desde el punto más alto del depósito esférico a la atmósfera. El aire debe introducirse con lentitud para mantener una buena interfase amoníaco/aire. Como el gas de amoníaco es mucho menos denso que el aire, el desplazamiento del amoníaco se efectuará de forma natural debido al efecto chimenea. Una vez que se ha detenido la corriente natural, se pueden utilizar los ventiladores del extractor para aumentar la corriente del aire como se indica en el párrafo 116. Durante la purga habrá una estrecha franja de gas mixto en la superficie de contacto amoníaco/aire, que se encuentra en el campo de inflamabilidad. En general,

se considera que el peligro de ignición es reducido. Sin embargo, si se decide que incluso un pequeño riesgo es inaceptable, la purga de nitrógeno puede preceder a la purga de aire. La purga de amoníaco/aire no se efectuará si hay amenaza de tormentas.

116 Es preciso abrir las toberas del fondo más grandes de que se dispone, desconectar el suministro de nitrógeno, si se utiliza éste, ajustar unos ventiladores del extractor adecuados a las toberas en la parte superior del depósito esférico y sacar aire a través del depósito esférico hasta que la atmósfera esté lo suficientemente desprovista de gases para penetrar, de conformidad con los requisitos del Reglamento sobre las fábricas de productos químicos, regla 7.

117. Se debe señalar que este método de cierre definitivo evita totalmente el uso de agua, pero es probable que sea lento, según el contenido de amoníaco atmosférico en el punto de ventilación. La situación en el depósito esférico puede ser también desagradable. Un lavado químico puede seguir siendo necesario para limpiar el interior del depósito esférico antes de que se pueda entrar en él sin protección. Aunque la eliminación del agua amoniacal es posible, un método alternativo consiste en introducir agua para absorber el amoníaco residual una vez que la presión se ha reducido a la atmosférica. Se debe poner cuidado en velar por que se introduzca un gas de purga suficiente (aire o nitrógeno) para prevenir la creación de un vacío.

Inspección y mantenimiento

Consideraciones generales

118. El primer examen a fondo en el servicio lo debe efectuar una persona competente después de un plazo no superior a los dos años de la entrada en servicio, seguido de exámenes completos periódicos con intervalos determinados por la persona competente. A reserva de que del examen se obtengan resultados satisfactorios, los intervalos pueden alargarse gradualmente en no más de dos años hasta un máximo de no más de seis años. Si se detectan grietas de corrosión por tensiones importantes, ello se debe interpretar en el sentido de que los resultados del examen no fueron satisfactorios.

119 Los exámenes posteriores pueden no requerir de manera forzosa una prueba hidráulica, a menos que se hayan efectuado reparaciones que afecten a la integridad del recipiente.

Parte interior

120. Los depósitos esféricos existentes que no han estado sometidos a una inspección al 100 por ciento por partículas metálicas de las soldaduras internas deben examinarse de ese modo en el examen completo siguiente.

121. Los depósitos esféricos de amoníaco que han de volver a estar en servicio después de haber dejado de estarlo por un período, por razón distinta de la realización de un examen o reparación, deben volver a obtener un certificado de una persona competente en el sentido de que están en condiciones de seguir utilizándose para contener amoníaco. El alcance de cualquier examen necesario debe ser determinado por la persona competente teniendo debidamente en cuenta la historia del recipiente, el uso anterior y los exámenes anteriores. Después de no más de dos años se debe efectuar un examen completo en el servicio y es preciso determinar exámenes posteriores para los nuevos recipientes (véase el párrafo 118)

122. Los depósitos esféricos existentes que se han de transferir al servicio del amoníaco deben estar totalmente atenuados de tensión antes de que se pueda obtener un certificado, extendido por una persona competente, de su idoneidad para ser utilizados con amoníaco. El alcance de cualquier examen necesario debe ser determinado por la persona competente, pero ha de incluir la detección de grietas de todas las soldaduras internas al 100 por ciento con partículas magnéticas y en el lugar de las clavijas articuladas, los accesorios provisionales y las trazas eliminados. Se debe efectuar un examen completo en el servicio después de no más de dos años de uso y los exámenes posteriores se deben determinar como para los nuevos recipientes (véase el párrafo 118).

123. El examen a que se refieren los párrafos 118 y 122 debe incluir los requisitos indicados en los párrafos 124 a 139.

Parte interior

124. El examen debe consistir en una inspección visual y en una detección de grietas internas por partículas magnéticas de las juntas longitudinales soldadas de conformidad con la norma británica 6072 como requisito mínimo*. Las técnicas y la densidad del flujo deben resultar aceptables para la persona competente

* BS 6072 *Method for magnetic particle flow detection* British Standards Institution

125. Se debe aplicar un campo magnético inducido por medio de serpentines electromagnéticos (no puntas de contacto de circuito abierto ni diodos rectificadores) para producir una densidad de flujo de fuerza suficiente que revele la presencia de grietas importantes**.

126. El alcance del examen de detección de grietas por partículas magnéticas debe incluir el 100 por ciento de todas las soldaduras internas y todas las zonas de grietas. Si se encuentran defectos importantes, la inspección siguiente debe efectuarse en un plazo de dos años e incluir de nuevo el 100 por ciento de la inspección por partículas magnéticas de las soldaduras y zonas de grietas. Con la condición de que no se encuentren defectos graves, las inspecciones subsiguientes deben incluir por lo menos

- a) todas las juntas en T de las placas de la mitad inferior del depósito esférico;
- b) el 25 por ciento de las grietas circunferenciales de las virolas del fondo y segunda, y
- c) la placa de la tapa superior, las soldaduras en T de las virolas primera y segunda, más el 25 por ciento de las costuras soldadas circunferenciales de las juntas

Inspección ultrasónica

127. El espesor del muro del cuerpo esférico y de las toberas debe medirse ultrasónicamente para proceder a la detección ultrasónica de las fallas de las soldaduras del cuerpo esférico a la tobera (véase el párrafo 50)

128. Cuando este examen sea factible, debe efectuarse desde la superficie interior.

Pruebas de emisión acústica

129. Las pruebas de emisión acústica se pueden utilizar para contribuir a determinar la integridad del depósito esférico.

Parte exterior

130. Se debe efectuar una única evaluación de la superficie externa. De existir un depósito esférico no aislado, el examen debe consistir en una inspección visual completa y un examen de detección de grietas por partículas

** Se debe poner cuidado en utilizar una técnica suficientemente sensible para revelar grietas muy finas. La técnica empleada debe tener una sensibilidad no inferior a la proporcionada por la culata magnética de corriente alterna. El uso de tintas fluorescentes puede mejorar la definición.

magnéticas a lo largo de por lo menos el 10 por ciento de cada soldadura a tope. En el caso de un depósito esférico aislado, se pueden utilizar pruebas de detección ultrasónica de fallas desde la parte interior del depósito esférico de por lo menos el 10 por ciento de cada soldadura a tope externa, en lugar del examen de la parte exterior. Si se descubre algún defecto importante, el alcance del examen se debe ampliar a discreción de la persona competente.

131. Además, en cada examen posterior en que se detecten defectos internos importantes se debe utilizar la prueba ultrasónica desde dentro del depósito esférico para verificar la integridad de la superficie exterior opuesta a la zona interna donde está el defecto, antes de efectuar la evaluación a que se hace referencia en el párrafo 142.

132. Cuando el espesor de los muros de las toberas del cuerpo esférico no se puede medir ultrasónicamente desde el interior, habrá que suprimir el revestimiento de las toberas en el lugar y exponerlas para que se examinen.

133. Conviene inspeccionar la estructura del soporte exterior para detectar cualquier deterioro del revestimiento protector y cualquier desgaste del metal resultante. Se debería tratar de detectar por partículas magnéticas si existen grietas en las soldaduras de conexión, y conviene verificar los agujeros de los tubos de aireación (si existe alguno).

134. Se deben inspeccionar todas las tuberías del depósito esférico a su primer aislamiento con miras de protección y seguridad. Es preciso eliminar el revestimiento de las soldaduras a tope de estas tuberías, radiografiarlas al 100 por ciento y examinarlas para detectar cualquier eventual corrosión exterior.

135. Todas las válvulas en línea, como las de aislamiento, las de control remoto y control del exceso del flujo, deben retirarse e inspeccionarse.

136. Todos los instrumentos y alarmas se deben revisar y volver a calibrar.

137. Las válvulas de desahogo deben inspeccionarse y ponerse a prueba por lo menos una vez cada dos años, y el aislamiento de cierre se debe verificar cabalmente hasta donde lo permite su construcción.

138. Se debe examinar el aislamiento externo para verificar si ha habido daños o fallas en las propiedades de aislamiento. La envuelta de cuyo aislamiento se duda

debe ponerse al descubierto para facilitar la inspección de la superficie del metal antes de reparar el aislamiento, en particular si el depósito esférico está emplazado en un medio ambiente atmosférico agresivo.

139. Todas las clavijas de cierre y de montaje y los pasadores del depósito esférico deben sustituirse. Los obturadores embridados y los pasadores de las clavijas deben sustituirse en las tuberías situadas entre el depósito esférico y el primer aislamiento.

Informe sobre el examen completo

140. Cualquier deterioro importante que se descubra debe registrarse en el informe de examen dando detalles sobre las técnicas de inspección utilizadas. Debe volverse a determinar si el recipiente puede seguir siendo utilizado con amoníaco y se han de confirmar o revisar los límites de funcionamiento seguro. Cualquier defecto importante de la soldadura o de los materiales que se descubra debe examinarse de manera crítica con respecto a sus efectos sobre la integridad del recipiente, su origen y la probabilidad de que vuelva a producirse. Cuando las deficiencias son eliminadas o se procede a una nueva soldadura, el efecto sobre la presión de trabajo admisible debe analizarse de forma meticulosa. En el análisis de la tensión se deben considerar debidamente las tensiones remanentes y operacionales con unos factores de intensificación de la tensión apropiados cuando éstos se aplican. Si los defectos no se corrigen, su importancia se debe evaluar por medio de un análisis mecánico de las fracturas y mediante la supervisión adecuada cuando el depósito vuelve a ponerse en uso. Cuando se prevea la propagación de los defectos, se debe efectuar un análisis análogo para ayudar a determinar la fecha del próximo examen. Si se produce una supresión o adelgazamiento del metal, se debe prestar la debida consideración a los límites de la presión de trabajo admisibles tomando como base el espesor del metal remanente. Se debe extender un certificado en el que se especifique.

- a) la presión máxima de trabajo admisible;
- b) la presión mínima de trabajo admisible,
- c) la temperatura máxima de trabajo admisible;
- d) la temperatura mínima de trabajo admisible;
- e) la cantidad máxima de amoníaco permisible;
- f) el peso máximo del contenido admisible;
- g) la fecha del próximo examen completo.

Persona competente

141 Una «persona competente» debe tener los conocimientos teóricos, la experiencia y los recursos necesarios para buscar, detectar y evaluar defectos particulares relacionados con los depósitos que contienen amoníaco, por ejemplo las grietas de corrosión por tensión. Debe tener acceso a instalaciones de laboratorio y para efectuar ensayos no destructivos apropiados, así como una capacidad técnica profesional suficiente para establecer una relación entre las conclusiones de la inspección y las evaluaciones de los parámetros de integridad del depósito para un trabajo seguro y su futuro uso.

Inspección periódica

142. Además del examen periódico completo, se deben efectuar con regularidad las siguientes verificaciones disciplinarias:

- a) es preciso inspeccionar periódicamente todas las válvulas automáticas, alarmas y sistemas de desconexión para asegurarse de que funcionan de modo satisfactorio;
- b) en el caso de los depósitos esféricos rodeados de un muro o pared de tierra, se debe prestar atención al drenaje del agua de superficie. En el buen cuidado y orden general de la zona se debe incluir su mantenimiento libre de escombros y malezas,
- c) las bocas de riego se deben reparar y mantener con regularidad;
- d) el aislamiento externo se debe mantener en buen orden,
- e) se deben verificar diariamente los puntos donde se encuentra el equipo de seguridad personal y los accesorios (por ejemplo, los aparatos de respiración, las gafas, los guantes, las duchas, etc.) se deben mantener en estado de servicio,
- f) los avisos con instrucciones, el número de identidad del depósito esférico y la nomenclatura de las válvulas se deben colocar en lugares visibles y mantenerse legibles día y noche;
- g) la iluminación del emplazamiento debe mantenerse e inspeccionarse con regularidad (por ejemplo, conservándola limpia y en buen estado de servicio)

Plan de emergencia

143 Es esencial que se tome en consideración la posibilidad, por remota que sea, de un escape importante de amoníaco y que se elabore un plan de acción para hacer

frente a esa emergencia. El plan debe cubrir todas las emergencias que pueden estar bajo el control de la fábrica, posiblemente con asistencia de la policía local y el servicio de bomberos. Habrá que consultar en todo caso a esas autoridades, y en los planes de trabajo se debe indicar de qué modo las actividades de la fábrica se han de integrar con las medidas adoptadas bajo la dirección general de la policía local, en caso de producirse un accidente grave que afecte a la zona circundante. Habrá que consultar también a la policía sobre la información que se debe facilitar a los ocupantes de los locales circundantes para instruirlos de modo adecuado sobre las medidas que se han de tomar en caso de accidente.

144. En los locales que están sometidos al Reglamento de 1984 sobre el control de los peligros de accidentes industriales importantes*

- a) el ocupante debe preparar un plan de emergencia en el lugar,
- b) la autoridad local debe preparar un plan de emergencia para fuera del lugar;
- c) se deben adoptar disposiciones para facilitar información al público que pueda ser afectado por un accidente importante en los locales. En el folleto HS(R)21** de la HSE se dan otras orientaciones.

145 La policía local y los servicios de bomberos deben conocer el emplazamiento de la instalación y los medios de acceder a él. Se los debe informar de las consecuencias de un escape importante y conviene asesorarlos en cuanto al equipo de protección que deben llevar y acordar con ellos las medidas que adoptarán si participan en una situación de emergencia. En particular, los servicios de bomberos deben entender plenamente las medidas que se han de adoptar para luchar contra un escape de amoníaco.

146 Se debe establecer por escrito y distribuir un plan de trabajo que abarque los puntos siguientes:

- a) las medidas inmediatas que ha de adoptar el personal de servicio, con inclusión del procedimiento que se ha de seguir para alertar a la fábrica y llamar a la policía local y a los servicios de bomberos, si fuera necesario,

* Norma 6 del Reglamento de 1984 sobre el control de los peligros de accidentes industriales importantes, HMSO.

** *A Guide to the Control of Industrial Major Accident Hazards Regulations 1984*, ISBN 011 883762.

- b) la designación de una persona para que esté presente en el lugar del incidente y se encargue de coordinar las actividades del personal de la planta y de los servicios exteriores para hacer frente al escape;
- c) la designación de un director de categoría superior como controlador de todo el incidente, con la función de velar por que se adopten todas las medidas posibles tanto en la fábrica como en el sector público, y por que se utilicen correctamente todos los vínculos de comunicación necesarios (a título de orientación, se debe establecer y poner a su disposición una lista de verificación por escrito);
- d) la elección de emplazamientos adecuados desde los cuales controlar la emergencia (con este fin se debe disponer de dos emplazamientos situados en diferentes sectores de la dirección del viento), y
- e) cuando una instalación de almacenamiento forme parte de una fábrica, se debe prever un sistema de alerta y un plan de acción con respecto a la parte restante del emplazamiento, dando a conocer a todos los empleados las medidas que se han de adoptar si se produjera un accidente que afectara a su zona particular de trabajo.

147. Conviene poner en práctica en diversas ocasiones el plan de trabajo, coordinándolo con la policía local y los servicios de bomberos.

148. En la nota de orientación de la HSE sobre la preparación de planes de emergencia* y en dos publicaciones de la Asociación de Industrias de Productos Químicos** se dan orientaciones detalladas sobre la preparación de planes de emergencia.

Depósitos cilíndricos

Introducción

149. Los depósitos para almacenar amoníaco líquido a plena presión suelen ser de forma cilíndrica con los

* HSE *The Control of Industrial Major Accident Hazards Regulations 1984 (CIMAH): Further Guidance on Emergency Plans* (HS(G)25), HMSO ISBN 0 11 883831 8.

** *Recommended Procedures for Handling Major Emergencies*, 2.^a edición, Asociación de Industrias de Productos Químicos, 1976. *Guidelines for Chemical Sites on off site aspects of Emergency Procedures*, Asociación de Industrias de Productos Químicos, 1983.

extremos estampados y pueden instalarse con un eje vertical u horizontal. Sin embargo, es habitual montar estos depósitos en posición horizontal, en particular cuando el amoníaco se extrae por bombeo tradicional.

150. Los depósitos de ese tipo normalmente se construyen en el taller, y esto, a lo que se unen los reglamentos que imponen limitaciones a las dimensiones de las cargas transportadas por carretera, significa que existe un límite para la dimensión del depósito. Puede existir otra limitación a la dimensión en función de la capacidad para eliminar tensiones internas del horno de que dispone el fabricante.

151. En numerosos procesos industriales hacen falta pequeñas cantidades de amoníaco, y su almacenamiento a presión es la única forma de atender a este pequeño pero muy importante sector. La mayor parte de las entregas a esos usuarios se realizan por carretera.

152. Se recomienda en todos los casos que la cantidad de amoníaco almacenado a presión sea lo más pequeña que resulte razonablemente factible con una explotación comercial.

153. En la figura 2 se muestra un diagrama lineal simplificado, típico de una instalación de almacenamiento a presión.

154. Se remite al lector a la información general dada en esta guía, ya que será fácil saber cuándo es aplicable a un almacenamiento a temperatura ambiente en depósitos cilíndricos. Muchas de las recomendaciones relativas al almacenamiento sin peligro del amoníaco en depósitos esféricos son aplicables al almacenamiento en depósitos cilíndricos. En los casos en que las recomendaciones aplicables son idénticas o casi idénticas, se hace una referencia apropiada a la parte precedente de la presente guía.

Propiedades físicas del amoníaco y riesgos que entraña para la salud

Véase la información general facilitada en los párrafos 1 a 11.

Emplazamiento

155. A continuación se indican las normas mínimas recomendadas para el emplazamiento de los depósitos que reciben el producto almacenado de una cisterna. Estas indicaciones no sustituyen en modo alguno a otros requisitos que puedan imponer las autoridades locales o la HSE.

156. Las instalaciones para almacenar amoníaco deben estar emplazadas dentro de los límites definidos de una fábrica, siempre que sea posible lejos de zonas residenciales y de edificios públicos. Las distancias siguientes se deben considerar como mínimas

Capacidad	Distancia
Hasta 100 toneladas	250 metros
Más de 100 toneladas	500 metros

157. Las instalaciones deben estar emplazadas de preferencia al aire libre, pero si están en un espacio cerrado, el edificio que contiene el depósito debe estar construido de manera que cualquier escape del depósito pase sólo al aire libre y no directamente a espacios de trabajo ocupados.

158. La zona de descarga debe estar al aire libre en un lugar cerrado a otros movimientos del tráfico mientras las cisternas están descargando. Los camiones cisternas no deben, en ninguna circunstancia, detenerse en una carretera pública mientras están descargando.

159. El emplazamiento debe elegirse de manera que se reduzca al mínimo el peligro de daños debidos a incendios o explosiones en la planta o en las zonas de almacenamiento circundantes y deben tomarse disposiciones para que el recipiente a presión y todo el equipo inmediatamente relacionado con él estén protegidos de posibles riesgos resultantes de cualquier accidente imprevisible.

160. Para la elección del emplazamiento se deben tener en cuenta los planes existentes relativos al futuro desarrollo de la zona.

Diseño del depósito

Especificaciones del diseño

161. El depósito se debe diseñar, fabricar, montar, inspeccionar y poner a prueba de conformidad con una norma por lo menos equivalente a la BS 5500, categoría 1, teniéndose debidamente en cuenta el apéndice D. Se deben radiografiar al 100 por ciento todas las soldaduras a tope y todas las demás soldaduras se deben someter a una inspección ultrasónica y/o de partículas magnéticas. Además, se recomienda que todas las soldaduras internas se sometan a una inspección con partículas magnéticas del 100 por ciento, con el fin de dejar un registro que pueda servir de punto de referencia para todas las inspecciones futuras del depósito. Una vez fabricado, el

depósito debe ser termoestabilizado, después de lo cual no se debe efectuar ninguna nueva soldadura a menos que se cumplan los requisitos de las especificaciones del diseño relativos a la atenuación de tensiones locales.

Condiciones del diseño

162. *Presión del proyecto.* Cualquier depósito utilizado para almacenamiento a temperatura ambiente debe estar diseñado para soportar una presión barométrica absoluta no inferior a 15,5. Sin embargo, si un recipiente no está destinado de modo primordial a almacenamiento y forma parte de un proceso integrado, puede estar diseñado para una presión inferior con la condición de que esté adecuadamente protegido contra la sobrepresión.

163. *Temperatura del proyecto.* La temperatura mínima del proyecto debe ser la temperatura mínima que puede soportar el depósito en servicio. De preferencia, esta temperatura se debe considerar que es 33 °C, pero en ningún caso debe considerarse superior a 10 °C.

Materiales de construcción

164. a) *Materiales metálicos.* Los aceros utilizados deben limitarse, por lo menos, a los autorizados por la norma BS 5500, sección 2. Conviene remitirse también a los párrafos 23 a 25 de esta guía en lo que respecta a requisitos adicionales. Se pueden utilizar otros aceros que tengan las mismas limitaciones de contenido de carbono y la máxima resistencia a la atracción, así como las mismas propiedades con respecto a los choques. El cobre y las aleaciones de cobre no se deben utilizar.

165. a) *Materiales no metálicos.* Los cauchos más adecuados son el nitrilo y el neopreno dentro de sus limitaciones de temperatura. Los cauchos de butilo y de etileno propileno son menos permeables, pero, como son afectados por los lubricantes, sólo se pueden utilizar en sistemas de gas de amoníaco. El PTFE, el polipropileno, el polietileno y el nailon son relativamente poco afectados. La mayor parte de los demás cauchos de plástico no son adecuados, y en particular los elastómeros fluorados son afectados de forma muy negativa.

Soportes del depósito

166. Los depósitos horizontales deben estar apoyados en soportes de acero. Cuando éstos están soldados al depósito, la soldadura debe ser continua para que no pueda producirse una corrosión entre los soportes y el cuerpo

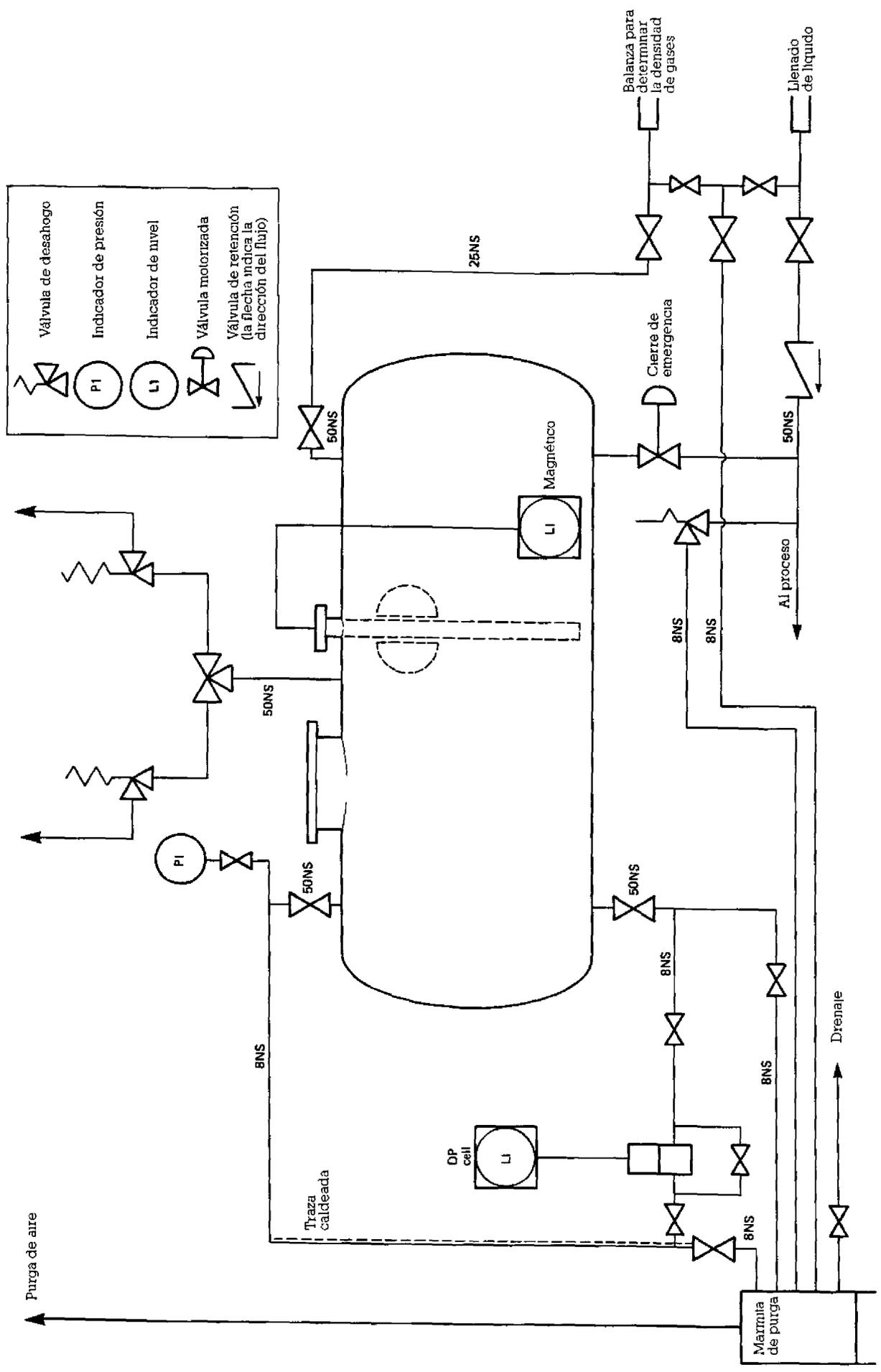


Diagrama lineal de pequeña instalación típica de almacenamiento a presión