

NTP 363: Prevención de fugas en instalaciones (I): seguridad en proyecto



Prévention des fuites dans les installations chimiques (I): sécurité dans le projet
Prevention of fluid leakage from chemical installation (I): safety within the project

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

Adolfo Pérez Guerrero
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Esta Nota Técnica va dirigida a revisar las condiciones básicas de seguridad de una instalación con el fin de minimizar fugas. Se presentan de forma resumida los aspectos básicos a considerar en la concepción y desarrollo del proyecto. Esta nota se complementa con la siguiente dedicada a las juntas de estanqueidad.

Introducción

Las fugas de sustancias peligrosas constituyen uno de los accidentes más frecuente en las instalaciones químicas de proceso, y que suelen generar daños graves tanto a los propios equipos como a las personas expuestas. A su vez otra repercusión importante previsible es la interrupción del proceso productivo incluyendo en algunos casos el vaciado de la instalación.

Las fugas suelen generarse principalmente en las conducciones. Dentro de éstas los puntos más vulnerables son las uniones entre diferentes tramos y las conexiones a los equipos. Las causas de tales fugas son múltiples pero en su mayoría se deben a fallos de proyecto. Es de resaltar que, en los equipos, las bombas de impulsión de fluidos son generadoras de muchos accidentes de esta forma.

Las fugas pueden ser de varios tipos en función de las características y estado del fluido en cuestión. Las fugas en fase líquida son extremadamente peligrosas en el caso de gases licuados, debido a la gran cantidad de masa que se va a producir en un breve plazo de tiempo.

Las fugas de líquidos corrosivos provocan proyecciones que pueden incidir sobre las personas situadas en áreas próximas. Las fugas de sustancias inflamables generarán atmósferas peligrosas capaces de arder dentro del rango de inflamabilidad al encontrar cualquier foco de ignición en el entorno.

Las fugas de sustancias tóxicas volátiles se difundirán en el medio ambiente pudiendo afectara personas no necesariamente próximas a la instalación. Por otra parte las fugas en la fase líquida si no existen medios de control podrán contaminar a través de la red general de desagües al suelo y cauces fluviales.

Todas estas situaciones de graves consecuencias están consideradas como causa de accidente mayor y en tal sentido la reglamentación comunitaria y en particular la española ha desarrollado disposiciones para prevenirlas.

Las circunstancias de fuga pueden ser múltiples y por ello en esta NTP se presentan de manera resumida los diferentes puntos a considerar con la finalidad de que sirvan como base de reflexión, requiriéndose el estudio de documentación específica sobre cada uno de los temas. Las referencias más significativas se recogen en la bibliografía.

Prevención en el proyecto

Durante la fase de proyecto es preciso analizar una serie de aspectos relativos a la peligrosidad de las sustancias y las condiciones de proceso, características de la instalación y su idoneidad y capacidad de respuesta ante la diversidad de agentes agresivos internos y externos (corrosión, impactos, etc.) y los elementos tanto activos como pasivos con funciones de seguridad para prevenir fugas y minimizar consecuencias.

A continuación se describen las diferentes cuestiones a considerar en esta fase que se indican en el cuadro 1 donde se da una relación de cuestiones características que se pueden tener en cuenta para un chequeo previo a la realización de un proyecto:

Cuadro 1: Cuestiones a considerar en el proyecto de una instalación expuesta a fugas de sustancias peligrosas

SEGURIDAD INTRÍNSECA EN EL PROYECTO Diseño de tuberías, Aislamiento por distancia, Aislamiento de la instalación afectada, Almacenamiento mínimo, Control de la presión de los recipientes, Sustitución de sustancias, Refrigeración y Juntas de estanqueidad.
CONDICIONES DE PROCESO EN EL PROYECTO-MÉTODOS PASIVOS Selección de operabilidad del proceso, Proceso continuo/discontinuo, Dilución, Sistemas de seguridad frente a sobrepresiones, Medidas para el control y neutralización de fugas, Limitadores de exceso de flujo y Sistemas de contención.
MÉTODOS ACTIVOS EN EL PROYECTO Sistemas de regulación y control y Sistemas de detección de fugas.
MÉTODOS ACTIVOS Y OPERABILIDAD Revisión de la integridad física de la planta y Revisión de la seguridad del proceso.
MÉTODOS ACTIVOS POSTERIORES A LA FUGA Sistemas de obturación de fugas, Aplicaciones del agua ante fugas y Sistemas de alerta y planes de emergencia.

Diseño de tuberías

Uno de los aspectos iniciales clave es el diseño de la red de tuberías y las condiciones del ámbito físico en el que se encuentran.

Un principio básico consiste en lograr que los puntos de conexión sean los mínimos posibles, en especial para recintos interiores y tratarse de sustancias inflamables y tóxicas. Por otra parte hay que considerar la necesidad de dividir las líneas de tuberías en tramos de forma que se faciliten los trabajos diversos a realizar sobre aquellas.

Es importante aplicar criterios de racionalización en el entramado de tuberías y en la localización de diferentes elementos de control y de seguridad con la finalidad de facilitar los accesos a puntos en los que es preciso intervenir periódica u ocasionalmente. En tal sentido es necesario considerar los medios para acceder a los diferentes puntos de posible intervención (escaleras de servicio, pasarelas y plataformas en altura).

Es conveniente procurar el agrupamiento de los elementos de control del flujo de fluidos. Las tuberías flexibles y especialmente las conexiones a las instalaciones fijas, pueden estar sujetas a torceduras, posiciones forzadas, etc. que limitan su resistencia y constituyen un factor de riesgo ante fugas. En tal sentido es recomendable sustituirlas por tuberías fijas siempre que sea posible. Cuando su uso sea indispensable debería disponerse al menos de codos protectores para facilitar la debida angulación en las conexiones y sistemas de recogida y almacenaje seguros.

Aislamiento por distancia

Es importante lograr un distanciamiento de seguridad entre los puntos de posibles emisiones y las personas. Tal medida es fundamental en industrias muy peligrosas que deberían mantenerse suficientemente alejadas de la población y de ámbitos urbanos.

En los ámbitos laborales en que el aislamiento por distancia no pueda lograrse sería necesario en el caso de fugas muy tóxicas, disponer de recintos de seguridad en los que el personal pueda refugiarse, al mismo tiempo desde tales lugares poder controlar la instalación.

Aislamiento de la instalación afectada

Al objeto de minimizar la cantidad de sustancia fugada es necesario disponer de dispositivos de aislamiento por tramos. Con ello se puede lograr reducir sustancialmente la fuga, siempre que ésta pueda ser detectada con celeridad y el accionamiento de las correspondiente válvulas pueda efectuarse, preferiblemente por control remoto. En su defecto debe disponerse de medios seguros de intervención, tales como una clara identificación de la válvula y su posición de cierre teniendo en cuenta que el empleo de equipos respiratorios autónomos con protección facial puede limitar la visibilidad. Tal medida requiere especial cuidado en el caso de grandes stocks de materias peligrosas.

Almacenamiento mínimo

El principio de seguridad de limitar las cantidades de sustancias peligrosas almacenadas en los lugares de trabajo a lo estrictamente

necesario, debería ser respetado siempre y especialmente en el caso particular de que la posible fuga fuese de difícil control. También ello incumbe a los almacenamientos de productos intermedios.

Control de la presión de los recipientes

De acuerdo con los códigos correspondientes, todo recipiente o instalación a presión deberá ser capaz de soportar la presión máxima alcanzable en las condiciones de funcionamiento. Su presión de diseño será como mínimo un 10% superior a la presión máxima. Complementariamente la instalación dispondrá de los elementos de seguridad correspondientes frente a presiones excesivas.

En determinadas situaciones que es previsible la generación de reacciones químicas incontroladas tales como polimerizaciones y descomposiciones o cualquier forma de generación de gas, vapor o calor, que puedan provocar sobrepresiones considerables, es posible diseñar la instalación para ser capaz de soportarlas. Tal medida es viable en instalaciones de alto riesgo y cuando sus dimensiones sean reducidas.

Sustitución de sustancias

Es preciso considerar la posibilidad de sustituir las sustancias peligrosas por otras menos nocivas si los resultados del proceso en cuestión son similares. Por ejemplo la sustitución del cloro gas por solución de hipoclorito sódico en un proceso de cloración.

Refrigeración

La temperatura es un factor de riesgo que contribuye al aumento de la emisión y evaporación. En tal sentido reduciendo la temperatura de las sustancias que intervienen en el proceso, particularmente los gases licuados, se reduce significativamente la cantidad de vapor producido por una fuga.

En procesos químicos exotérmicos, la refrigeración constituye una medida básica de seguridad. Y por ello, requiere dimensionarla y dotarla de los medios necesarios para garantizar en todo momento su funcionalidad.

Juntas de estanqueidad

Para asegurar la debida estanqueidad de las diferentes conexiones se deberían seleccionar las juntas adecuadas. El tipo de junta y el material de que esté constituida estará en función del fluido, de las condiciones en que éste se encuentra y de las características propias de la instalación. También es importante considerar la conveniencia de sustituir las juntas cada vez que se efectúe una intervención por mantenimiento regular o accidental. Otro aspecto relevante es el relativo a la forma e intensidad de apriete de la juntas, que podrían verse dañadas de no proceder correctamente.

Selección de operabilidad del proceso

La seguridad global del proceso depende de la consideración de los peligros potenciales de las primeras materias, productos intermedios y productos finales y de las condiciones que tales sustancias se encuentran en el proceso. La presión, la temperatura, el flujo másico, el tipo de proceso continuo y discontinuo y el estado de las sustancias (fase gas o líquido), determinan la peligrosidad del propio proceso. De ahí la importancia de poder seleccionar procesos y condiciones lo menos desfavorables posibles ante fugas.

En muchos casos, empleando condiciones suaves en el proceso tales como presión y temperatura cercanos a los ambientales y caudales bajos el peligro global disminuye. El empleo de catalizadores puede compensar la consecuente disminución de la velocidad de reacción en condiciones de proceso menos duras.

Proceso continuo/discontinuo

Los procesos discontinuos ofrecen un mayor riesgo que los procesos continuos debido a la mayor incidencia del error humano. Por su parte los procesos continuos, con la ayuda de sistemas informatizados, permiten una mayor automatización y control de sus variables, llegando a conseguirse el autocontrol de tal forma que al producirse ciertas alteraciones, el sistema además de informarnos, conduce el proceso a condición segura.

Dilución

Usando soluciones acuosas en vez de la sustancia anhidra se reducen la concentración del producto y consecuentemente su presión de vapor y su volatilidad. Una buena ventilación forzada podrá contribuir también en disminuir la concentración de una sustancia tóxica o inflamable para evitar que se alcancen concentraciones peligrosas.

Los locales en los que se puedan generar fugas de sustancias tóxicas deberían disponer siempre de sistemas de ventilación forzada asociados, como se comentará más adelante, a sistemas de neutralización.

Sistemas de seguridad frente a sobrepresiones

Los sistemas de seguridad son fundamentalmente las válvulas de seguridad y alivio de presiones y los discos de ruptura. Las primeras están concebidas para abrirse liberando el exceso de presión del recipiente o aparato a presión y cerrándose cuando la presión disminuye por debajo de la presión de disparo. Requieren estar diseñadas para liberar un determinado flujo másico a su correspondiente presión de tarado.

En cambio los discos de ruptura que tienen una función complementaria a las válvulas de alivio de presiones, están concebidos para romperse al sobrepasar una determinada presión de tarado, liberando totalmente la sobrepresión del interior sin que la instalación que protege quede dañada.

Debido a la frecuente apertura de las válvulas de alivio de presiones por las pruebas periódicas de sobrepresión y los eventuales aumentos de presión generados en el propio proceso, es necesario considerar el comportamiento de tales escapes, siendo conveniente en el caso de tratarse de sustancias inflamables o tóxicas, canalizarlas a puntos controlados para su eliminación o neutralización. Cabe destacar que las tuberías deberían estar protegidas frente a sobrepresiones. Especial precaución debe tenerse cuando pueda quedar retenido líquido o gas licuado en un tramo de tubería, que ante motivos diversos genere una sobrepresión capaz de romper la tubería, si no se tiene la correspondiente válvula de alivio.

Medidas para el control y neutralización de fugas

Una vez la fuga se ha producido es necesario actuar con los medios que permitan eliminar la fuga en el punto de emisión mediante sistemas de taponamiento u obturación como más adelante se expone. A pesar de ello, ante fugas de determinado tamaño, tales sistemas resultan insuficientes y es preciso recurrir a otro tipo de medidas que básicamente son:

- Disposición de tanques especiales vacíos para la transferencia del fluido desde la instalación afectada. Dichos tanques deben tener una capacidad equivalente a la del recipiente de mayor capacidad. Dicha transferencia debería poderse realizar a través de instalación fija y control a distancia.
- Mediante sistemas de absorción (scrubber) líquido/ gas o vapor por un proceso de flujos a contracorriente se produce la neutralización ya sea por reacción química o solubilización del escape. Ello requiere del análisis preciso del tipo de líquido a emplear así como de su caudal necesario para ser capaz de la neutralización. Este sistema está especialmente indicado para fugas de gases tóxicos. Las fugas de gases inflamables son mayoritariamente controladas por sistemas de canalización a una antorcha. Generalmente el sistema de incineración es el más comúnmente empleado para la eliminación de gases y vapores inflamables y determinados tipos de derrames de líquidos combustibles. También las fugas de vapores y gases orgánicos podrían ser controladas mediante sistemas de adsorción sólido/gas o vapor en el que un producto sólido poroso es capaz de retener hasta su límite de saturación una cantidad de gas o vapor que lo atraviesa.

El funcionamiento efectivo de los separadores de gases, adsorción y absorción, requiere una serie de elementos de control tales como un detector sensor para su puesta en funcionamiento al alcanzarse concentraciones peligrosas en las zonas a proteger y un sistema de detección que avise ciertas anomalías como temperaturas excesivas y concentraciones inadecuadas del líquido absorbente.

Limitadores de exceso de flujo

Se trata de válvulas denominadas también de exceso de flujo que actúan automáticamente limitando el caudal de trabajo para evitar que sobrepase un máximo prefijado. Tales válvulas actúan con funciones de seguridad para controlar un flujo máximo excesivo y contraproducente para un determinado proceso químico. En tal sentido pueden contribuir a limitar una fuga, aunque su función específica no sea ésta. Tales válvulas tienen una fiabilidad no muy alta requiriendo un estricto programa de mantenimiento.

Sistemas de contención

Tales sistemas van orientados a lograr la retención del derrame o fuga de gas o vapor en espacios concebidos específicamente para este fin que a su vez facilitan su posterior tratamiento de eliminación.

En el caso de fluidos muy tóxicos transportados por tuberías ya sea en áreas muy transitadas o bien enterradas, es conveniente recurrir a la doble conducción de tal forma que la fuga quede confinada y pueda ser transportada a lugar seguro. En el primer caso por tratarse de lugares en los que las personas pueden verse fácilmente expuestas a intoxicaciones, y en el segundo caso en conducciones enterradas también porque las fugas no serían detectables oportunamente.

Los cubetos de retención, por otra parte, constituyen un sistema muy idóneo para evitar la dispersión de derrames de líquidos y de gases licuados peligrosos. Aunque en España solamente están reglamentados los cubetos de retención para el almacenamiento de líquidos inflamables, debe considerarse también una medida básica de seguridad para las áreas de almacenamiento de líquidos tóxicos y corrosivos.

Los cubetos de retención deberían complementarse con un sistema de drenaje y bombeo del líquido derramado a lugar seguro. Las zonas de carga/descarga de cisternas están especialmente expuestas al riesgo de fugas por lo que deberían estar dotadas de sistemas de drenaje y detección de fugas.

Sistemas de regulación y control

El disponer de un sistema centralizado de información continuada sobre las condiciones del proceso en tiempo real constituye una fuente básica para la identificación rápida de posibles fugas. Dicho sistema de información debe también canalizar todos los datos de los sistemas fijos de detección.

Lo deseable sería que desde el mismo lugar de recepción de tal información pudiera actuarse sobre los elementos clave de seguridad de la instalación (seccionamiento de parte de la instalación, transferencia de productos a lugares seguros etc.).

Sistemas de detección de fugas

Deberían instalarse una serie de detectores de funcionamiento continuo ubicados, tan cerca como sea posible, de las potenciales

fuentes de fugas gaseosas, siempre que nos encontremos en ambientes interiores.

La información que facilitan los detectores debe estar centralizada en un punto de control con presencia continuada al margen de que existan sistemas de identificación y alarma en la zona afectada.

La sensibilidad de los detectores será tan alta como sea necesario, para detectar bajas concentraciones con el menor número de falsas alarmas. Normalmente se regulan muy por debajo del nivel IPVS (Concentración Inmediatamente Peligrosa para la Vida y la Salud), con la finalidad de que haya el margen de tiempo suficiente para que entre en acción el plan de emergencia.

En el caso de gases o vapores inflamables la señal de alarma debería producirse al superarse el 20% del límite inferior de inflamabilidad.

Dada la limitación del empleo de unidades de medición continua de atmósferas peligrosas en ambientes exteriores, debe recurrirse a sistemas complementarios manuales. El empleo de tubos colorimétricos específicos y bombas de aspiración manual deben ser uno de los sistemas simples de comprobación periódica de pequeñas fugas. También en ocasiones suelen emplearse productos que mediante reacción química con la sustancia fugada originan un producto de reacción claramente identificable. Así p.ej. una solución amoniacal aplicada sobre un punto en el que exista una pequeña fuga de cloro, genera humos blanquecinos de cloruro amónico.

Revisión de la integridad física de la planta

Todo proyecto de instalación peligrosa debe ajustarse a normas y especificaciones de seguridad, controlando estrictamente que su montaje se realiza de acuerdo a las mismas.

Es necesario diseñar una serie de procedimientos de revisión y control de los diferentes elementos del sistema con funciones de seguridad. La información obtenida de estas inspecciones debería quedar convenientemente registrada para asegurar que durante el intervalo entre los diferentes controles su funcionamiento es satisfactorio. De los resultados de tales revisiones se debería ir ajustando el programa de mantenimiento.

La realización de auditorias periódicas por personal especializado sobre las condiciones de seguridad de la planta es una medida necesaria.

Deberían estar reguladas todas las intervenciones de personal foráneo a la planta a través de autorizaciones escritas de trabajo.

Revisión de la seguridad del proceso

Debería establecerse sistemas para el control de los diferentes factores de riesgo que puedan generarse en el proceso y que van desde el análisis de materias primas y demás productos que intervengan en el proceso hasta las propias condiciones de la instalación. Las bombas, las líneas de tuberías de proceso, las conexiones, juntas y materiales de estanqueidad deberían ser inspeccionados con frecuencia, si es que pueden generarse fugas peligrosas.

Debido a la implicación del error humano en instalaciones de proceso es necesario disponer de procedimientos escritos de trabajo en todas las operaciones críticas, en las que por actuaciones indebidas pudieran generarse situaciones de graves consecuencias. Los procedimientos de trabajo también serán revisados periódicamente para su actualización.

Sistemas de obturación de fugas

Se deberían prever medios materiales para el taponamiento u obturación de fugas en puntos críticos como por ejemplo las válvulas de salida de fluido de botellones móviles. A pesar de que dichas válvulas están protegidas frente a impactos la movilidad de tales recipientes y el uso continuado de apertura y cierre de dichas válvulas provoca que éstas sean un punto muy vulnerable a fugas, por ello es recomendable disponer de sistemas de encapsulamiento a presión mecánica de las mismas en situaciones de emergencia. Mediante parches o masillas especiales se pueden aislar pequeñas fugas.

También mediante un sistema de congelación de tuberías de diámetro pequeño puede contrarrestarse un escape de líquido. Para esto se puede usar la nieve carbónica aplicada en sistemas aislados, siempre que, su uso no sea contraproducente, por ejemplo, por generación de cargas electrostáticas ante sustancias inflamables. Otro congelante podría ser el nitrógeno líquido usualmente empleado como agente inertizante.

La limitación de estos sistemas de congelación está en el efecto fragilizante que pudiera tener sobre las tuberías.

Aplicaciones del agua ante fugas

El agua pulverizada es efectiva por tratarse de un diluyente universal, suele aplicarse tanto para solubilizar a gases/ vapores o líquidos que lo permitan, como para conferir sistemas de cerramiento del área afectada para limitar su difusión. Por otra parte, tiene sus limitaciones en especial ante los hidrocarburos insolubles, ya que por la menor densidad de éstos podría contribuir a propagar un derrame líquido.

La instalación fija de cortina de agua perimetralmente a un área expuesta a riesgo queda reservada por razones económicas y de efectividad a los depósitos y tanques de almacenamiento de gases licuados o gases más densos que el aire. También este sistema de aislamiento por cortinas de agua puede utilizarse como sistema de protección a las radiaciones térmicas de un incendio. El sistema de cortinas por agua requiere complementarse con los cubetos de retención.

En derrames de líquidos en los que se ha aplicado agua como diluyente es necesario considerar los problemas derivados del tratamiento y recuperación del agua contaminada.

En derrames de gases licuados, el empleo de cortinas de agua suele ser útil para el aislamiento de la dispersión pero puede ser posteriormente contraproducente porque al mezclarse facilita la evaporación. En tal situación es recomendable que el aporte de agua cubra perimetralmente el exterior del cubeto de retención, evitando la dilución del derrame. A su vez la cobertura del derrame contenido en el cubeto mediante espuma, limitará considerablemente su evaporación. Los monitores de espuma, en tal caso, deberían poderse manejar a distancia.

Sistemas de alerta y planes de emergencia

Es necesario disponer de sistemas fiables de comunicación en la planta para que todo el personal afectado por un escape pueda actuar correctamente según el plan establecido, habida cuenta que normalmente deberían de existir dos niveles de información. Un primer nivel de alerta para adecuar la instalación y advertir al personal y un segundo nivel de intervención para actuar el personal directamente implicado, neutralizando la emergencia y el resto del personal evacuando la planta.

Se establecerán las situaciones y los niveles de concentración ambiental en fugas gaseosas que permitan definir cuando y dónde se estará en situación de alerta y de intervención en emergencia.

Es necesario disponer de medios de información para conocer la dirección e intensidad del viento y de esta forma facilitar que el desplazamiento de las personas se realice alejándose de la nube contaminada.

Para facilitar la intervención del personal en el control de fugas y en situaciones de emergencia debería disponerse de equipos de protección personal adecuados que incluirán máscaras respiratorias buconasales con filtros específicos para bajas concentraciones de gases tóxicos y equipos respiratorios autónomos para intervenciones con atmósferas peligrosas. Los equipos respiratorios estarán ubicados en lugares seguros y fácilmente accesibles para el personal expuesto.

Se incluirá en la dotación de los equipos de protección personal para emergencia de las prendas necesarias según los tipos de riesgo. Todos los equipos de protección personal serán normalizados y dispondrán de los correspondientes certificados de calidad.

Las instalaciones industriales de alto riesgo deberían disponer de un plan de emergencia. Consultar al respecto las NTP 334- Planes de emergencia interior en la industria química y NTP 339- Divulgación de planes de emergencia interior a los trabajadores de la industria química

Prevención durante y después del montaje

Tras la realización del proyecto el montaje de la instalación es una etapa clave para evitar defectos y posibles fallos, siendo necesario complementar aquellos detalles especificados en el proyecto y realizando este bajo normas de reconocida solvencia.

A continuación se citan algunos puntos a considerar:

Control de compras y recepción de materiales

- El equipo a montar debe estar realizado con los materiales especificados.
- Se debería disponer de un sistema de control de calidad en la recepción de equipos y elementos.
- Cuando se empleen tuberías recuperadas deberá verificarse previamente que cumplan con las especificaciones del proyecto.

Prevención en el montaje

- Se procurará, en lo posible, evitar el montaje de tuberías subterráneas. En su defecto y cuando se trate de fluidos muy peligrosos debería considerarse la conveniencia de doble tubería u otros sistemas que eviten fugas incontroladas.
- La mano de obra empleada debería ser especializada en los trabajos a realizar.
- Las tuberías no se deben asegurar rígidamente (mediante soldadura o soportes) de tal manera que se impida la libre dilatación.
- Se debe verificar que los soportes y demás fijaciones de tuberías se encuentran libres de elementos que atasquen o impidan la dilatación del tubo.
- Se tiene que evitar que las tuberías estén en contacto con el suelo.
- Se deben evitar las conexiones roscadas (especialmente si el fluido es un GLP).
- Las tuberías no deben pasar a través de hoyos o depresiones del terreno que son susceptibles de encharcamiento.
- El final de las tuberías de salida de las válvulas de alivio no deberá estar cerca del suelo, con el fin de evitar que la suciedad o el agua helada lo taponen.
- Para prevenir las heladas, se deberán disponer los drenajes suficientes para poder vaciar las tuberías que transporten agua.
- Es conveniente la disposición de válvulas de purga previamente a las bombas.
- Hay que asegurar que no exista retenciones de agua entre superficies metálicas de las instalaciones de tuberías tales como entre la abrazadera y la tubería correspondiente.

Prevención después del montaje

- Hay que comprobar que se han quitado los soportes provisionales.
- Se comprobará que las derivaciones, manguitos y tapones provisionales han sido sustituidos por los elementos definitivos, soldados según indica el proyecto.
- Se deberá verificar que el equipo se ha instalado según el proyecto, respetando principalmente las direcciones de los fluidos

que tendrán que coincidir con las especificadas.

- La pendiente de las líneas de tuberías deberá ser la indicada en el proyecto para asegurarse así que podrá hacerse un vaciado total de las mismas, en caso necesario.
- Se debe comprobar que no existan finales de ramales de tuberías sin circulación donde podrían quedar retenidos restos de agua o líquidos corrosivos.
- En el caso de un tubo flexible de unión entre dos rígidos, p. ej. juntas de expansión, se deberá comprobar que los tubos rígidos hayan quedado bien alineados.
- Se verificará que las abrazaderas de fijación de los manguitos flexibles estén bien apretadas.
- Se comprobará que las tuberías no sufran vibraciones.

Bibliografía

(1) KLETZ, T.A.

Cheaper, Safer Plants

Industrial Chemical Engineering 1984

(2) LEES, F.P.

Loss Prevention in the Process Industries

Butterworths London, 1980

(3) PRUGH R.W. y JOHNSON, R.W.

Guidelines for vapor release mitigation

Center for Chemical Process Safety, AIChE Publication G-4, 1988

(4) ARTHUR D. LITTLE y LE VINE, R.

Guidelines for Safe Storage and Handling of High Toxic Hazard Materials

Center for Chemical Process Safety, AIChE Publication G-3, 1988

(5) PRUGH, RICHARD W.

Hazardous fluid releases: prevention and protection by design and operation

J. Loss Prevention Process Industries, 1992, Vol 5, nº 2

(6) KLETZ, TREVOR A.

The Prevention of Major Leaks. Better Inspection After Construction?

Plant / Operations Progress. Enero 1984. Vol 3, Nº 1