

“CONSIDERANDO LA SEGURIDAD DE MANERA TEMPRANA”

Carola Rawson, Cristina Szwed y Juan Martín Pandolfi

Tecna S.A.

Sinopsis

Normalmente, cuando se va a diseñar una planta de procesos, el mayor esfuerzo del equipo técnico del proyecto se concentra en la definición del proceso. Algunas veces, ello lleva a pasar por alto la importancia de la definición temprana de la filosofía de seguridad.

Debe reconocerse que el concepto de filosofía de seguridad incluye, entre otros, los códigos y normas a seguir, la definición de las zonas de incendio, los requisitos de distanciamiento entre equipos, los criterios de aislamiento, los niveles de shutdown, los criterios de reserva para equipos y repuestos, la clasificación de áreas eléctricas, la confiabilidad de los sistemas de control y seguridad de la planta y la selección de materiales, así como también la ubicación de los off-site.

Uno de los off-site con mayor impacto en la seguridad de la planta es el Sistema de Drenaje y Venteo, siendo de gran importancia encontrar, en forma temprana, las respuestas a interrogantes como: ¿Debe definirse más de un sistema de antorcha dependiendo de la presión, temperatura y compatibilidad química de las fuentes involucradas? ¿Existen reglamentaciones locales que deben cumplirse? ¿Deben considerarse características especiales relacionadas con la localización geográfica?

El presente trabajo tiene por objeto enfatizar los aspectos a tener en cuenta al definir la filosofía de seguridad de una planta, para luego concentrarse en el estudio de alternativas de Sistemas de Drenaje y Venteo, y suministrar consideraciones especiales al equipo técnico del proyecto a fin de que el tema se aborde de manera global.

Filosofía de Seguridad – Aspectos Fundamentales

La seguridad de una planta de procesos está basada en tres aspectos fundamentales: lay out, sistema de lucha contra incendio y filosofía de alivio. Cada uno de estos tres aspectos fundamentales debe ser tenido en cuenta al pensar en la “Filosofía de Seguridad” y ser definido al inicio del proyecto. Una definición tardía podría provocar condiciones desfavorables para la implementación de las decisiones que del análisis de ellos se desprendan y elevar así la condición de riesgo de la instalación.



Figura 1 – Filosofía de Seguridad

Lay Out

El Lay Out de la planta es uno de los aspectos que más se ve influenciado por la filosofía de seguridad. Existen algunas consideraciones esenciales que no deben ser omitidas al momento de definir el Lay Out, y que no resultan quizás, vinculadas de un modo evidente a la seguridad de la planta. En el siguiente esquema se presentan estas consideraciones:

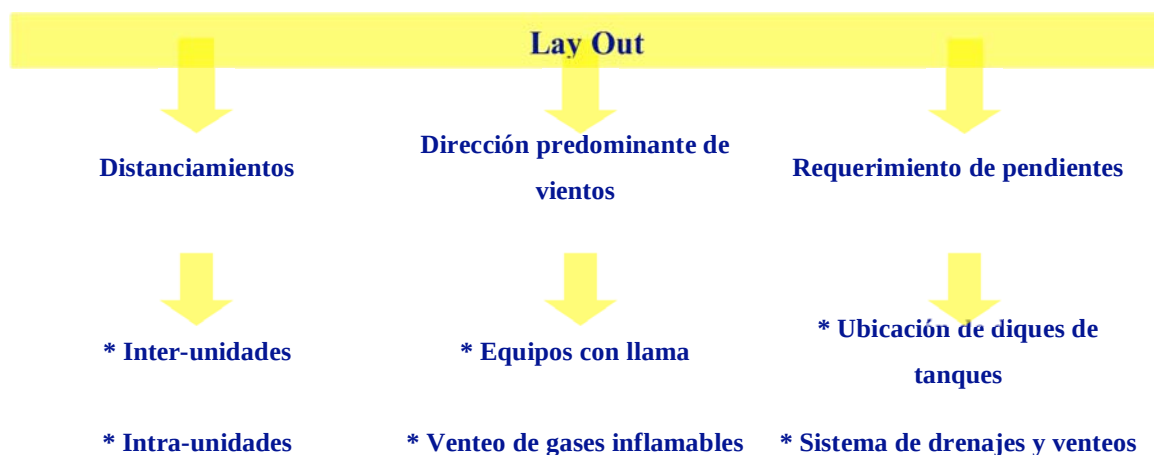


Tabla 1 - Influencias en Lay Out

La diferencia que hay que hacer entre distanciamiento inter-unidades y distanciamiento intra-unidades parte del concepto de zonas de aislamiento y el carácter más operativo o de mantenimiento al que responde el distanciamiento intra-unidades.

El **distanciamiento inter-unidades** tiene el propósito de delimitar zonas de aislamiento con el objeto de confinar los efectos de un siniestro y evitar su propagación de una zona a otra. La selección de zonas puede realizarse tanto por la naturaleza propia del proceso o por homogeneidad en cuanto al nivel de riesgo de los equipos involucrados. Por ejemplo, evaluando la naturaleza de los procesos, una unidad de endulzamiento dentro de una planta de tratamiento de gas podría definirse como una zona de aislamiento; lo mismo ocurriría con la unidad de propano. En el caso de homogeneidad respecto los niveles de riesgo, los equipos que operen con fluidos que no clasifiquen áreas eléctricas pueden agruparse y diferenciarse de aquellos que sí lo hacen. Las distintas zonas seleccionadas se aíslan unas de otras mediante válvulas de bloqueo actuadas de forma automática. La ubicación de estas válvulas en el lay out es lo que determina el límite físico de las zonas y el distanciamiento inter-unidades.

Por otra parte, la dimensión de una zona está relacionada con el sistema de lucha contra incendio. Debe considerarse que el área máxima que puede extenderse una zona debe ser tal que no supere la superficie que puede atacarse con los equipos fijos de lucha contra incendio que se dispondrá en la planta.

El **distanciamiento intra-unidades** está relacionado principalmente con los requisitos de acceso para cumplir con las necesidades tanto de construcción y montaje como para el mantenimiento y la operación. Tal es el caso de intercambiadores casco y tubo con mazos extraíbles, bombas y motores o compresores. A su vez deben considerarse condiciones particulares de seguridad vinculadas a la clasificación de áreas eléctricas en el caso de fugas de fluidos inflamables.

La **dirección predominante de vientos** debe conocerse antes de la definición del lay out para poder ubicar de modo seguro aquellos equipos que operan con llama abierta (hornos, calentadores de fuego indirecto o directo, antorchas) e incluso equipos con superficies a muy alta temperatura (reactores, motores a combustión) respecto de aquellos equipos con la posibilidad de venteo de gases inflamables (bridas, tanques, válvulas de seguridad con descarga atmosférica).

En líneas generales los equipos con llama o calientes deben ubicarse de frente al viento mientras que los equipos con posible emisiones de gases combustibles deben ubicarse aguas abajo de la dirección del viento. La ubicación de la sala de control, en caso que la misma cuente con equipos de aire acondicionado o presurización que tengan que tomar aire del exterior, también depende de la dirección predominante de los vientos.

El requerimiento de **pendientes** dentro del lay out está relacionado con la altura relativa que unos equipos deben tener respecto a otros y por los sistemas de drenaje y venteo. Para citar algunos ejemplos, siempre que sea factible se recomienda que los tanques de almacenaje se ubiquen en la zona más baja de la planta; los sistemas de drenaje que requieren flujo por gravedad requieren también sellos hidráulicos, y la ubicación de éstos en el lay out debe realizarse teniendo en cuenta la clasificación de áreas, de modo de no penalizar la clasificación de áreas innecesariamente. En el caso de drenajes presurizados, se intenta que los tanques sumidero estén ubicados lejos del resto de la planta. Esto se debe a que dichos equipos tienen cierto nivel de riesgo asociado por la vaporización de los hidrocarburos líquidos que ocurre a presión atmosférica, generando en consecuencia una atmósfera de gases inflamables, y por el riesgo que existe de que puedan presurizarse a raíz de una mala operación o una falla en el sistema de control.

Sistema de lucha contra incendio

El sistema de lucha contra incendio, a diferencia de la definición del lay out, no se relaciona con la seguridad de la planta de un modo preventivo, sino que está constituido por una cantidad de elementos con los que el operador debe contar para poder atacar de modo rápido y eficaz el origen de un siniestro.

Este sistema se alimenta de otros subsistemas que lo conforman, y que se dividen en sistema de detección de gas y fuego, elementos de protección pasiva y elementos de protección activa.

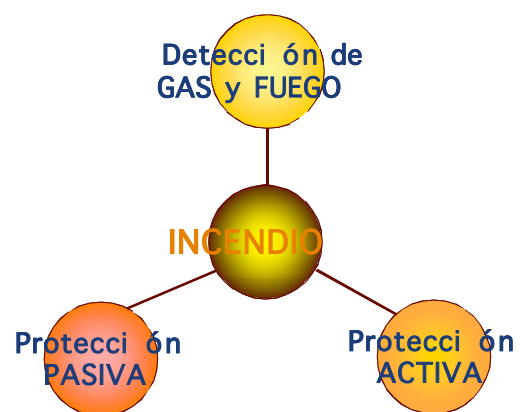


Figura 2 – Sistema de Lucha contra Incendio

La **detección de gas y fuego** por medio de detectores adecuados debe considerarse en toda la planta para que la misma pueda contar con la cualidad de ser segura. Como regla general, en la Tabla 2 se listan los puntos en los que, como mínimo, debe haber cada uno de estos detectores. Estas mínimas posiciones corresponden en general a los puntos más habituales de fuga o donde la ocurrencia de las mismas tengan mayor grado de criticidad. Por otro lado, como parte del sistema de detección de gas y fuego, se deben mencionar los pulsadores de aviso de incendio, que deben estar distribuidos en la planta de modo tal que sean de fácil acceso a los operadores, y las bocinas y balizas.

La **protección activa** puede ser tanto fija como móvil y se aplica directamente sobre el fuego ya iniciado. Dentro de las protecciones fijas se pueden mencionar los sistemas de rociado fijo que se instalan en tanques de almacenaje o acumuladores de LPG, los sistemas de espuma que se utilizan para ahogar el fuego en equipos que operen con hidrocarburos líquidos, los sistemas de extinción fijo de gas para las salas de motores, y los monitores e hidrantes. Las protecciones móviles son los equipos móviles de lucha contra incendio y los extintores portátiles.

Detectores de Fuego	Detectores de Gas
Galpones de compresores	Hornos y calentadores
Almacenamiento de LPG	Toma de aire acondicionado de la sala de control o de motores a explosión
Lugares confinados	Sellos de bombas de fluidos livianos y sellos de compresores

Tabla 2 – Detectores de Fuego y Detectores de Gas

La **protección pasiva**, como definición general, se aplica para evitar el colapso de equipos durante fuegos de corta duración o para evitar la propagación de fuego de una zona a otra. Como elementos de protección pasiva se pueden mencionar los muros cortafuegos que se utilizan alrededor de los equipos del sistema de espuma, el diseño de los sistemas de drenaje y los sellos hidráulicos que evitan la propagación de un incendio a través del mismo, los diques de contención en las playas de almacenaje y el fireproofing que se utiliza, por ejemplo, para recubrir las columnas de parrales o las cunetas de equipos.

Filosofía de alivio

La filosofía de alivio de la planta es el tercer aspecto fundamental de la seguridad que queda por analizar, pero no por ello menos importante.

Esta filosofía incluye una serie de criterios que deben ser adoptados y que impactan fuertemente sobre el desarrollo de todo el proyecto. Dentro de estos criterios los más importantes a definirse son:

- Protección por sobrepresión.
- Niveles de shutdown.
- Despresurización de zonas de aislamiento.

La despresurización se define a fin de no someter a los equipos de un modo simultáneo a altas temperaturas, que podrían producirse por un incendio, y altas presiones, que en ese caso de incendio simplemente serían las presiones de operación. En el caso que las zonas de aislamiento estuvieran correctamente definidas y se pudiera estar seguro de que no existirá propagación de fuego de una zona a otra, se puede definir una despresurización por zona y no penalizar el diseño de la antorcha con un caudal elevado a raíz de una despresurización total de planta.

Respecto a los niveles de emergencia, la definición más amplia que puede hacerse es la siguiente:

- Nivel 1: bloqueo o shutdown de equipos individuales
- Nivel 2: bloqueo o shutdown de una zona de aislamiento
- Nivel 3: bloqueo, en caso que hubiera más de una planta dentro de un mismo complejo, y shutdown de planta
- Nivel 4: sería un Nivel 3 adicionando la despresurización de la zona de aislamiento.

Para poder distinguir niveles de emergencia es preciso que en la planta estén claramente definidas las zonas de aislamiento, de este modo, se dispone de las válvulas de bloqueo necesarias para poder aislar los distintos equipos o unidades.

Existen distintos escalones dentro del control de la planta de proceso para mantenerla en los límites normales de operación previos al accionamiento de las protecciones por sobrepresión. De algún modo, estos escalones pueden definirse de la siguiente manera:

- El primer escalón constituido por las alarmas del sistema de control que informan de los desvíos de los parámetros de operación.
- El segundo escalón constituido por el control de sobrepresión que actúa tratando de mantener la operación dentro de ciertos límites aceptables.
- El tercer escalón constituido por el sistema de seguridad de la planta que, en función de los niveles de emergencia que se hayan definido, actúa bloqueando y despresurizando la misma.

Cuando estos escalones son superados por una determinada contingencia, se requiere del accionamiento de las protecciones por sobrepresión. Dentro de estas protecciones las mayormente utilizadas son las válvulas de seguridad. Sin embargo, el mismo diseño mecánico puede ser considerado una protección por sobrepresión. Este sería el caso en que todo un sistema está diseñado a la máxima presión que pudiera existir dentro de los límites del mismo o la presión de diseño del sistema aguas arriba. La elección entre diseñar a la máxima presión de diseño o utilizar válvulas de seguridad para poder escalonar las presiones de diseño es una decisión económica, que puede a veces, estar influenciada por el tipo de planta y si la misma va o no a estar atendida por operadores.

Sistemas de Drenaje y Venteo – Análisis y Alternativas

Habiendo mencionado los aspectos fundamentales que componen, y deben analizarse con el fin de realizar un diseño seguro, la filosofía de seguridad de una planta, vamos ahora a enfatizar en los sistemas de drenaje y venteo y ver cómo cada uno de ellos está íntimamente relacionado con los tres aspectos antes mencionados. Estos sistemas se proveen a los fines de reducir las emisiones de gas y los residuos líquidos.

Sistema de drenaje

El sistema de drenaje tiene el propósito de canalizar y conducir los fluidos de la instalación fuera de los límites de la zona de proceso hacia la zona de recuperación, tratamiento y disposición final. Las principales fuentes y usos del sistema de drenajes son el vaciado de equipos y cañerías, las purgas de instrumentos, la recolección de derrames dentro de los sistemas de contención y la recolección del agua de lluvia y de deshielo como así también el agua eventualmente aportada por el sistema de lucha contra incendio. Por su naturaleza los sistemas de drenaje son de servicio discontinuo y están fuera de operación la mayor parte del tiempo. Sin embargo, debido a sus funciones es el sistema de mayor cobertura dentro de la planta y a partir del cual pueden comunicarse áreas remotas de las instalaciones.

Por su principio de operación estos sistemas pueden clasificarse en drenajes presurizados y no presurizados. Los sistemas presurizados son aquellos en los que los fluidos son conducidos por diferencia de presión, con lo cual no poseen por lo general requerimientos de pendiente. Los sistemas no presurizados son aquellos en los que los fluidos son conducidos por la diferencia de nivel siendo en este caso mandatoria la pendiente.

Presurizado	No presurizado
- Fluidos Corrosivos - Fluidos Recuperables	- De áreas clasificadas - De áreas no clasificadas - Aguas oleosas - Pluvial - Fluidos Recuperables

Tabla 3 – Tipos de drenajes

La selección de los tipos y cantidad de sistemas de drenaje en una planta de proceso está determinada por las condiciones de la fuentes que van a alimentarlos. Los principales factores que deben tenerse en cuenta son presión, temperatura, inflamabilidad, compatibilidad química, impacto a la salud y medioambiente. Además deben considerarse la posibilidad de recuperación de algunos fluidos y los requisitos de tratamiento de los efluentes colectados.

Los sistemas de drenajes no presurizado se encuentran normalmente abiertos a la atmósfera en algún punto, ya sea mediante un embudo o una pluma de venteo, pudiendo dar lugar a través de los mismos al

ingreso o la propagación de mezclas explosivas, agentes químicos peligrosos o incompatibles con otros productos, o permitiendo el avance de un frente de llama. Por este motivo los sistemas de drenaje no presurizado cuentan habitualmente con sellos hidráulicos que tienen el propósito de impedir este tipo de eventos.

Los sellos hidráulicos deben ser considerados como parte del sistema de seguridad. Su adecuada ubicación dentro de las áreas de la planta, como así su correcto mantenimiento e inspección, es esencial para la protección de la instalación. La falta de un sello o su incorrecta operación podría poner en peligro a toda la planta.

Para la ubicación de los sellos hidráulicos deben ser consideradas las zonas que estarán potencialmente comunicadas. Habitualmente se ubican en cada uno de los ingresos al colector de drenajes principal y cada cierta longitud de colector para minimizar los volúmenes de mezcla explosiva.

Existen diversos esquemas de sellos hidráulicos que pueden considerarse. El principal criterio para adoptar un esquema u otro depende del origen del fluido y su forma de colección (embudo, canalización) como de su destino (sumidero enterrado, pileta). En este sentido el punto de apertura del drenaje no presurizado debe ser considerado con especial atención en lo que respecta a la clasificación de áreas eléctricas. Por este motivo se trata de evitar el uso de embudos para las purgas de instrumentos y se tiende a la canalización cerrada.

Debe prestarse especial atención a las condiciones de operación de los sellos hidráulicos y el sistema de drenaje abierto en general ante la posibilidad de taponamientos por congelamiento o suciedad, ya que es un servicio que requiere una alta disponibilidad.

Sistema de Venteos

Los sistemas de venteo tienen el propósito de coleccionar, conducir y disponer de los alivios de presión de la instalación. Las principales fuentes de alimentación a este sistema son los venteos controlados de proceso, la despresurización manual para el vaciado de equipos, las válvulas de blowdown (BDV) y las válvulas de seguridad (PSV).

Este sistema es de vital importancia para el manejo seguro de los eventos que desencadenan sobrepresiones en las instalaciones. Debido a su funcionalidad este sistema debe estar siempre disponible, particularmente durante la ocurrencia de una contingencia, por lo cual forma parte de uno de los sistemas críticos de la instalación.

Por lo general las corrientes que alimentan al sistema de venteo suelen arrastrar líquidos. La posibilidad de que estos líquidos se acumulen en puntos bajos dando lugar al taponamiento del sistema de venteo hace que sea deseable evitar que las líneas de conducción, tanto los colectores como los subcolectores, formen bolsillos favoreciendo, en cambio, que tengan siempre pendiente hacia un recipiente en el cual se separan los líquidos asociados. Una vez que los líquidos son separados del sistema de venteo los gases son enviados al sistema de disposición final, el cual consiste habitualmente en la quema del gas.

Entre los tipos de sistema de quema que pueden utilizarse normalmente se encuentran las antorchas verticales, las antorchas de piso, los pozos de quema y antorchas cerradas. La selección de un determinado tipo de antorcha está relacionada a las necesidades particulares del proyecto como pueden ser caudales y tipos de fluido a aliviar, espacio disponible de implantación, niveles aceptables de radiación y de ruido, disponibilidad de servicios auxiliares, el impacto ambiental y la proximidad de poblaciones.

Venteos
- De alta presión - De baja presión - Venteos Fríos - Venteo Calientes - Venteos Acidos

Tabla 4 – Tipos de venteos

Conjuntamente a estas consideraciones deberá tenerse en cuenta para definir si se requiere o no segregar los sistemas de venteo la compatibilidad química entre los fluidos a aliviar y las diferentes presiones y/o temperaturas de operación dentro de la instalación.

Respecto de los materiales deberá considerarse, además de las características de los propios fluidos y sus condiciones de operación, los eventos de despresurización. En esta situación es posible alcanzar temperaturas más bajas que las encontradas normalmente en el proceso pudiendo requerirse el uso de materiales especiales.

Al momento de definir la ubicación de la antorcha del sistema de venteo deben considerarse los niveles de radiación generados por la llama y la orientación de los vientos predominantes. La antorcha debe estar ubicada de manera de evitar que una fuga de gas en la planta llegue hasta la llama abierta. Este hecho, asociado a los requisitos de pendientes, hace que el impacto del sistema de venteos sobre el layout sea de gran peso.

Conclusión

En el desarrollo del trabajo se han mencionado algunos de los aspectos más importantes que deben analizarse, no obstante cada proyecto requerirá de un estudio detallado a fin de obtener un diseño seguro bajo las condiciones de borde particulares del mismo.

Dentro de las condiciones de borde siempre habrá un factor económico asociado a cada una de las decisiones que se tomen, no debiendo bajo ningún punto de vista, supeditar la seguridad al mismo.

De acuerdo a lo expuesto existen una serie de conceptos relacionados a la seguridad que deben ser definidos previamente al desarrollo de la ingeniería de una planta de proceso. La definición temprana de estos conceptos permitirá al final del proyecto contar con una instalación en donde la seguridad esté cubierta adecuadamente de forma de reducir al mínimo el riesgo.