

A large industrial facility, possibly a refinery or chemical plant, is shown at sunset. The sky is a mix of orange, pink, and blue. In the foreground, there are several large, blue, dome-shaped storage tanks. The background is filled with complex piping, scaffolding, and various industrial structures, some of which are illuminated by warm lights. A green diagonal shape on the left side of the image contains the main text.

Ensayos adiabáticos con bajo factor Phi en DEKRA: Analizar los escenarios más desfavorables para establecer una base de seguridad



...la clave fundamental
para evitar repetir errores
del pasado y poder operar
tu proceso con seguridad
y confianza reside en un
**diseño de proceso
seguro, robusto y
adecuado.**

Introducción

Durante décadas, la industria química ha proporcionado innumerables y preocupantes recordatorios sobre los riesgos extremos que pueden derivarse de las reacciones químicas. Estos peligros son omnipresentes en el sector, y es responsabilidad de todos los fabricantes de productos químicos asegurar que sus riesgos se gestionen de manera adecuada, tal como lo exigen legislaciones como Seveso III (UE), RMP (EE. UU.) y COMAH (Reino Unido).

El peligro puede manifestarse como una parte intrínseca de la reacción deseada (p. ej., polimerizaciones) o como una reacción inesperada (p. ej., descomposición térmica). En ambos casos, la clave para evitar la repetición de errores pasados y llevar a cabo el proceso de manera segura radica en un diseño de proceso que sea seguro, robusto y apropiado, lo cual no se puede alcanzar sin una comprensión exhaustiva de los riesgos asociados al proceso.

La base de una evaluación exhaustiva de los riesgos potenciales que presenta un proceso es un análisis de riesgos HAZOP. Uno de los elementos más cruciales de esta técnica es la información sobre los factores que generan los peores escenarios posibles y cuál sería el resultado de dichos eventos. Estos eventos deben ser identificados, comprendidos en su totalidad y mitigados de manera efectiva mediante los controles adecuados antes de la puesta en marcha de un proceso. Para ello, se requieren pruebas adiabáticas que sean representativas de las condiciones de la planta.

El equipo de Seguridad de reacciones químicas de DEKRA se especializa en proporcionar datos de pruebas adiabáticas de alta calidad a los clientes, lo que les permite cuantificar sus escenarios y diseñar los sistemas de seguridad apropiados.





Los sistemas de venteo de emergencia pueden constituir un pilar fundamental de la seguridad, sin embargo, la selección y el diseño del sistema deben fundamentarse en **datos empíricos**.

Comprender los escenarios más adversos

Los escenarios más adversos suelen implicar el calentamiento descontrolado de un material o una mezcla de reacción, ya sea a través de una reacción exotérmica o un calentamiento forzado (por ejemplo, un incendio externo o una válvula de paso), lo que conlleva un aumento exponencial de la presión de vapor o la generación de gases no condensables. En última instancia, el principal riesgo se convierte en una sobrepresión peligrosa, que puede llevar al reactor fuera de su rango de operación seguro y provocar la liberación de material inflamable o tóxico del reactor y, en el peor de los casos, una fallo catastrófico del reactor. Ambas situaciones pueden resultar en lesiones graves o la muerte del personal y de la comunidad circundante, así como en daños irreparables a equipos valiosos y a la reputación de la empresa.

El diseño seguro de un reactor siempre requiere la implementación de dispositivos y procedimientos de seguridad efectivos, como alivio de presión de emergencia y/o un mecanismo eficaz para controlar una reacción descontrolada. Los sistemas de alivio de emergencia pueden formar parte de la base de seguridad, pero la selección y el diseño del sistema deben basarse en datos empíricos adecuados. Confiar únicamente en los datos de la reacción deseada o en datos de calorimetrías básicas (screening) para caracterizar eventos exotérmicos y utilizarlos posteriormente en el diseño de sistemas de seguridad es insuficiente, debido a la posibilidad de reacciones secundarias imprevistas a temperaturas elevadas, que pueden ser significativamente más lentas o pasar totalmente desapercibidas en ensayos de screening como la Calorimetría de Tasa Acelerada (ARC).

En un sistema adiabático ideal, el 100 % de la energía de una reacción se destina a calentar el producto en el interior del reactor. No obstante, en la práctica, el calentamiento del propio reactor consume parte de la energía, lo que provoca una desviación del comportamiento verdaderamente adiabático. El factor phi define la relación entre la capacidad calorífica total del sistema y la capacidad calorífica de la muestra; un valor de 1 indica un sistema verdaderamente adiabático en el que no se transfiere calor al reactor. Los reactores a escala de producción suelen presentar un factor phi ligeramente superior a 1, por lo que las pruebas de laboratorio deben ajustarse a estos valores con la mayor precisión posible para que sus datos sirvan como base de seguridad. Además, es fundamental minimizar la pérdida de calor al entorno para reflejar la baja tasa de disipación de calor de un reactor a escala de producción, dada su reducida relación superficie/volumen.

Los ensayos adiabáticos de bajo factor Phi realizados por DEKRA se consideran representativos de los escenarios en planta, por lo que representativos para simular la situación de forma segura a escala de laboratorio. Las tasas de presión, las tasas de temperatura, los aumentos de temperatura adiabática y los datos de gas permanente obtenidos de estos ensayos son directamente escalables, lo que permite utilizar los datos para los cálculos de dimensionamiento de venteos de emergencia según los estándares del Design Institute for Emergency Relief Systems (DIERS).



La realización de los ensayos es flexible y puede adaptarse a **materiales corrosivos, de alta viscosidad o eventos de descomposición extremadamente gaseosos.**

Nuestras capacidades

DEKRA cuenta con capacidad para realizar ensayos adiabáticos en 2 sistemas diferentes:

Calorímetro adiabático Dewar

El Dewar consiste en un matraz de vacío sellado contenido dentro de un horno, que permite seguir de manera adiabática los eventos exotérmicos que ocurren dentro del sistema del matraz. Los agitadores mecánicos intercambiables hacen que el Dewar sea adecuado para ensayar materiales de alta viscosidad, fluidos espesos o mezclas bifásicas, y el par de torsión del agitador puede controlarse para observar cambios en la viscosidad durante un ensayo. También se puede aplicar enfriamiento directo a la muestra, lo cual es útil para probar escenarios de reacción a temperaturas inferiores a 20°C con acumulación parcial o para simular una pérdida de refrigeración dentro de un lote.

VSP2

El VSP utiliza una celda de ensayo metálica aislada, rodeada por un sistema de calefacción que sigue de manera adiabática cualquier evento exotérmico. El conjunto se encuentra dentro de un recipiente de contención que puede presurizarse automáticamente para minimizar la diferencia de presión con la celda. Esta compensación de presión permite al VSP realizar ensayos a alta presión con facilidad, permitiendo además que la celda de ensayo tenga paredes delgadas, lo que resulta en un factor Phi muy bajo (típicamente ~1,1) y en datos excelentes para el dimensionamiento de venteos de emergencia. El ensayo también requiere una cantidad relativamente pequeña de muestra (<100 mL), lo que puede ser una opción económica para ensayar materiales de alto valor.

Los montajes para ambos ensayos son muy flexibles y pueden configurarse para adaptarse a:

- Materiales corrosivos
- Adiciones dosificadas en semi-batch
- Adiciones a presiones elevadas
- Adiciones de gas
- Materiales de alta viscosidad
- Eventos de descomposición extremadamente gaseosos

Esto permite que los sistemas repliquen una amplia gama de escenarios, que incluyen, pero no se limitan a:

- Pérdida de refrigeración o agitación
- Reacciones en lote completo y otros escenarios de acumulación
- Dosificación incorrecta de reactivos
- Contaminación del lote
- Calentamiento forzado

Los modos de calentar-esperar-buscar pueden **detectar y seguir** eventos de descomposición térmica.

- Los modos de calentar-esperar-buscar pueden detectar y seguir eventos de descomposición térmica.
- También se pueden realizar ensayos de temperado para simular los escenarios de venteo y determinar la efectividad del enfriamiento latente de la mezcla.
- Los ensayos de blowdown permiten caracterizar el regimend de flujo bajo condiciones de venteo como monofásico (gas/vapor o líquido) o bifásico.
- Se pueden realizar ensayos de quench para confirmar la viabilidad de dichos métodos de protección.

Tener conocimiento de los materiales de descomposición generados por una reacción descontrolada también es relevante para comprender y gestionar las posibles consecuencias de una liberación. DEKRA puede realizar una variedad de técnicas analíticas para ayudar a identificar los gases liberados durante un evento y el material residual que queda. Se pueden emplear espectrometría de masas, GC-MS, GC-TCD y otras técnicas para identificar los gases generados durante la descomposición. Posteriormente, la muestra restante también puede someterse a espectroscopía NMR para determinar la composición del material residual.



Fig. 1 Calorímetro Adiabático Dewar

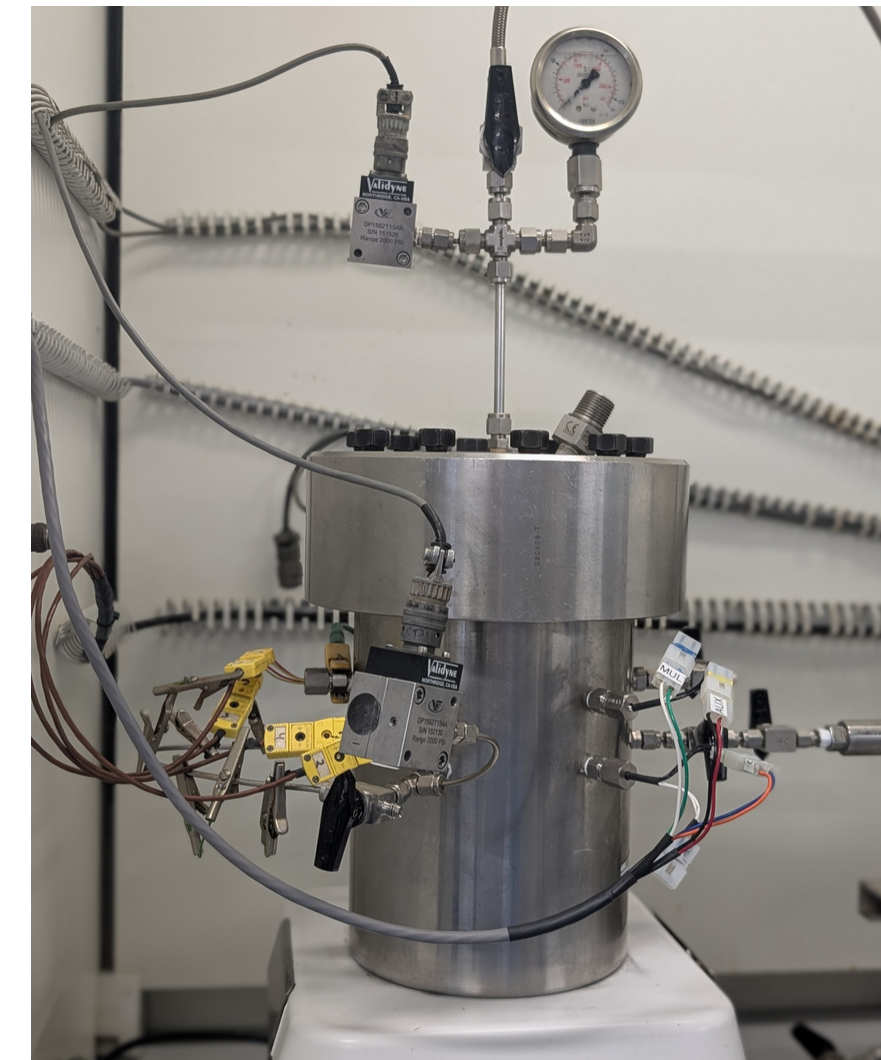


Fig. 2 VSP2



[...] utilizando un enfoque altamente detallista para garantizar que todas las necesidades de su proyecto se cumplan de manera **eficiente y satisfactoria**.

Servicios de consultoría

El equipo de consultoría de DEKRA ofrece una gran experiencia y conocimiento en la gestión de desafíos de ingeniería complejos y en la entrega de resultados de primera clase a los clientes. Gracias a su competencia en el análisis de la química de procesos, nuestro equipo puede colaborar con usted para ayudarle a identificar, comprender y controlar mejor los posibles riesgos en su proceso.

DEKRA ofrece los siguientes servicios de consultoría:

- Evaluación de riesgos de reacciones químicas: Evaluación de los riesgos asociados con la manipulación de materiales químicos.
- Modelización de consecuencias: Cuantificación de incendios, explosiones, liberación de gases y efectos sobre la salud. Diseño y análisis de ensayos de laboratorio.
- Selección y diseño de salvaguardias: Diseño de barreras de seguridad fiables: alivio de presión, protección contra incendios, detección de gases, sistemas instrumentados de seguridad (SIS).
- Riesgos de explosión y grandes peligros: Cumplimiento de normativas (ATEX, SEVESO, OSHA, NFPA), mejores prácticas y más allá.
- Gestión de la seguridad de procesos (PSM): Implementación, seguimiento, auditoría y mantenimiento de programas.
- Análisis de peligros de procesos (PHA): Identificación de escenarios de fallo y evaluación del riesgo mediante metodologías de seguridad de procesos y evaluación de riesgos, incluyendo HAZOP, LOPA y ALARP.
- Demostración y Evaluación de Riesgo en Edificios Ocupados (OBRA).
- Seguridad funcional (SIL).
- Investigación de incidentes / Testimonio: Garantizar la comprensión de las causas técnicas y fundamentales para prevenir recurrencias.

Nuestros consultores trabajan en estrecha colaboración con el personal del laboratorio, utilizando un enfoque altamente detallista para garantizar que todas las necesidades de tu proyecto se cumplan de manera eficiente y satisfactoria.



Al utilizar nuestros servicios tanto de **consultoría como de ensayos**, DEKRA puede ofrecer la solución que necesita para establecer una base de **seguridad** adecuada para tu **proceso**.

Conclusión

Establecer un nuevo proceso presenta muchos desafíos, entre los que destaca alcanzar un alto nivel de seguridad mediante el diseño e implementación de controles y medidas de protección que hagan que el riesgo presentado por un escenario de peor caso sea lo más bajo posible de manera razonablemente práctica. Al utilizar nuestros servicios tanto de consultoría como de ensayos, DEKRA puede ofrecer la solución que necesita para establecer una base de seguridad adecuada para tu proceso.

Nuestro equipo reconoce la importancia de preservar la confidencialidad del cliente y de proporcionar una solución de manera oportuna. Tanto si tu proyecto requiere una respuesta rápida como si dispones de un calendario más amplio, podemos ofrecer opciones de entrega flexibles que se adapten a tus plazos específicos, sin comprometer la calidad. Con nuestra opción de entrega ultra-rápida, los resultados pueden entregarse en cuestión de horas en lugar de semanas, asegurando que tus operaciones continúen funcionando sin problemas y nunca se vean en riesgo de retrasos.



DEKRA Organisational & Process Safety Contacto

DEKRA Organisational and Process Safety es una consultora especializada en seguridad de procesos y cambio de comportamiento. Trabajando en colaboración con nuestros clientes, nuestro enfoque consiste en evaluar la seguridad de los procesos e influir en la cultura de seguridad con el objetivo de generar un impacto positivo.

En cuanto al cambio de comportamiento, proporcionamos las habilidades, métodos y motivación para transformar las actitudes de liderazgo, los comportamientos y la toma de decisiones de los empleados. Nuestro objetivo es apoyar a nuestros clientes en la creación de una cultura de cuidado y en la mejora sostenible y medible de los resultados en seguridad.

La amplitud y profundidad de nuestra experiencia en seguridad de procesos nos convierte en especialistas reconocidos a nivel mundial y en asesores de confianza. Ayudamos a nuestros clientes a comprender y evaluar sus riesgos, y trabajamos conjuntamente para desarrollar soluciones pragmáticas. Nuestro enfoque práctico y generador de valor integra gestión especializada de seguridad de procesos, ingeniería y ensayos. Buscamos educar y aumentar la competencia de nuestros clientes para proporcionar mejoras de rendimiento sostenibles. Asociándonos con nuestros clientes, combinamos experiencia técnica con pasión por la preservación de la vida, la reducción de daños y la protección de los activos.

Somos una unidad de servicios de DEKRA SE, líder mundial en seguridad desde 1925, con más de 48.000 empleados en 60 países y cinco continentes. Como parte de la organización experta líder en el mundo, DEKRA, somos el socio global para un mundo seguro. Contamos con oficinas en América del Norte, Europa y Asia.

Para más información visita
www.dekra.es

[¿Quieres más información?](#)

[Contáctanos](#)