

OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO DE RIESGOS BASADA EN LA SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO

**Ing. Rodolfo Sebastián Leza
Ing. Andrés Artopoulos**

Leza, Escriña y Asociados S.A.



1. SINOPSIS

Se trata de reducir la exposición a riesgos en plantas de proceso en funcionamiento (“up stream” y “down stream”), con las limitaciones que ello supone por “situaciones de hecho”, como diseño, espacio, estado de conservación y recursos, entre otros.



Para ello existen diversas alternativas: métodos analíticos (Ej. HAZOP, análisis cuantitativo de riesgos), o bien métodos más sintéticos tales como benchmarking y check lists. Sugerimos un planteo intermedio, semicuantitativo, que evalúe la situación actual de la planta ante eventos probables.

La metodología propuesta se basa en la evaluación de los escenarios de riesgo considerando el desempeño de los medios existentes, recurriendo a ensayos de performances y simulaciones de eventos, utilizando modelos matemáticos probados para escenarios tales como incendios, explosiones, “jet fires”, nubes de gases tóxicos, entre otros.

Los escenarios se seleccionan a partir de análisis previos desarrollados por la planta (HAZOP, directivas tipo SEVESO) y/u otros propuestos por nosotros en base a una adecuada relación entre frecuencia e intensidad.

Los modelos de simulación son similares a los utilizados evaluar pérdidas catastróficas, pero en este caso están dirigidas a otro objetivo.

En el primer caso se simulan accidentes más graves que pueden afectar locaciones o urbanizaciones vecinas, mientras que aquí proponemos planificar acciones y medios para evitar que eventos escalen a niveles de catástrofes.



Las simulaciones propuestas plantean umbrales de radiación térmica, sobre presiones y niveles de productos tóxicos que limitan la acción de las brigadas y hasta la integridad de los sistemas de protección.

Como resultados y aplicaciones más frecuentes de esta metodología mencionamos, entre otras, las siguientes:

- Fijar prioridades para asignar inversiones en sistemas de protección contra incendios y explosión.
- Pre-planificar la actuación de brigadas frente a escenarios.
- Suma un valor agregado para el entrenamiento del personal de planta.
- Detección de falencias en equipamiento, personal adiestrado, recursos de agua, otros elementos extintores y logística, entre otros.
- Recomendación de mejoras y criterios de prioridades para su implementación.

Leza, Escriña y Asociados S.A. (LEA) incorpora, además, los requerimientos de los aseguradores, con quienes mantiene un contacto profesional que le permite interpretar el alcance de los mismos en beneficio de las condiciones de los seguros.

2. INTRODUCCIÓN

Como introducción, entendemos oportuno plantear la problemática a partir de los interrogantes que se plantean habitualmente cuando imaginamos distintos escenarios de incendio en las instalaciones de una planta de procesos.

Tenemos una vista aérea de un parque de tanques, incluido un canal de agua, calles internas, edificios con decenas de personas trabajando en su interior.

Ante un incendio en uno de los tanques, se plantean los siguientes interrogantes:

- Que consecuencias tiene una explosión de un tanque?.
- Tiene capacidad la instalación para contener el derrame del 80% de su capacidad? (Como afecta el agua que se observa en el interior de algunos recintos de contención).
- Se cumplen las distancias entre tanques y entre tanques y edificios según normas API. Como afectaría a los mismos un incendio de un tanque en el caso más desfavorable?.
- Los tanques cuentan con instalaciones fijas de refrigeración reglamentarias?. Alcanzan el caudal de refrigeración para el que fueron diseñados?. Hay medios adicionales para refrigerarlos en caso necesario? Se dispone de los caudales y presiones necesarias?.
- Se dispone de los bloqueos a distancia necesarios?. Son los bloqueos accesibles en caso de siniestro?.
- En que condiciones están las instalaciones y logística para la espuma a fin de sofocar el incendio en el recinto?.
- Son suficientes las reservas de agua, sistemas de bombeo y las cañerías de incendio?. Se han sometido a pruebas de performance?. Con qué resultado?.
- Se dispone de los recursos humanos?. Es necesario suplirlos con instalaciones fijas?. De que tipo y características?.



Fig.1: Imagen tomada de la Estrategia para la planificación y abordaje de emergencias en áreas industriales, por el Ing. Mufid Houmeidan, Universidad de Texas A&M USA

Estas dudas que planteamos sobre la performance de las instalaciones de control de incendios en la playa de tanques se repite para otros sectores de las plantas de proceso.

En las plantas en las cuales no ha tocado intervenir hemos comprobado que en general se conocen los eventos más probables y los accidentes más críticos que pueden suceder, tales como incendios, explosiones, nubes de gases y otros.

Asimismo, la mayor parte de los profesionales involucrados en la problemática, conocen la posibilidad de ocurrencia de estos eventos potenciales, a través de análisis HAZOP (u otros equivalentes) realizados previamente.

Es frecuente, incluso, que se simulen los eventos más graves, en especial en las instalaciones alcanzadas por normativas de evaluación de accidentes graves (Seveso II y otras), simulaciones que están orientadas a evaluar las consecuencias de estos eventos (muchas veces en forma cuantitativa como curvas probabilidad-fatalidad) y planificar las contingencias para atender las emergencias.

El mercado de seguros tiene un papel muy importante en la investigación y simulación de los accidentes más graves para el cálculo de las pérdidas máximas estimadas, pues el seguro es una transferencia de los riesgos de distintas actividades a un mercado financiero que requiere conocer su grado de exposición a los riesgos e indemnizaciones que asume, de modo de poder disponer de las reservas necesarias.

Sin embargo, pocas veces se simula las primeras etapas de estos escenarios de mayor probabilidad, desconociéndose muchas veces las consecuencias más probables y que tratamientos darles. En especial se trata de pre-planificar las acciones operativas y de control que ayudarán a prevenir que estos accidentes devengan en escenarios catastróficos.

Sólo en contadas excepciones hemos observado simulación de la prestación de los medios de protección frente a estos eventos, incluyendo la prestación de la protección pasiva (resistencia de estructuras) o activa (cantidad de personal requerido, tiempo de respuesta, cantidad de agua, cantidad de emulsor, cantidad de medios móviles, logística, entre otras).

En los últimos años diversos aseguradores han planteado la necesidad de compensar la disminución de plantales y personal disponible para detectar y combatir el fuego, con mejoras en la planificación de las acciones e inversiones en sistemas fijos de protección.

Por otra parte, el desarrollo de normas basadas en la performance en reemplazo de normas prescriptivas exige – cada vez más – la simulación de eventos posibles y aumentar las exigencias a los medios de control prescriptos, en caso que la simulación muestre deficiencia de los mismos en alcanzar la performance que se pretende.

La mayor parte de las veces la performance pretendida es la requerida para:

- Controlar el evento dentro de los límites de una cierta pérdida material y de tiempo (lucro cesante).
- Limitar la exposición a fatalidades.
- Limitar la exposición a daños ecológicos.
- Limitar la afectación de locaciones linderas o urbanizaciones.

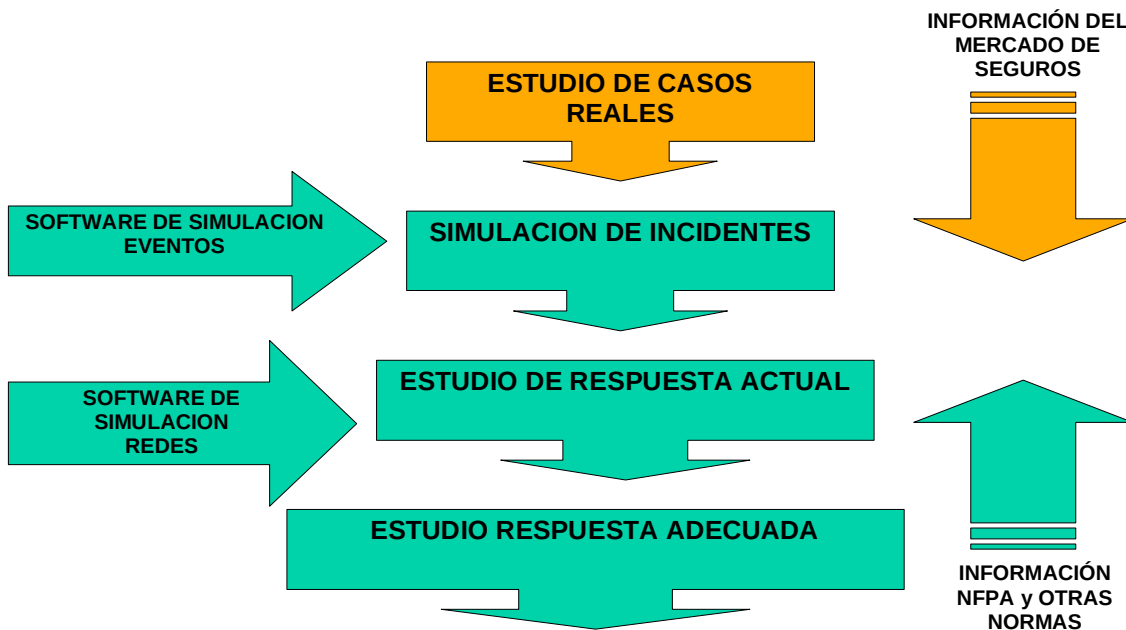
El documento propone una metodología probada para alcanzar el objetivo planteado de mejorar la planificación y priorizar inversiones en mejoras, brindando simultáneamente un ejercicio de reflexión y análisis que constituye un importante capital a la hora de la acción.

3. DESARROLLO

En la experiencia de LEA, los mejores resultados se obtienen trabajando en estrecha relación con el personal de las plantas, con lo cual se logra: un resultado acorde a las reales necesidades, y lo que no es menos importante, un compromiso del personal de planta para concretar las acciones resultantes del estudio.

3.1 Metodología propuesta

El siguiente cuadro esquematiza la metodología empleada:



La secuencia que hemos seguido para el logro de estos objetivos, es la siguiente:

1. Estudio de antecedentes siniestros a partir de estadísticas propias de las plantas, documentos del mercado de seguros y otras publicaciones.
2. Reunión de la información básica: planos generales de implantación (equipos) de las instalaciones a analizar, planos y especificaciones de la red y elementos de defensa contra incendio, P&I simplificados de los procesos, tabla con los datos de las variables físico químicas que requiere cargar el input del modelo, inventarios de hidrocarburos en plantas de proceso y almacenaje, records históricos de accidente e incidentes, Hazops realizados sobre las unidades o plantas a analizar, comportamiento de los vientos expresado en direcciones, frecuencia e intensidad, entre otros.
3. Visita de inspección original de las instalaciones con personal de operación y seguridad contra incendio de las plantas.
4. Estudio y selección de las hipótesis de eventos a plantear de acuerdo a su gravedad y frecuencia pre evaluadas. Planteamos distintas posibilidades, como por ejemplo incendios con derrames no confinados en recipientes, bombas de carga y equipos críticos; escape de gases tóxicos y/o inflamables; dardos de fuego; explosiones. Éstas últimas es necesario plantearlas

porque pueden condicionar las acciones a seguir de acuerdo a los daños que produzcan en las instalaciones de producción, de servicios y en los sistemas contra incendio.

5. LEA propone la discusión en la Planta de su equipo de trabajo con los responsables de la operación y seguridad contra incendio para consensuar las hipótesis de trabajo a seleccionar para modelar, de acuerdo a la complejidad y extensión de la unidad analizada.
6. Se cargan en el soft del modelo las variables correspondientes a cada hipótesis y se hacen “correr” los modelos para obtener los resultados (trabajo de gabinete), entre otros: productos y sus proporciones, inventarios, presión, temperatura, peso molecular, diámetro equivalente del orificio de salida (para pérdidas graduales), temperatura ambiente, velocidad del viento, altura sobre el nivel del mar, humedad ambiente, presión atmosférica.
7. Graficamos los resultados: círculos con distintos radios de radiación; extensión, formas, dimensiones, velocidad de propagación y concentraciones de nubes de gases o vapores; círculos de sobre presiones derivadas de las explosiones (trabajo de gabinete). **Ver 3.3 Ejemplos de simulación de eventos.**
8. Se simulan la prestación de las instalaciones existentes de control, extinción y mitigación de acuerdo a los resultados de la modelización. **Ver 3.4 Ejemplos de simulación de la performance de las instalaciones existentes.**
9. Se discuten y consensúan con el personal de la operación y de seguridad contra incendio de las plantas, la performance que se desea obtener en forma ideal y las acciones que se deberían tomar para alcanzar esta performance (tarea de campo).
10. Se pre-planifican las acciones que deben tomarse para cada evento. **Ver 3.5 Ejemplos de pre planificación de acciones.**
11. Definidas las acciones analizamos si faltan elementos para las de tipo operativo (Ej. bloqueo a distancia de la carga) y para las de control, extinción y mitigación. Se verifican los equipos fijos, móviles y logística necesaria para que estas acciones sean efectivas, caudales y presiones de agua, cantidades de emulsor, brigadas (entre otros), tomando como base lo indicado por las normas, pero sumando adicionales si lo aconsejan la modelización de los escenarios y la experiencia recogida de siniestros comparables.
12. De resultados lo anterior puede surgir la necesidad de sumar elementos, los que son enumerados y sugeridos, estableciendo un rango de prioridades de acuerdo a una matriz de evaluación de la exposición a riesgos planteada en ausencia de dichos elementos. En caso necesario se acompaña la ingeniería de detalle de las reformas requeridas en la instalación **Ver 3.6 Ingeniería de las mejoras.**

3.2 Resultados Obtenidos

Finalizadas las tareas de campo y de gabinete, con los resultados de las simulaciones (de los accidentes y de la prestación) se hacen las entrevistas finales con personal de ingeniería, procesos y seguridad para comentar y considerar la situación de las plantas, entre otras, con relación a:

- la posibilidad de hacer maniobras operativas en emergencia eficientes y seguras para los operadores y las plantas

- las fuentes de agua de incendio: capacidad y presión, disponibilidad, ubicación estratégica de la/s sala/s de bombas y cisterna/s de incendio
- prestación de la red troncal de incendio en toda la planta conforme a los requerimientos de las modelaciones
- necesidad de contar con nuevos monitores (algunos tele comandados), instalaciones fijas de mitigación y sistemas fijos de enfriamiento para mejorar la performance con los recursos humanos disponibles
- confinación de derrames y comportamiento del drenaje de plantas y recintos en caso de incendio
- procedimientos de actuación del cuerpo de bomberos y brigada de la refinería para distintas hipótesis de siniestros en las unidades analizadas, incluyendo la ayuda externa
- radios de intervención y de alerta para las brigadas
- resultados de las concentraciones de gases tóxicos y la metodología Probit para cada unidad de la refinería
- verificación de la existencia de elementos de protección personal en las unidades vecinas a las presuntamente accidentadas
- aviso y alerta a plantas y/o poblaciones vecinas a las presuntamente accidentadas

Finalmente, se plantea al ingeniería básica para sumar los elementos faltantes, especialmente en los sistemas de control, extinción y mitigación de daños, pero también en relación a medidas preventivas faltantes (Ej. detectores de gases y vapores inflamables) y respecto del personal necesario en las brigadas para concretar estas acciones.

3.3 Ejemplos de simulaciones de distintos tipos de eventos

Mostramos 4 tipos de simulaciones:

- Explosión por un escape de vapor.
- Incendio por derrame no confinado en una bomba de carga
- Fuego de dardo o “jet fire”
- Formación de una nube de gas tóxico

Explosión

La explosión tiene por objeto mostrar su zona de influencia y destrucción para determinar las medidas operativas, de control y extinción posibles a tomar para el incendio subsiguiente. También mostrar sus efectos con relación a una eventual modificación del lay out (Ej. ubicación Sala de Control).

Tomamos una fuga de butano, formación de una nube y explosión de la misma por contacto con una fuente de ignición.



Efectos de la sobrepresion	Daños materiales	Daños al hombre
0.70 bar	> 80%	Umbral de letalidad (1% afectación) por efectos directos de la sobrepresión sobre el cuerpo humano
0.35 bar	40%	1% muertes por daños a pulmones; >50% rotura de tímpanos; >50% heridas serias por objetos volantes
0.07 bar	< 10%	Umbral tolerable por el hombre sin rotura de tímpanos

El modelo también nos da la siguiente información complementaria, que hemos resumido:

UNIDAD: MTBE

HIPOTESIS: Formación de nube de butano por fuga en equipo YYYY

Resultados:

Masa equivalente de TNT: 943.3 kg

Distancias de distintos niveles de sobre presión

Sobre presión	Distancia a nivel de la superficie metros
Atmósferas	
0.068	175,047
0.345	60,539
0.691	38,657

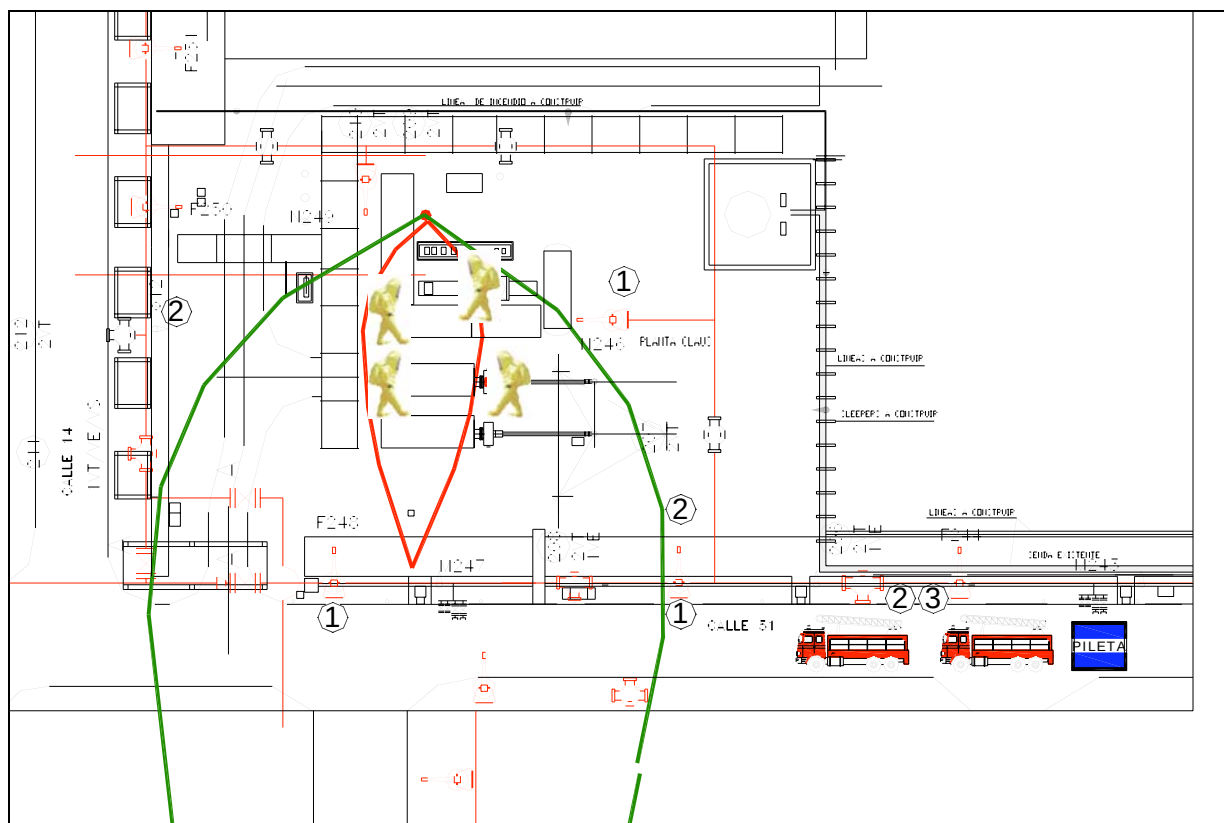
INCENDIO: REFERENCIAS

Radiación incidente		Efectos de la radiación térmica			Observaciones
Flujo térmico (kw/m ²)	Alcance	Sobre equipos		Sobre personas	
		Ignifug.	Ignifug.		
37,5 kw/m ² Riesgo máximo	18 m	> 80%	70%	100% de muertes en 1 minuto	
12,6 kw/m ² Zona de intervención	35 m	40%	35%	1% de muertes en 1 minuto	zona límite de intervención de bomberos
4,00 kw/m ² Zona de alerta	60 m	10%	10%	0% (umbral humano)	máxima radiación tolerable por el hombre, sin vestimenta especial

Nubes de gases tóxicos

En este caso mostramos un plano donde está graficado el resultado del simulador para una nube de gas tóxico, donde se muestra la forma de la nube y las concentraciones dentro de su extensión.

En el mismo plano se pueden ver la ubicación de los elementos de control y mitigación, incluido las posiciones de la brigada conforme a sus posibilidades para no arriesgar más allá de lo prudente.



NUBE TOXICA DE GAS SULFHDIRICO: REFERENCIAS		
Concentración	Alcance de la nube	
	Largo	Ancho medio
300 ppm (IDLH - Concentración inmediatamente peligrosa para vida y salud, con exposición de 30 min) Zona de riesgo máximo	30 m	19 m
100 ppm Zona de intervención	44 m	22 m
10 ppm (TWA - máxima tolerancia para el hombre) Zona de alerta	80 m	34 m

La nube de ácido sulfhídrico y la tabla muestra los distintos grados de riesgo. La concentración del IDLH (Immediately Dangerous for Life and Health) o de ERPG (Emergency Response Planning Guideline) es básica para la evacuación de gente, pero también es muy importante la zona de intervención posible de la brigada.

El modelo también aporta información adicional importante, de la cual resumimos lo que nos parece más esencial.

Planta de Coque

Fuga de gas sulfhídrico y de LPG en bomba XXX

Información de salida:

Altura de la nube: 1.6 metros
 Duración promedio: 1800.0 segundos
 Concentración menor: 10 ppm
 Concentración media: 100 ppm
 Concentración máxima: 300 ppm

Resultados:

Concentración ppm	Distancia metros
10 (techo)	363,459
100 (IDLH)	104,259
300	61,258

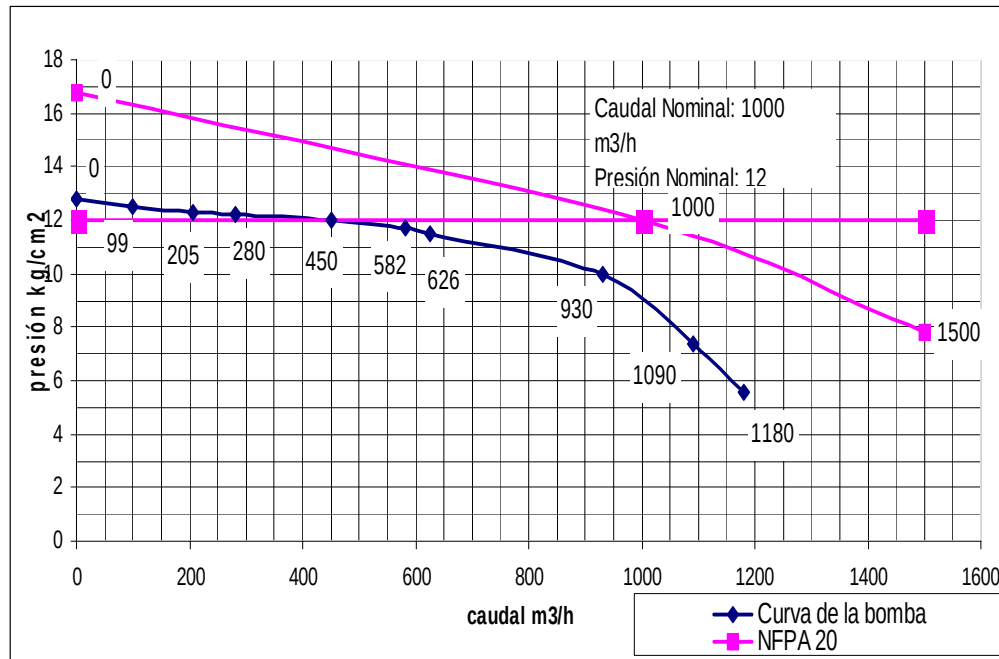
3.4 Ejemplos de simulación de la performance de las instalaciones existentes

Los ensayos que normalmente hemos puesto en práctica en este tipo de evaluación son los siguientes:

- Pruebas de las bombas de incendio s/NFPA 20 (curva característica).
- Mediciones de caudales y presiones en la red existente (pérdida de carga en la red).
- Medición de la densidad de aplicación de agua de refrigeración sobre recipientes.
- Medición del tiempo de formación de espuma.

Pruebas de bombas de incendio

Mostramos una curva típica de un ensayo realizado donde se observa que la bomba no da el caudal de 1.000 m³/h a 12 bar tal como se requiere; se logra esta presión de trabajo con menos del 50% del caudal necesario.



Este inconveniente significa que esta bomba no responde a los requerimientos de caudal y presión necesarios y que no puede trabajar en paralelo en condiciones óptimas con otra bomba similar que cumple con la curva característica a la presión y caudal requeridos.

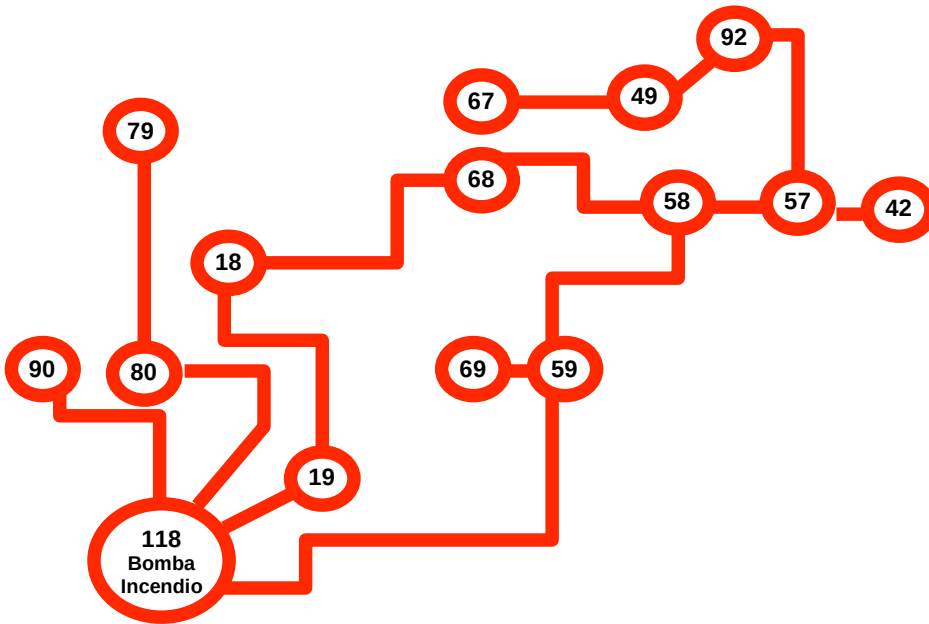
Pruebas de caudal y presión sobre la red existente

También se hicieron pruebas de presión y caudal sobre distintos puntos de la red fija de agua contra incendio en hidrantes, monitores, sistemas de enfriamiento y de espuma.

Las mediciones se realizaron fundamentalmente mediante equipos por ultrasonido y en algunos casos específicos mediante tubos de Pitot.

A continuación se modelizó (soft en base a Hazen & Williams) la red de incendio con las demandas de agua similares a las medidas en el campo, resultando las pérdidas de carga teóricas que se reflejan en el gráfico y tablas simplificados mostrados en trazado de tuberías y nodos principales.

Este tipo de diagrama se amplía tanto como sea necesario para visualizar

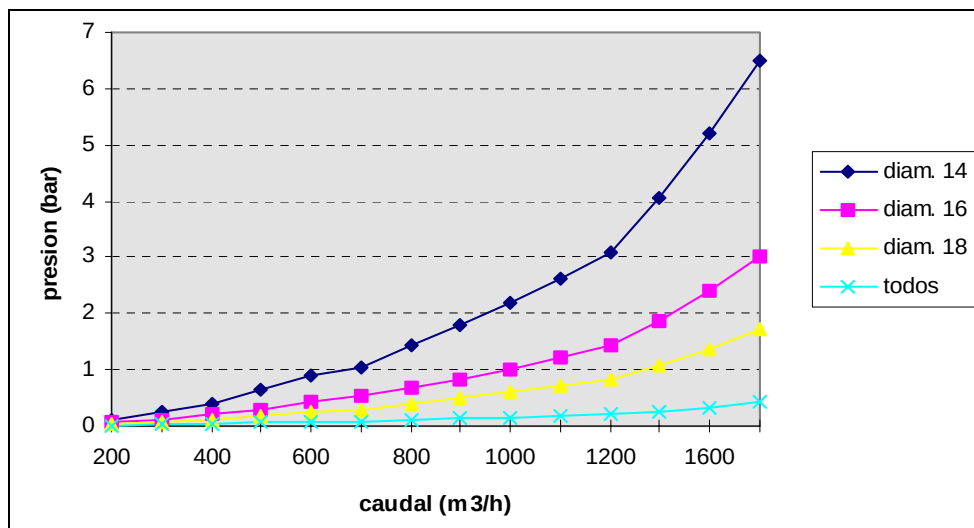


Nudo	Elev m	Pres bar	Caudal lpm	Caño	B-nudo	E-nudo	Diam Mm	Caudal lpm	Long m	Fric/m Bar/m	Fric bar	Vel m/s	C factor
1	7	6.9	1892	1	1	2	102.3	1892	12.2	0.016	0.20	3.4	120
2	1	7.1		2	2	3	108.7	1892	24.3	0.009	0.22	2.5	100
3	2	7.3	946	3	3	4	108.7	1892	18.0	0.009	0.56	2.5	100

El siguiente cuadro muestra la pérdida de presión para diferentes caudales en cañerías de una red en anillo de una refinería de petróleo que tiene cañerías de distinto diámetro.

El cuadro fue elaborado en base a ensayos realizados en el campo, finalmente se expone la pérdida de presión total considerando el anillo completo.

La siguiente curva es la típica de las pérdidas de carga en función de los diámetros de la cañería, que se complementa con los gráficos y tablas anteriores surgidas de los ensayos de performance.



De los ensayos y modelizaciones realizadas en la mayor parte de los casos resultaron las siguientes conclusiones:

- No coinciden las pérdidas de presión “teóricas” con los medidos en el campo para los mismos caudales: en estos tramos claramente hay obstrucciones u otros inconvenientes no contemplados en el cálculo realizado para una tubería con mantenimiento y desgaste standard para su edad. Se hace necesario investigar y solucionar los inconvenientes de la red en los tramos observados.
- Es imposible lograr con esta red los gastos de agua y presiones requeridos por las normas y/o derivados de las necesidades reales surgidas de las simulaciones de los eventos consensuados para modelizar. Se requiere estudiar y proyectar las mejoras para ajustar la red a las necesidades para los eventos críticos seleccionados.

Medición de la densidad de aplicación de agua de refrigeración sobre recipientes



La figura muestra la medición del caudal máximo disponible para la refrigeración de recipientes.

3.5 Ejemplos de pre planificación de acciones

De resultados de las simulaciones de los distintos eventos se proponen las acciones a tomar: operativas, y de control, extinción y mitigación, según el caso.

Estas acciones se tratan de resumir en 1 sola página donde se indica:

- Las características del evento simulado.
- Una síntesis de las acciones operativas básicas.
- Un desarrollo sintético de las acciones ordenadamente secuenciadas para el control, extinción y mitigación, indicando para cada paso:
 - Equipos a utilizar
 - Ubicación de los mismos
 - Acciones a tomar
 - Caudal de agua necesario para acción

Seguidamente vemos una planilla típica; en este caso, para un incendio derivado de un derrame en un acumulador.

HIPOTESIS N° 18.04	UPF: derrame e incendio de producto en acumulador XYZ-8
-------------------------------	--

Variables de operación					Dimensiones del equipo		
Temperatura (°C)	Presión (kg/cm ²)	Volumen (m ³)	Caudal (m ³ /h)	Composición (%)	Diámetro (m)	Altura (m)	Recinto (m)
60	1	-	-	Hidrocarburo Z : 98 H ₂ O: 2	-	-	-

Acción operativa

Paso	Acción	Ejecutar en
1	Despresurizar a antorcha por acumulador XYZ	Sala control
2	Bloquear equipo mediante PRC-47 y PRC-52	Sala control
3	Cortar vapor reboiler al XYZ-7	Campo
4	Parar bomba P-181	Campo
5	Bloquear cargas al sistema de rectificación RS-38	Campo

Control y extinción; consumos de agua: las acciones indicadas dependerán de la dirección y velocidad del viento (especialmente monitores para niebla); la siguiente guía considera viento predominante dirección NE / SO

Extinguir y enfriar. Excepcionalmente puede haber agua en este equipo, en tal caso es crítico enfriar.

Paso	Equipos a utilizar		Ubicación	Acción a tomar	Caudal (GPM)	
	Detalle	Disponible?			Disponible	Sugerido
1	Monitor M32 sobre calle 7	Si	Calle 7 esq. 12	Formar niebla de agua para enfriamiento	1000	1000
2	Auto bomba 3	Si	Estacionar sobre Calle 10 esq. 9; alimentar desde equipo N° 22	Formar espuma o niebla con el monitor según sea conveniente	500	500
3	Auto bomba 1	Si	Calle 10; alimentar de equipo fijo F42	Formar espuma o niebla según necesidad. Si la A-3 hace espuma la A-1 hace niebla	2000	2000
4	Líneas de 2½"	Si	Calle 10; alimentar	Ver posibilidad de armar 2 líneas	300	300

			de equipo fijo F44	de 2½ “ para generar espuma o niebla desde límite unidad lado sur		
5	Monitor telecomandado en altura sugerido	No	Sobre Calle 12	Arrojar niebla para enfriamiento equipos y posibilitar generar espuma con las auto bombas		2000
				Consumo total de agua	3800	5800
Conclusiones: hay 3 operaciones que se solo se pueden realizar en el campo, lo cual puede ser muy riesgoso y hasta imposible. Los elementos contra incendio y personal disponibles son insuficientes para controlar el siniestro.						

Observaciones I: la disponibilidad de los equipos contra incendio surge de: 1) que existan y 2) que queden comprendidos fuera del límite del radio de intervención.

Observaciones II: caudal disponible: es lo que hoy se dispone en la Planta; caudal sugerido: es el caudal que LEA considera necesario para controlar el siniestro. Se sustenta en normas y experiencias internacionales.

Mejoras recomendadas

La pre planificación de las acciones a tomar en este evento muestran falencias en relación a las medidas operativas y las de control y extinción.

Por ello sugerimos que las operaciones 3, 4 y 5 se hagan por control remoto desde Sala de Control, y la instalación de un monitor en altura tele comandado de 2000 GPM para lograr el caudal de agua necesario.

3.6 Ingeniería de las mejoras

Lo que hace al control remoto desde la Sala de Control lo encara el Cliente con su equipo de ingeniería de procesos.

Lo relativo al sistema contra incendio es motivo de un proyecto a nivel ingeniería básica realizado por LEA, previo verificar mediante el simulador hidráulico que la red de incendio permita lograr los caudales necesarios; en caso contrario se proyectan las modificaciones necesarias.

Destacamos que los caudales de agua necesarios son como mínimo los normalizados (Ej. API), pero LEA toma en cuenta información práctica recogida de la experiencia en siniestros, generalmente resultante de investigaciones y estudios de las aseguradoras, empresas o grupos de empresas de Oil & Gas asociadas en estas tareas. Estas necesidades, frecuentemente son superiores a las resultantes de las normas generalmente utilizadas.

4. CONCLUSIONES

Entre las principales conclusiones derivadas de la utilización de esta metodología, podemos indicar las siguientes:

En las plantas analizadas, en general, se conocen los eventos más probables y los accidentes más críticos que pueden suceder, tales como incendios, explosiones, nubes de gases y otros.

La mayor parte de los profesionales involucrados en la problemática, conocen la posibilidad de ocurrencia de estos eventos potenciales, a través de análisis HAZOP (u otros equivalentes) realizados previamente, que describen los diferentes tipos de accidentes que pueden suceder, pero en general no conocen la dimensión que pueden tener sus consecuencias, y la mejor forma de manejarlas.

El personal técnico de las plantas también recibe por distintas vías, información sobre diferentes tipos de accidentes o siniestros ocurridos, que hacen referencia a causas, desarrollo y consecuencias de estos eventos.

Normalmente solo parte de estos siniestros informados pueden realmente ocurrir en el ámbito de las instalaciones que manejan estos técnicos; aun cuando coincida el tipo de accidente y sector con la Planta que nos interesa, difícilmente las consecuencias serían las mismas, dado que en general las instalaciones no son idénticas.

Es así que las plantas tienen algunas dificultades para representarse el desarrollo de distintos eventos, tales como:

- La dimensión inicial de un evento, lo cual se manifiesta en la falta de consenso sobre los parámetros de deben utilizarse para simular los eventos.
- La cantidad de gente requerida para el control; posibilidades de ayuda externa.
- El tipo y disposición más conveniente de equipos fijos y móviles para atender un derrame, incendio o jet fire.
- La cantidad (caudal, presión) de agua requerida para las operaciones de sofocación, enfriamiento y protección de equipos e instalaciones de la Planta como así también la protección del personal y equipos involucrados en la acción.
- La magnitud de la logística requerida respecto de elementos de extinción relativamente escasos como el polvo químico o emulsor.
- La incidencia del humo, la radiación y nubes tóxicas en el accionar de los bomberos.

Por estas razones es importante analizar y evaluar las instalaciones y plantas existentes conjuntamente con profesionales especializados y experimentados, de modo de llegar a una buena aproximación de la dimensión de las consecuencias que estos eventos pueden tener en una situación dada y en una instalación existente.

En nuestra experiencia y la de otras consultoras y/o profesionales, la utilidad de los ensayos de performance y las simulaciones ha resultado ser la siguiente:

1) Las simulaciones ponen de manifiesto dificultades operativas que no son contempladas en los entrenamientos habituales de la brigada de incendio.

El error más común es diseñar el entrenamiento en función del personal disponible (cantidad de personal de la brigada y en consecuencia la cantidad de medios a disponer) en vez de realizar el entrenamiento en función de la dimensión más probable del evento a controlar.

Estas dificultades derivan en el descontrol y luego en eventos de dimensiones catastróficas.

2) Las simulaciones resultan ser un medio económico de pre-planificar la respuesta a los eventos más probables y evitar que deriven en sucesos catastróficos.

3) Resultan ser un medio idóneo para asignar nuevas inversiones al mejoramiento de las instalaciones de protección.

Como resultado del análisis de 102 casos representativos tomados de diversos trabajos realizados por Leza Escriña y Asociados SA (LEA) sobre distintas plantas de “up stream” y “down stream” en Argentina y otros países latinoamericanos, surge la siguiente información de interés para los profesionales involucrados en la seguridad de dichos tipos de plantas. En relación al tipo de eventos, se analizaron:

- 4 explosiones,
- 12 jet fires,
- 4 VCE,
- 2 Bleves,
- 57 incendios no confinados (28 bombas, 9 intercambiadores, 6 aero enfriadores, 3 torres, 14 hornos) y,
- 23 incendios en el interior de tanques o recintos confinados.

Casos	Acciones a tomar
10	Se requirieron acciones de extinción sobre más de un equipo
3	Se sugirieron cambios de lay out: • De salas de bombas de incendio que podían ser afectadas por el humo y radiación del propio incendio. • De antorchas que podían ser afectadas por jet flames. • De una sala de control que podía ser afectada por una explosión.
12	Se sugirieron mejoras en la ignifugación de instalaciones para evitar el colapso de estructuras, soportes de acumuladores, conductos con cables, válvulas de operación e incluso defensas de hormigón para la operación de instalaciones contra incendio.
3	Se recomendó aumentar la eficiencia de la fuente de agua: - o En un caso se recomendó cambiar el impulsor de una bomba para mejorar el funcionamiento en paralelo con el resto de la instalación. - o En un caso se recomendó cambiar la aspiración para evitar cavitación en caudales críticos.
5	Se recomendó incrementar la reserva de agua.
3	Se recomendó incrementar la reserva de emulsor.
6	Se recomendó mejorar la distribución de emulsor en todas las instalaciones.

Casos	Acciones a tomar
16	Se recomendó mejorar el sistema de enfriamiento (caudal o distribución de

	agua) en instalaciones afectadas por la radiación.
4	Se recomendó mejorar el drenaje para evitar derrames cuando se aplica el agua de enfriamiento y extinción.
13	Se recomendó la incorporación de nuevo equipamiento fijo para la aplicación de agua/espuma, monitores fijos/tele comandados/bocas de incendio.
6	Se recomendó la incorporación de equipamiento móvil, como auto bombas, carros y cañones de espuma.
5	Se recomendó adaptar la red para optimizar su utilización a través del equipamiento móvil, especialmente bocas de agua.
6	Se recomendó automatizar válvulas de bloqueo de instalaciones.
Todos	Se recomendaron entre 3 y 6 acciones a realizar por la brigada de incendio, incluyendo: • Habilitar sistemas de refrigeración (en el 60% de los casos) • Usar equipos fijos y generar espuma o niebla (en el 57% de los casos) • Armar y usar equipos móviles (63% de los casos) • Armar cadenas logísticas para el abastecimiento de espuma (en el 28% de los casos)

Esta experiencia muestra claramente la utilidad de realizar estos ensayos y simulaciones para contar con una mejor evaluación de la situación existente y planificar la actuación en la oportunidad de presentarse distintos tipos de emergencias.

5. BIBLIOGRAFIA

Publicaciones del mercado asegurador con análisis de siniestros

- IOI Industrial Oil Insurers – Estudio de Siniestros
- MARSH – Segdwick (Loss Control Bulletin)
- Swiss Re / Munich Re / G&C Re – Boletines de Siniestros

Publicaciones de instituciones públicas

Guías Técnicas de la D.G. de protección civil (España) – Metodos cuantitativos para el análisis de riesgos

EPA - Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office - Risk Management plan and Offsite consequences analysis guidance

NCSP – National Chemical Safety Program - Assessment Reports

US Department of Energy – Chemical Handbook - <http://www.em.doe.gov>

US Chemical and Hazard Investigation Board <http://www.csb.gov/>

Publicaciones privadas

FRANK LEES – Loos Prevention in the process industries – Butterworth Heinemann Editores - 1996

www.acusafe.com

Technical information from Fire and gas information group - www.fabig.com

Trevos Kletz - What went wrong? – Gulf Publishing - 1996

Antecedentes de los autores

Ingeniero Rodolfo S. Leza

Calificaciones

Técnico Mecánico egresado de la Escuela Industrial de la Nación “Otto Krause”

Ingeniero Industrial egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

Socio fundador de ADARA-Asociación Argentina de Administradores de Riesgos

Miembro del Consejo Directivo del Capítulo Argentina de la NFPA

Miembro del Panel Evaluador de Auditores para la Certificación de Instalaciones Contra Incendios, según la norma IRAM 3501.

Trayectoria

Lideró el Departamento Técnico Ingeniería de Riesgos de la Cámara de Aseguradores en Argentina.

En 1974 fundó Leza, Escriña y Asociados S.A., Consultora de Ingeniería de Riesgos y Valuaciones.

Hizo viajes de capacitación y extensión profesional a España, Suiza, Francia, Alemania, Gran Bretaña y USA.

Dedicado desde hace más de 40 años a estudios de análisis y evaluación de riesgos, proyectos de instalaciones de prevención y protección contra incendios, sobre actividades industriales, con especial dedicación a Oil & Gas en los últimos 20 años, habiendo realizado trabajos en México, Chile, Uruguay, Paraguay y Bolivia.

Participó en estudios en YPF (Empresa del Estado), Exxon (Shell), Perez Companc (Petrobras), Esso, Pan American Energy, Tecpetrol, ENAP (Chile), YPFB (Bolivia), ANCAP (ROU).

En los últimos 7 años ha realizado evaluación y ajustes de siniestros en la industria de Oil & Gas en Argentina y Bolivia.

Andrés P. Artopoulos

Calificaciones

Ingeniero Industrial egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

Docente auxiliar en la Universidad de Buenos Aires en el área de Industrias Extractivas.

Ex-Consejero Directivo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

Vicepresidente y CEO de Leza, Escriña y Asociados desde 2001.

Trayectoria

Desde hace más de 15 años ha participado de estudios de relevamiento y evaluación de riesgos en establecimientos industriales.

En 1988 se incorpora a Leza, Escriña y Asociados S.A., realizando estudios de análisis y evaluación de riesgos, proyectos de instalaciones de prevención y protección contra incendios, habiéndose focalizado en los últimos 10 años en la industria de Oil & Gas.

Ha realizado viajes profesionales a USA, México, Venezuela, Gran Bretaña, Alemania, España y otros países, para consultas y desarrollo de trabajos encargados por LEA.

En los últimos 7 años ha realizado evaluación y ajustes de siniestros en la industria de Oil & Gas en Argentina, Bolivia y Perú.