

## NTP 420: Instalaciones de abastecimiento de agua contra incendios

Installations de distribution d'eau contre l'incendie  
Fire water supply and distribution systems

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.

### Redactores:

Adolfo Pérez Guerrero  
Ingeniero Industrial

Emilio Turmo Sierra  
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

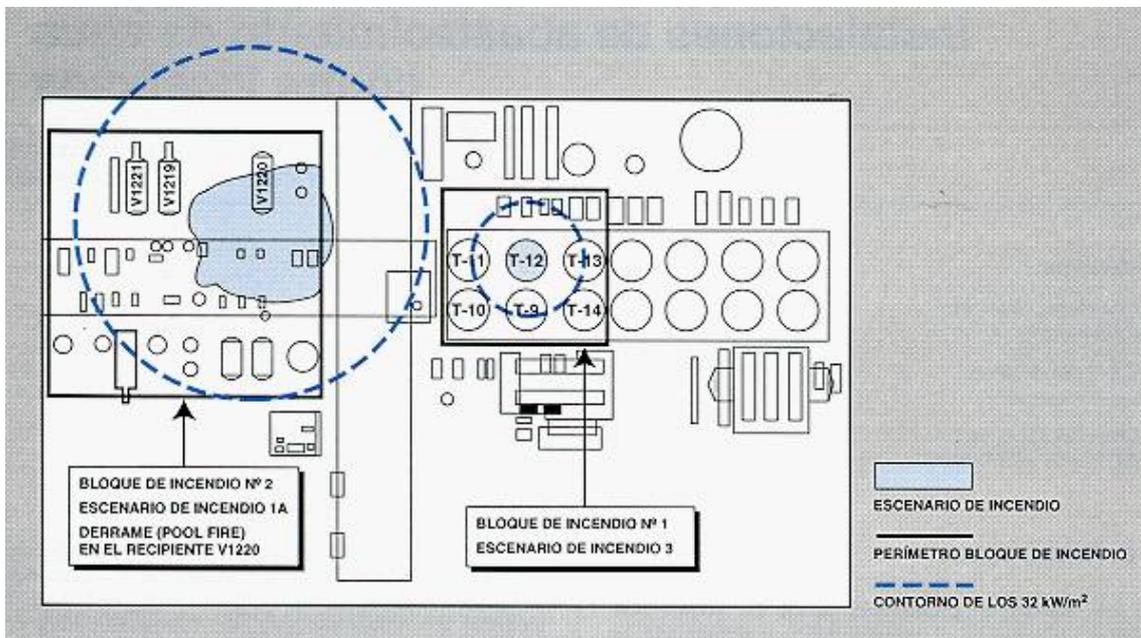
### Introducción

En los centros de producción donde se trabaja con líquidos inflamables o combustibles, o donde por la naturaleza y cantidad de los materiales almacenados o manipulados sea necesario diseñar una instalación de protección de agua contra incendios, se plantea el problema de proyectar un abastecimiento de agua adecuado para cada caso.

La normativa existente no desarrolla soluciones específicas para cada caso, limitándose a señalar las condiciones mínimas de obligado cumplimiento. Esta NTP pretende complementar lo legislado basando su aportación en el propio análisis del riesgo de incendio. Por tanto, respetando lo indicado en la norma correspondiente, se trata de exponer las soluciones más idóneas desde el punto de vista práctico, teniendo en cuenta que la protección contra el fuego tiene como objetivo asegurar la vida de las personas, las instalaciones y el medio ambiente con un costo razonable y que dicha protección habría de ser considerada como una conjunción de medidas tales como el diseño del proceso, los sistemas de drenaje, el control de medidas contra el fuego, la distribución en planta del proceso, la prevención del inicio y propagación del fuego, etc... así como sus aspectos organizativos, siendo todas estas medidas complementarias, de tal manera que al faltar alguna de ellas o no haber sido valorada como le corresponde hará perder la eficacia del sistema.

### Análisis del riesgo de incendio

Para determinar las necesidades de abastecimiento de agua contra incendios, debería iniciarse el estudio dividiendo la planta en bloques de incendio que se habrían de representar, bien delimitados, sobre el plano de distribución de la planta. Cada bloque de incendio representa un área definida con peligros potenciales de incendio o explosión, encontrados tras un proceso de inventariado sobre tanques de almacenamiento y posibles fuentes de fugas en general. La selección de los bloques requiere cierta experiencia y para determinarlos, se puede tener en cuenta que las instalaciones de la planta podrían tener límites materiales que ayudarían a elegir una subdivisión lógica constitutiva de los mencionados bloques. Ejemplos de dichos límites son los cubetos de tanques, las instalaciones lejanas (p. ej.: pantanales), taludes y bordillos, carreteras, conducciones de tuberías, etc. Dentro de cada bloque de incendio se deberá describir el correspondiente escenario de incendio que será el suceso más relevante dentro del bloque considerado. Ver figura 1.



**Fig. 1: Representación de dos típicos bloques de incendio en una planta química**

El análisis de riesgo de incendio debería incluir a efectos del consumo de agua y otros medios de actuación una clasificación por categorías de todos los escenarios identificados, basada fundamentalmente en una estimación de la duración del incendio y del área total afectada por el incendio.

La duración del incendio puede ser estimada aplicando cualquier método garantizado de cálculo de caudal de fuga que se puede encontrar en fuentes especializadas. Existen distintas metodologías y programas informáticos de apoyo para fugas de gas, líquido y el caso de dos fases. En dichos programas la duración del incendio depende del diámetro del orificio, caudal de fuga, tiempos de fuga basados en bancos de datos experimentales sobre recipientes, duración de la fuga según las cantidades almacenadas y emplazamiento de válvulas de cierre, velocidad de combustión (no aplicable al caso de dardo de fuego, jet fire) y extensión de la superficie del incendio (no aplicable para dardo de fuego ni para incendio con llamarada, flash fires).

Los escenarios de incendio podrían ser clasificados en tres categorías:

- Categoría I. Duración del incendio hasta 10 minutos.
- Categoría II. Duración del incendio del orden de 15 a 60 minutos.
- Categoría III Duración del incendio más de 60 minutos.

Otro parámetro a determinar es el área total afectada por el incendio. Para estimarla se pueden considerar los "Niveles Máximos de Exposición de la Radiación Térmica" de la norma del Institute of Petroleum (IP - Codes). En ella se encuentra el valor umbral de 32 kW/m<sup>2</sup> para los daños estructurales producidos por radiación de calor. Con la base de este valor se puede realizar una ordenación de los escenarios de incendio según la siguiente clasificación:

- Categoría A - El contorno de los 32 kW/m<sup>2</sup> afecta a otro bloque cercano de incendio, por ejemplo: unidad de proceso, instalaciones de almacenamiento, almacén, etc.
- Categoría B - El contorno de los 32 kW/m<sup>2</sup> afecta a más del 25% del equipo localizado dentro del bloque de incendio considerado.
- Categoría C - El contorno de los 32 kW/m<sup>2</sup> afecta al 25% o menos del equipo localizado dentro del bloque de incendio considerado.

Cada escenario individual de incendio puede ser analizado y clasificado dentro de las correspondientes categorías ya descritas. También se pueden considerar dos grupos, de acuerdo con la estimación de la duración del incendio y los niveles de exposición a la radiación del calor, como puede verse en el resumen de la Figura 2:

- **Grupo 1** de escenarios de incendio: Representa los peores casos de incendio que requieren unas medidas de protección especial. Los casos típicos de este Grupo 1 son los incendios de larga duración, por ej.: incendios de tanques y también aquellos incendios que son consecuencia de una fuga de líquido, formándose grandes áreas de líquido derramado e incendiado (pool fires).
- **Grupo 2** de escenarios de incendio: Son incendios con una duración del orden de diez minutos o también los que solamente afectan a una parte del bloque de incendio seleccionado. Estos casos de incendio no suelen requerir ninguna medida de protección adicional.

CATEGORÍA	A	B	C
I	IA	IB	IC
II	IIA	IIB	IIC
III	IIIA	IIIB	IIIC

Grupo 1
  Grupo 2

**Fig. 2: Cuadro resumen de grupos de escenarios de incendio**

## Protección contra incendios

El nivel requerido para los equipos de protección contra incendios y el tamaño de la brigada contra incendios serán determinados por los escenarios de incendio clasificados en el Grupo 1.

El equipo y medios de lucha contra incendios y su aplicación para la primera intervención manual con el fin de controlar los incendios más pequeños corresponden a los escenarios de incendio clasificados en el Grupo 2.

La estrategia de protección contra incendio y explosión en las plantas químicas, refinerías y terminales de carga o descarga puede estar basada en tres etapas consecutivas:

- Detección y alarma en caso de una fuga de producto peligroso o producción de una situación de incendio.
- Prevención de cualquier daño a las estructuras y progreso de la situación de incendio.
- Consecución del control y la extinción final del incendio.

Esta última etapa es la más importante a considerar para la previsión del agua de abastecimiento. Se puede citar que el control del incendio depende de: los posibles tiempos de respuesta, las acciones que deban tomar los operadores de proceso, el grupo de personas y su equipo requerido para la intervención en los primeros diez minutos del incendio y en su etapa posterior, la necesidad de hidrantes, monitores y/o sistemas de rociadores de agua fijos para enfriar estructuras/recipientes críticos, la confinación del fuego alrededor del área de incendio, y la posible extensión del incendio a otras áreas por desbordamiento y excesivo uso del agua contra incendio (esto último afecta solamente a los escenarios de incendio del Grupo 1).

La extinción final del incendio puede ser obtenida después de aislar la fuente de fuga y de haberse asegurado que toda la instalación crítica expuesta es enfriada eficientemente.

Para los escenarios de incendio del Grupo 2, el control del incendio y su extinción puede ser realizado al mismo tiempo.

## Abastecimiento de agua contra incendios

Como se ha expuesto anteriormente, los peores casos de escenarios de incendio corresponden a los clasificados como Grupo 1 (fig. 2), en el análisis del riesgo de incendio.

Son situaciones típicamente controlables unos caudales máxicos de 1 kg/s para dardos o chorros de fuego (jet fires) y 2 kg/s para incendios de charco los cuales corresponden a dardos o chorros (jet) de 10-15 m de longitud y a charcos (pool) de 50 m<sup>2</sup> de superficie respectivamente.

Para el cálculo del agua contra incendios requerida para enfriamiento se puede hacer una distinción básica entre tres situaciones de exposición al incendio, cada una con su propia recomendación de cantidad de agua de aplicación, (ver Tabla 1).

**Tabla 1: Agua contra incendios requerida para enfriamiento (según NFPA-15)**

EXPOSICIÓN AL INCENDIO	CANTIDAD DE AGUA DE APLICACIÓN
Calor radiante	4-8 litros / min / m <sup>2</sup>
Llama directa incidente	10 litros / min / m <sup>2</sup>
Llama dardo (jet flame)	1000-2000 litros/min (caudal del chorro de manguera)

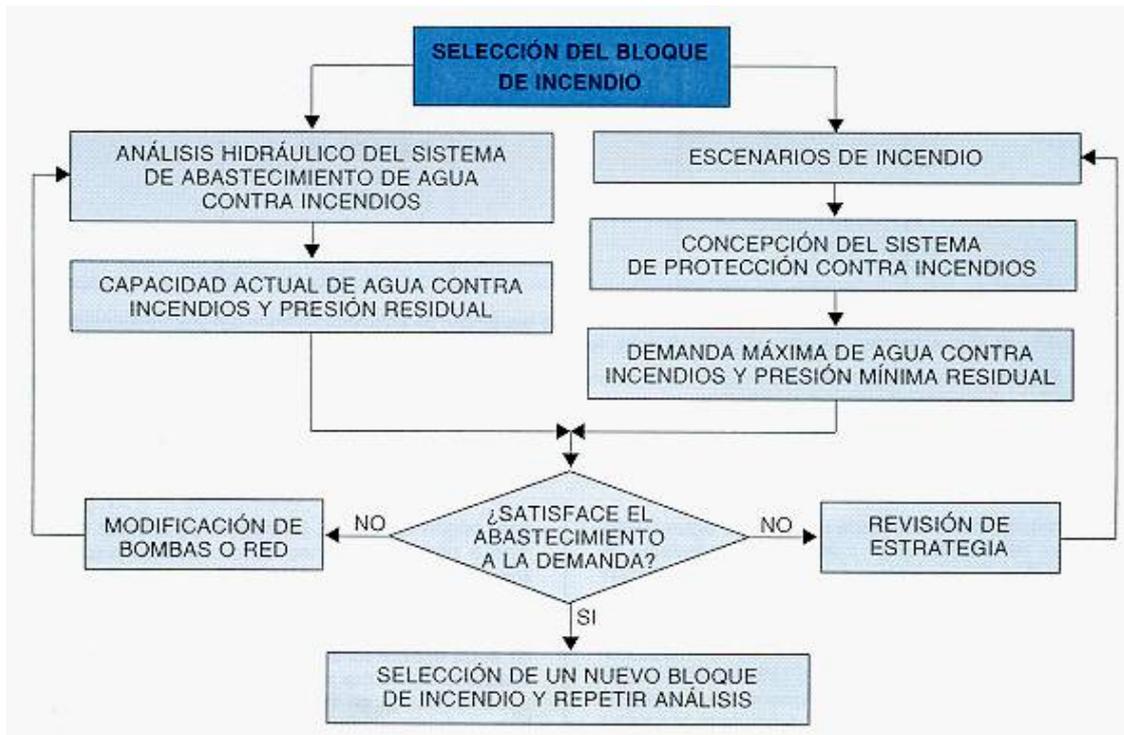
Los caudales de aplicación de agua contra incendios están expresados por m<sup>2</sup> de recipiente o por m<sup>2</sup> de área de su superficie proyectada.

La Tabla 1 se puede usar para estimación del número de hidrantes y monitores requeridos para proveer el agua de enfriamiento del escenario de incendio. También se puede aplicar para establecer el criterio de proyecto para sistemas fijos de difusores de agua y de diluvio.

Los manuales guías generales proponen un caudal mínimo de agua de extinción de 4-20 litros/min/m<sup>2</sup> (expresado por m<sup>2</sup> del área de la superficie proyectada). Los caudales de aplicación serán evaluados para cada escenario de incendio por separado. Para estos cálculos puede ser de utilidad el manual guía NFPA-11.

Si dentro de la filosofía de protección contra incendios se considera que es recomendable usar espuma como medio de extinción, se deberá tener en cuenta para el cálculo de demanda total de agua contra incendios.

El sistema de actuación para plantas existentes puede ser el representado en la Figura 3.



**Fig. 3: Esquema orientativo para evaluación de abastecimiento de agua contra incendios y sistema de distribución basado en el análisis del riesgo de incendio**

Para el cálculo de la demanda máxima de agua contra incendios, se debe tener en cuenta el cumplimiento de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-APQ-001 referente a almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, de la que se extracta la Tabla 2.

**Tabla 2: Evaluación del caudal de agua necesario en caso de incendio en función del tipo de recipiente incendiado**

CLASE DE LÍQUIDO DEL RECIPIENTE SUPUESTO INCENDIADO	RECIPIENTES A ENFRIAR	CAUDAL MÍNIMO DE AGUA A PREVER (NOTA 3)		
		PARA ENFRIAMIENTO		PARA ESPUMA
		Recipientes con líquidos de clase A	Otros recipientes o instalaciones	
1 LÍQUIDO CLASE A: CAPACIDAD UNITARIA O GLOBAL HASTA 200 m <sup>3</sup>	El supuesto incendiado y los situados a menos de 10 m de las paredes de aquel.	0,18 m <sup>3</sup> /h (3 litros/min) por m <sup>2</sup> de superficie de los recipientes. (Nota 2)	Clases B y C, según el punto 2º de esta tabla	Es necesario solamente para los posibles sistemas de espuma destinados a proteger instalaciones adyacentes
CAPACIDAD UNITARIA O GLOBAL SUPERIOR A 200 m <sup>3</sup>	a) El supuesto incendiado y los situados a menos de 30 m de las paredes de aquel.	0,18 m <sup>3</sup> /h (3 litros/min) por m <sup>2</sup> de superficie de los recipientes. (Nota 2)		
	b) Los restantes recipientes contenidos en el mismo cubeto.	0,06 m <sup>3</sup> /h (1 litros/min) por m <sup>2</sup> de superficie de los recipientes. (Nota 2)		
2 LÍQUIDOS CLASES B Y C	a) El supuesto incendiado.		0,90 m <sup>3</sup> /h (15 litros/min) por metro de perímetro	Máximo caudal de agua necesaria para producir espuma en el tanque supuesto incendiado y/o a su cubeto.
	b) Los situados a menos de 15 m de las paredes del supuesto incendiado o de 1,5 veces su radio.	0,18 m <sup>3</sup> /h (3 litros/min) por m <sup>2</sup> de superficie de los recipientes. (Nota 2)	Caudales por m <sup>2</sup> de 1/4 de la superficie de los recipientes. (Nota 2) <b>Techo fijo:</b> Clase B1: 0,30 m <sup>3</sup> /h (5 litros/min) Clases B2 y C: 0,12 m <sup>3</sup> /h (2 litros/min) <b>Techo flotante:</b> ≤ 7500 m <sup>3</sup> , 0,18 m <sup>3</sup> /h (3 litros/min) > 7500 m <sup>3</sup> , 0,12 m <sup>3</sup> /h (2 litros/min) (Nota 3)	

NOTA 1: Para la refrigeración de los recipientes próximos al incendiado que tengan un aislamiento térmico con una conductancia mínima de 20 kcal/h.m<sup>2</sup> °C y resistentes al fuego y al chorro de agua, se usará la mitad del caudal de agua establecido en el cuadro.

NOTA 2: Se considera como superficie total a refrigerar, la superficie total para los recipientes cilíndricos de eje horizontal y para los esféricos, y la superficie lateral para los restantes recipientes.

NOTA 3: Se añadirá el caudal necesario para la protección de las instalaciones adyacentes cuando proceda.

Otra legislación a tener en cuenta es la de las instalaciones petrolíferas según el R.D.2085/1994 de 20 de octubre sobre la aprobación del Reglamento de Instalaciones Petrolíferas, BOE nº 94 del 20-4-95, de la que se ha extractado la Tabla 3.

**Tabla 3: Evaluación del caudal de agua reglamentario. (En función del tipo de tanque supuesto incendiado)**

TIPO DE TANQUE SUPUESTO INCENDIADO		TANQUES A ENFRIAR	CAUDAL DE AGUA A PREVER		
			PARA ENFRIAMIENTO		PARA ESPUMA
			Depósitos de hidrocarburos de la clase A	Otros tanques	
1 HIDROCARBUROS LICUADOS (clase A).	Depósitos de capacidad hasta 200 m <sup>3</sup>	El depósito supuesto incendiado y los situados a menos de 10 m de las paredes de aquél.	10 litros/m <sup>2</sup> /min sobre la superficie de los depósitos (1).		
	Otros depósitos de radio R y capacidad superior a 200 m <sup>3</sup>	a) Todos los depósitos total o parcialmente comprendidos dentro del cilindro vertical de radio R+30 m, con eje coincidente con el del depósito supuesto incendiado. b) Los restantes depósitos contenidos en el mismo cubeto de retención que el depósito supuesto incendiado.	10 litros/m <sup>2</sup> /min sobre la superficie de los depósitos (1). 3 litros/m <sup>2</sup> /min sobre la superficie de los depósitos (1).		
2 CRUDO E HIDROCARBUROS LÍQUIDOS (clases B y C)		a) El tanque incendiado de radio R y de superficie horizontal S. b) Los tanques total o parcialmente comprendidos en el cilindro con eje común al del tanque supuesto incendiado y radio igual a 2.5 R.	3 litros/m <sup>2</sup> /min sobre la superficie de los depósitos (1).	15 litros/min por metro de circunferencia. Caudales sobre 1/4 de la superficie lateral en litros/m <sup>2</sup> /min. <b>Techo fijo:</b> Punto de inf. < 21°C: 5 litros/m <sup>2</sup> /min. Punto de inf. > 21°C: 3 litros/m <sup>2</sup> /min. <b>Techo flotante:</b> < 7500m <sup>2</sup> : 3 litros/m <sup>2</sup> /min > 7500m <sup>2</sup> : 2 litros/m <sup>2</sup> /min.	Según artículo 27.2 b/.

(1) La superficie a refrigerar de los depósitos se considerará: La superficie total, para los depósitos cilíndricos de eje horizontal y para los esféricos. La superficie lateral, para los restantes depósitos.  
R se expresa en metros. / S se expresa en metros cuadrados. / Q se expresa en metros cúbicos por hora.

Se debe tener en cuenta que los caudales indicados en las Tablas 2 y Tabla 3 son mínimos de agua a prever, por lo que, según los casos, podremos considerar otras normas o reglamentaciones de reconocido prestigio que sobrepasen dichos valores mínimos, como es el caso de los expuestos en la Tabla 1.

Según la ITC-MIE-APQ-001 anteriormente citada, la red de agua deberá tener varias tomas para incendios que aseguren de forma inmediata y continua el caudal de agua requerido en la Tabla 2 durante una hora, una hora y media o tres horas según el tipo de almacenamiento y clase de producto almacenado. Igualmente se especifican unas presiones mínimas de funcionamiento de la red.

Teniendo en cuenta el cumplimiento de lo anterior, una vez sean calculadas las máximas demandas de agua contra incendio para cada bloque de incendio se comenzará el análisis hidráulico del sistema completo de abastecimiento de agua contra incendio teniendo en cuenta caudales y presiones. Para la determinación de la presión mínima residual para cada bloque de incendio se puede considerar que las presiones operativas serán las indicadas por el método de aplicación del agua contra incendio, que ha sido definido en una etapa anterior al análisis. Los monitores e hidrantes requieren unas presiones de operación del orden de 8 a 10 bar. Los sistemas de difusores de agua están usualmente proyectados para una presión de entrada a la válvula de 7 bar, pero puede ser necesaria más presión si están combinados con inyección de espuma. Sistemas especiales de aplicación de espuma, tales como inyección de espuma por debajo de la superficie del líquido o de inundación total sobre la superficie del líquido para protección de tanques de almacenamiento pueden requerir presiones de operación de 8 a 12 bar.

Siguiendo en esta etapa del análisis hidráulico se puede tomar una decisión sobre la cuestión de si todos los sistemas fijos funcionarán completamente autónomos o alternativamente si el tiempo de respuesta permite en ocasiones operar con cisternas móviles contra incendios como fase intermedia. Se puede considerar, en este último caso, una presión residual de 6 bar para el área principal del incendio siempre y cuando se disponga de una bomba de capacidad y presión suficientes alimentada por una o más cisternas contra incendios.

El objetivo de un análisis hidráulico del sistema de distribución de agua contra incendios es verificar si las demandas de presión y agua contra incendios pueden cumplirse partiendo de las bombas contra incendios existentes o propuestas y la red de distribución existente.

Mediante un programa informático en el que se introduzcan todos los parámetros indicados en el plano de la red, con especificaciones de tuberías, diámetros y las curvas correspondientes a las bombas de abastecimiento, puede efectuarse el necesario análisis hidráulico.

Los cálculos hidráulicos se pueden realizar utilizando los métodos clásicos.

Para tuberías nuevas los coeficientes de rugosidad son conocidos con exactitud. Para las tuberías existentes se estiman dichos coeficientes basándose en los datos experimentales de caudal y presión conseguidos a lo largo de la vida de la instalación.

Para el diseño de las instalaciones de agua contra incendios se puede tener en cuenta algunos detalles importantes como son la elección de tubería según material y tamaño, se debe procurar que sea enterrada y en este caso el material puede ser de poliéster reforzado o acero al carbono protegido contra la corrosión y se aconseja realizar las pruebas hidráulicas necesarias para un buen control de calidad.

Todas las válvulas de cierre o de seccionamiento que deban permanecer normalmente abiertas para el correcto funcionamiento del sistema pueden ser de tipo husillo ascendente, o pueden disponer de otro dispositivo que permita verificar fácilmente si están en posición abierta. Se recomienda evitar una velocidad rápida de cierre que pueda producir un golpe de ariete.

Se tendrá en cuenta la conveniencia de dimensionar la red contra incendios previendo eventuales ampliaciones de todo el sistema de protección contra incendios.

Siempre que sea posible, y especialmente cuando existan redes específicas de hidrantes exteriores, así como en los sistemas con abastecimiento doble, se recomienda realizar la instalación en anillo, con válvulas de seccionamiento, para asegurar la máxima eficiencia del sistema incluso en el caso de avería en algún tramo.

Cada derivación de la red general de incendios para alimentar una red específica debe estar provista de una válvula de seccionamiento y una de retención.

Independientemente de estos puntos resaltados, las instalaciones deberán cumplir con la normativa reseñada al final de esta nota.

## Evaluación del abastecimiento de agua contra incendios y de la instalación de distribución

Si el abastecimiento de agua existente no cumple con las demandas de agua calculadas, pueden existir principalmente tres vías de revisión:

- Reducción de las demandas mayores de agua contra incendios por medio de la revisión de las estrategias de protección contra incendios.
- Mejora de la configuración de la red basándose en la identificación de cuellos de botella.
- Aumento de la capacidad de aporte de agua por adición de otras bombas contra incendios o por sustitución de las unidades existentes.

## Aplicación práctica

Se presentan a continuación de forma muy sintetizada un ejemplo de aplicación de lo expuesto sobre los escenarios de incendio representados en la Figura 1. Supongamos un escenario de incendio de un tanque: Bloque de incendio N° 1.

### Datos básicos

- Bloque de incendio: N° 1 - Escenario 3. (Área de 1664 m<sup>2</sup>).
- Escenario de incendio: La superficie completa de incendio en el T-12.
- Productos afectados: Hexano. (Densidad hexano líquido = 0.7).
- Grado de llenado: 96%.
- Dimensiones del tanque: Diámetro = 10 metros, altura = 7 metros.
- Capacidad geométrica del tanque: 550 m<sup>3</sup>.
- Capacidad calibrada del tanque:  $550 \times 0.96 = 528 \text{ m}^3$ .
- Capacidad máxima almacenada =  $528 \times 0.7 = 370$  toneladas.

### Análisis del riesgo de incendio

- Área de incendio: 79 m<sup>2</sup> (la proyección horizontal del propio tanque).
- Velocidad de combustión: 8 kg/s. Este valor se obtendría a partir de los parámetros  $h_c$  (calor de combustión del hexano),  $C_p$

(calor específico del vapor de hexano a presión constante),  $\delta t$  (diferencia entre temperatura de ebullición del hexano, 69°C y la temperatura ambiente, 25°C) y  $h_v$  (calor latente de vaporización del hexano). Consultar ref. (6).

- Estimación de la duración del incendio: 12.8 horas. (Tiempo =  $370 \text{ t} / 8 \text{ kg/s} = 46250 \text{ s} = 12.8 \text{ horas}$ ).
- Radio estimado del contorno de 32 kW/m<sup>2</sup> de intensidad de irradiación: 14 metros. Esta distancia se obtendría mediante cálculos empíricos, consultar ref. (6), que permiten en función de la intensidad media de radiación del frente de llama, que en este caso se ha supuesto de 190 kW/m<sup>2</sup> y determinados coeficientes en función de la forma del incendio en el tanque que se ha supuesto cilíndrica y la humedad ambiental, obtener el punto determinado en el que se alcanzaría la intensidad de radiación de 32 kW/m<sup>2</sup>.
- Área expuesta del bloque de incendio N° 1: 37% del total. (37% de 1664 = 615.7 m<sup>2</sup> que corresponde a un círculo de 14 m de radio).
- Otros bloques de incendio expuestos: No.
- Clasificación: Grupo 1-III B. (Duración > 60 minutos; 37% > 25%).
- Propuestas para reducir el riesgo de incendio: Aumentar el espacio entre tanques hasta 12 m en vez de 8 m. No se requieren difusores de agua fijos. (Grupo 2).

### Criterios de protección contra incendios

- Alarma: Para el riesgo estimado sería suficiente una manual en los puntos de posible fuga.
- Para el control/acción contra incendios dentro de los primeros cinco minutos, actuaría un operario realizando las siguientes acciones:
  - Parada de bombas de alimentación a otras unidades, si están funcionando.
  - Poner en marcha los difusores de agua de los tanques T9, T10 y T11.
  - Poner en marcha los difusores de agua de los tanques T12, T13 y T14.
- Acción/extinción de incendio después de quince minutos: Sería conveniente la intervención de un equipo de tres bomberos con su dotación correspondiente. Los equipos básicos de lucha serían:
  - 1 hidrante ubicado en punto norte. (El suministro correspondiente a tres lanzas de 2 1/2",  $\leq 16 \text{ mm}$  es de un caudal aproximadamente de: 375 litros/min = 67.5 m<sup>3</sup>/h).
  - 2 monitores portátiles de espuma. (1200 litros/min = 72 m<sup>3</sup>/h).
  - 1000 litros de espuma AFFF en un vehículo tanque contra incendios.
- Caudal total:  $67.5 + 72 = 139.5 \text{ m}^3/\text{h}$ , aproximadamente 140 m<sup>3</sup>/h.

### Abastecimiento de agua contra incendios

- Demanda total de agua contra incendios: 720 m<sup>3</sup>/h.
  - Extinción: 140 m<sup>3</sup>/h. (Justificados en el punto anterior).
  - Refrigeración: 580 m<sup>3</sup>/h. (Se considera como superficie a refrigerar la lateral de los seis tanques).

Se contempla que un tanque está sometido a llama directa y los otros cinco circundantes reciben el calor radiante del incendiado:

$$\text{Caudal} = 220 \text{ m}^2 \times 10 \text{ litros/m}^2 \text{ min} \times 60 \text{ min/h} + 5 \times 220 \text{ m}^2 \times 6.8 \text{ litros/m}^2 \text{ min} \times 60 \text{ min/h} = 580.8 \text{ m}^3/\text{h}.$$

(Para la refrigeración de los cinco tanques se ha tomado 6.8 litros/m<sup>2</sup> min valor comprendido entre 48 litros/m<sup>2</sup> min de la Tabla 1).

- Presión mínima residual: 6 bar.

### Recomendaciones adicionales

- Sería conveniente añadir un hidrante al sur de los tanques, así como, colocar dos monitores portátiles con mangueras en el

## Bibliografía

(1) IP-Part 19

**Maximum Thermal Radiation Exposure Levels**

Fire Precautions at Petroleum Refineries and Bulk Storage Installations, 1993

(2) NFPA-11

**Standard for Low Expansion Foam and Combined Agent Systems, 1994**

(3) MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA

R.D. 1942/1993 de 5-11-93, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. BOE nº 298 martes 14 de diciembre 1993

Corrección de errores del R. D. 2085/1994, de 20 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas BOE nº 94 jueves 20 de abril 1995

(4) MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

Orden de 18 de Julio de 1991 por la que se modifica la Instrucción Técnica Complementaria MIE-APQ-001, referente a almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles

BOE nº181 martes 30 de julio 1991

(5) Mº DE RELACIONES CON LAS CORTES Y SECRETARIA DEL GOBIERNO. R.D. 74 / 92

Mº DE LA PRESIDENCIA. R.D. 1333 / 94

Mº DE OBRAS PUBLICAS, TURISMO Y MEDIO AMBIENTE. O. 23.11.94

Reglamento nacional del transporte de mercancías peligrosas por carretera

(6) TURMO SIERRA, E.

Radiación térmica en incendios de líquidos y gases. NTP-326-1993

Barcelona, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1993

(7) TURMO SIERRA, E.

Fugas en recipientes y conducciones: emisión en fase líquida. NTP-362-1994

Barcelona, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1994

(8) TURMO SIERRA, E.

Fugas en recipientes: emisión en fase gaseosa. NTP-385-1995

Barcelona, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1995

(9) INSTITUTION OF CHEMICAL ENGINEERS

**Major Hazards Onshore and Offshore**

Rugby, Institution of Chemical Engineers, 1992

(10) CEPREVEN

**Regla técnica para los abastecimientos de agua contra incendios. TT2-ABA**

Sagasta 18 Madrid, 1984