

INCENDIO EN UNA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE TANQUES

MÓDULO DE SEGURIDAD DE PROCESOS

Training for the prevention of fires and explosions
through the use of data analysis and simulation
Royal Academy of Engineering

Universidad Nacional de Colombia

PROYECTO **CULTURAL, CIENTÍFICO Y COLECTIVO** DE NACIÓN

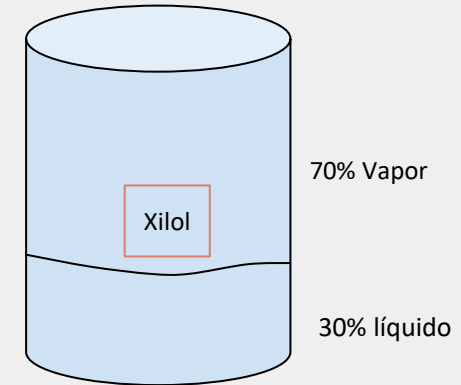
1. INTRODUCCIÓN



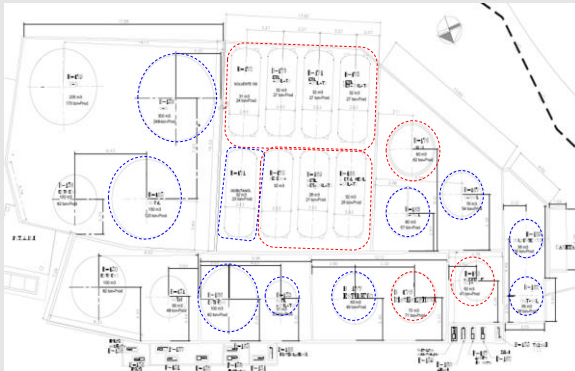
2. DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE



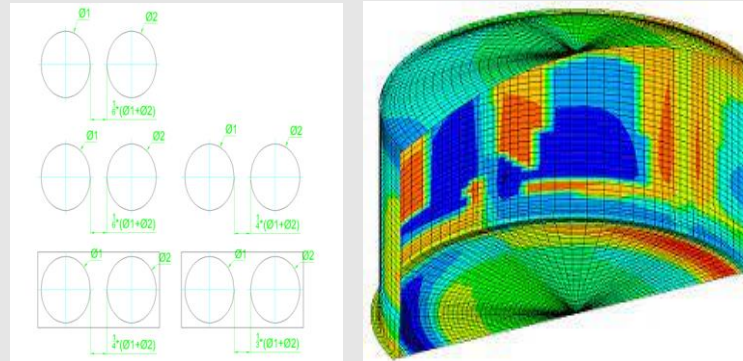
3. HIPÓTESIS



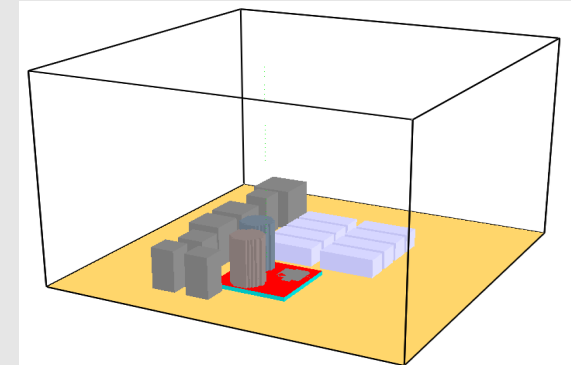
4. CONSECUENCIAS DEL INCIDENTE



5. DISEÑO PRESCRIPTIVO vs DISEÑO POR DESEMPEÑO



6. SIMULACIÓN FÍSICA DEL INCIDENTE



1. INTRODUCCIÓN



En la industria química, es muy común el almacenamiento de insumos líquidos inflamables en tanques atmosféricos

Este tipo de almacenamiento siempre implica un riesgo de incendio y explosión, más aún cuando el almacenamiento se dan en instalaciones que albergan múltiples tanques



Tony Atkin / *Oil Storage Tanks by the Cattewater* / CC BY-SA 2.0

Durante un incidente, un gran riesgo es el efecto dominó:

comienza en un tanque y afecta a los tanques cercanos, debido a factores como la carga de calor (conveccion y radiacion) y las ondas expansivas (explosiones)

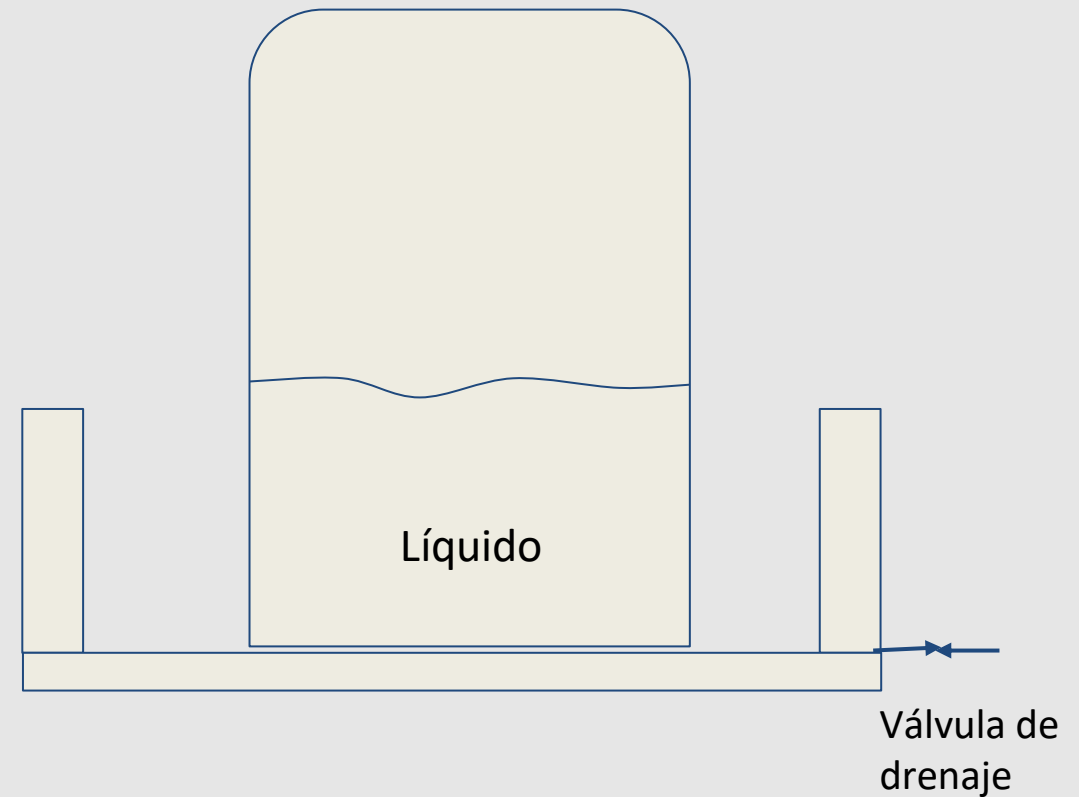
El incendio por empozamiento de líquidos, es el más común en este tipo de almacenamiento



RMoshi Anahory / CC BY-SA 2.0

Se conoce como incendio por empozamiento de líquidos, a la combustión del material que se evapora desde una capa de líquido en la base del incendio

El dique es una barrera de tierra o cemento diseñada para contener los derrames de líquidos dentro de un área segura, para evitar la propagación de un posible incendio



2. DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE



Se presentó una explosión y posterior incendio en el patio de tanques de almacenamiento de una planta dedicada a la producción de pinturas y agroquímicos.

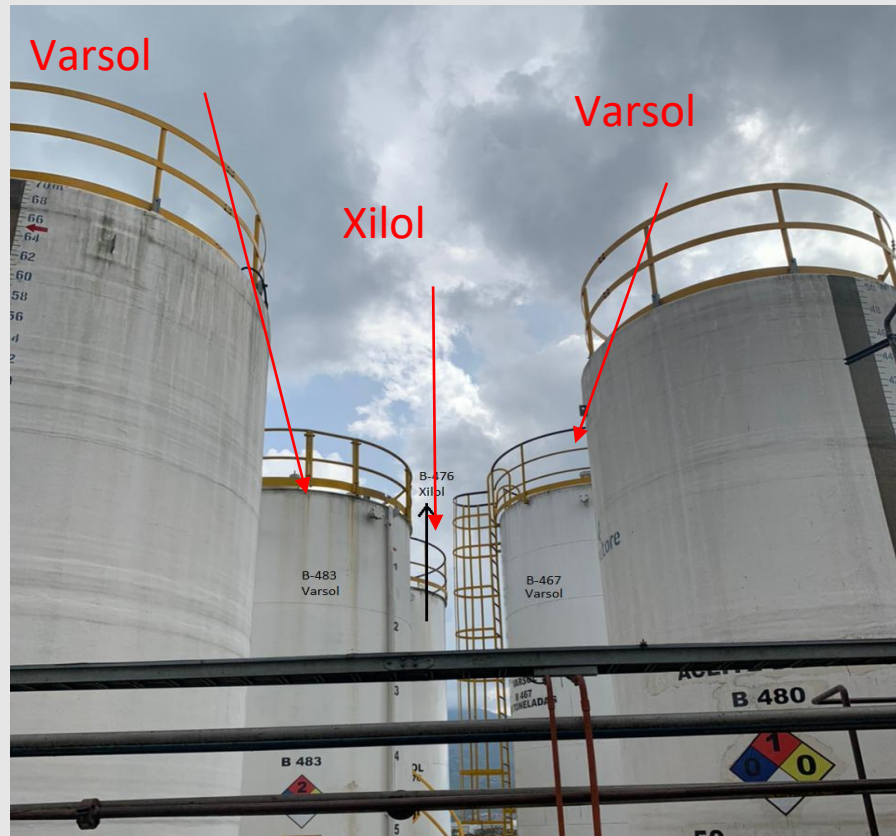
Ocurrieron 3 fatalidades durante el evento



Durante el evento

Tomada Twitter Corantioquia (junio 2021)

La explosión se generó en un tanque de almacenamiento de xilol



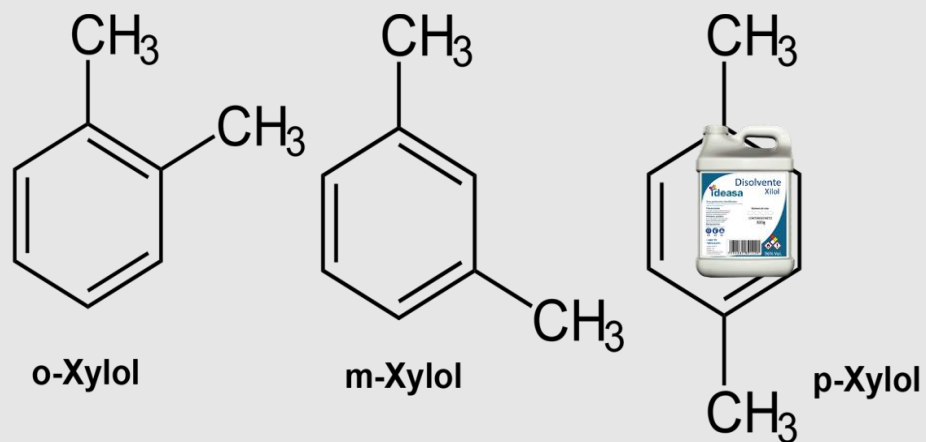
Antes del evento



Después del evento

El xilol (mezcla de isómeros de xileno) y el Varsol (destilado del petróleo) son insumos utilizados como solventes en la industria de pinturas.

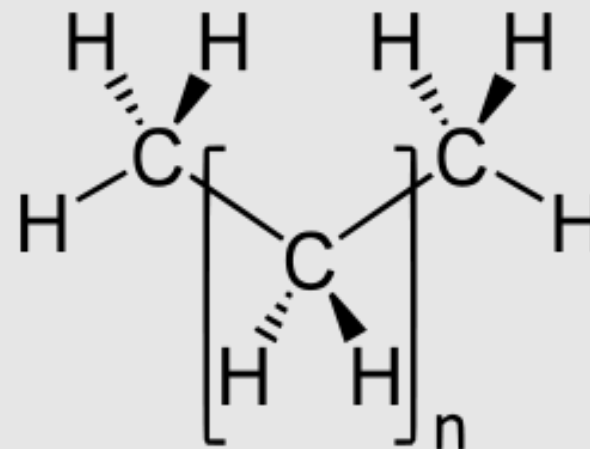
Xilol



Conservable. July 18, 2017.



Varsol



$n = 7, 8 \text{ o } 9$

Wikipedia contributors. 2023.



- “Xylole.” 2017. Conservable. July 18, 2017. <https://www.conservable.net/de/node/81069>
- Wikipedia contributors. n.d. “Alcano.” Wikipedia, The Free Encyclopedia. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Alcano&oldid=147330796>.

El tanque de xilol se desprendió de su base, salió en proyectil y cayó a 50 m de su posición inicial, entre dos plantas de producción



Antes del evento



Después del evento

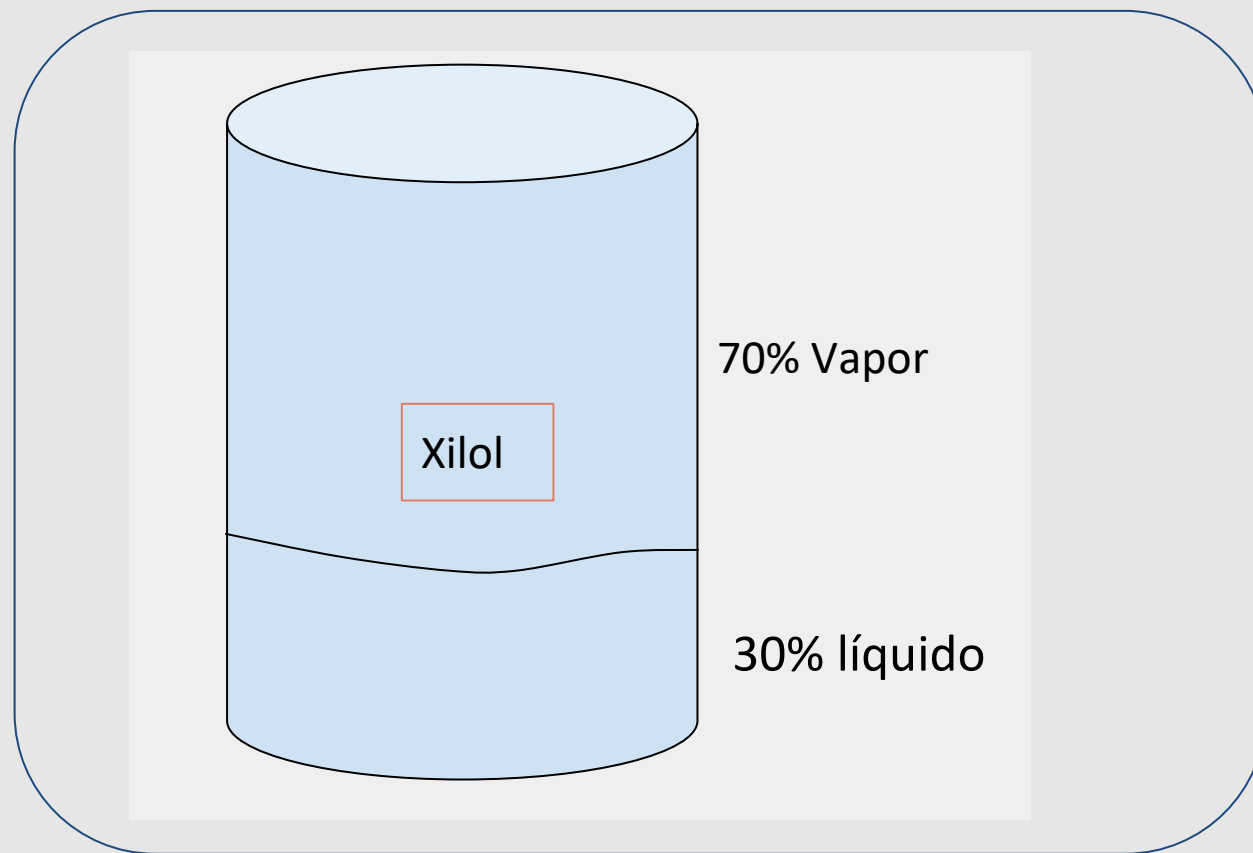
En diferentes medios de comunicación locales, se registró el voraz incendio posterior a la explosión del tanque de xilol



Durante el evento

Telemedellin.[<https://telemedellin.tv/>] (junio 2021). [Video].

3. HIPÓTESIS



El tanque de xilol, tenía un acceso de una guaya por un orificio de 1.27 cm para medir el nivel del líquido

Posiblemente por esa orificio salía vapor de xilol combinado con aire

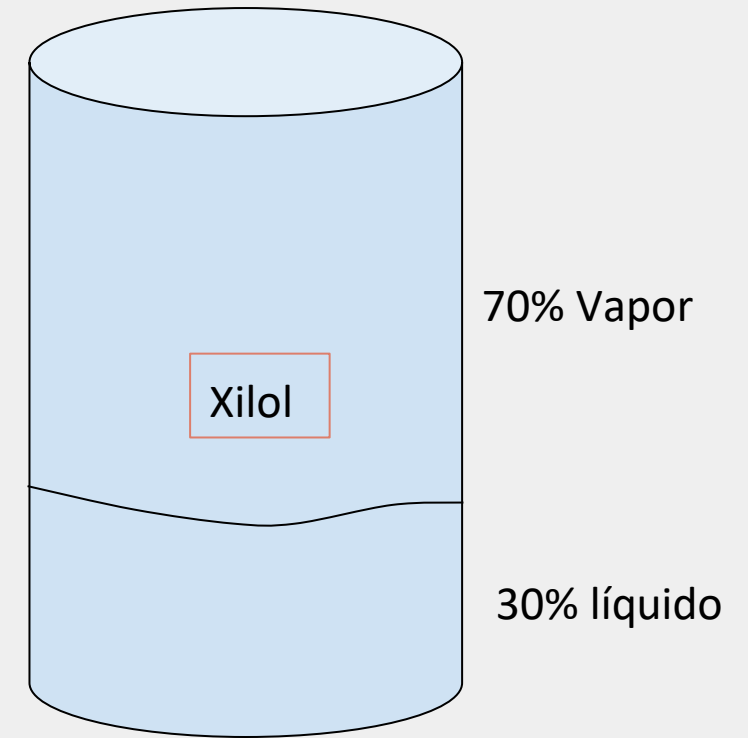


Parte superior del tanque después del evento

La presión atmosférica es del orden de 651.1mmHg y la temperatura promedio del ambiente del orden 22°C

A esas condiciones, la presión de vapor xilol es del orden de 9 mmHg. La concentración del xilol en el vapor es de 1.38% v/v (equilibrio Líq-Vap)

La mezcla está en el rango de los límites de inflamabilidad del xilol (LFL1.1 % - UFL 6.6 %)



Presión que ejerce la fase gaseosa o vapor sobre la fase líquida en un sistema cerrado a una temperatura determinada.

En este caso, se puede establecer la concentración de xilol en la fase gaseosa del sistema, por medio de su presión de vapor

Definen las concentraciones mínimas y máximas del vapor o gas en mezcla con el aire, en las que son inflamables

Videos de seguridad de la planta muestran que se estaba realizando **dos** trabajos en caliente sobre “la tapa” del tanque de xilol:

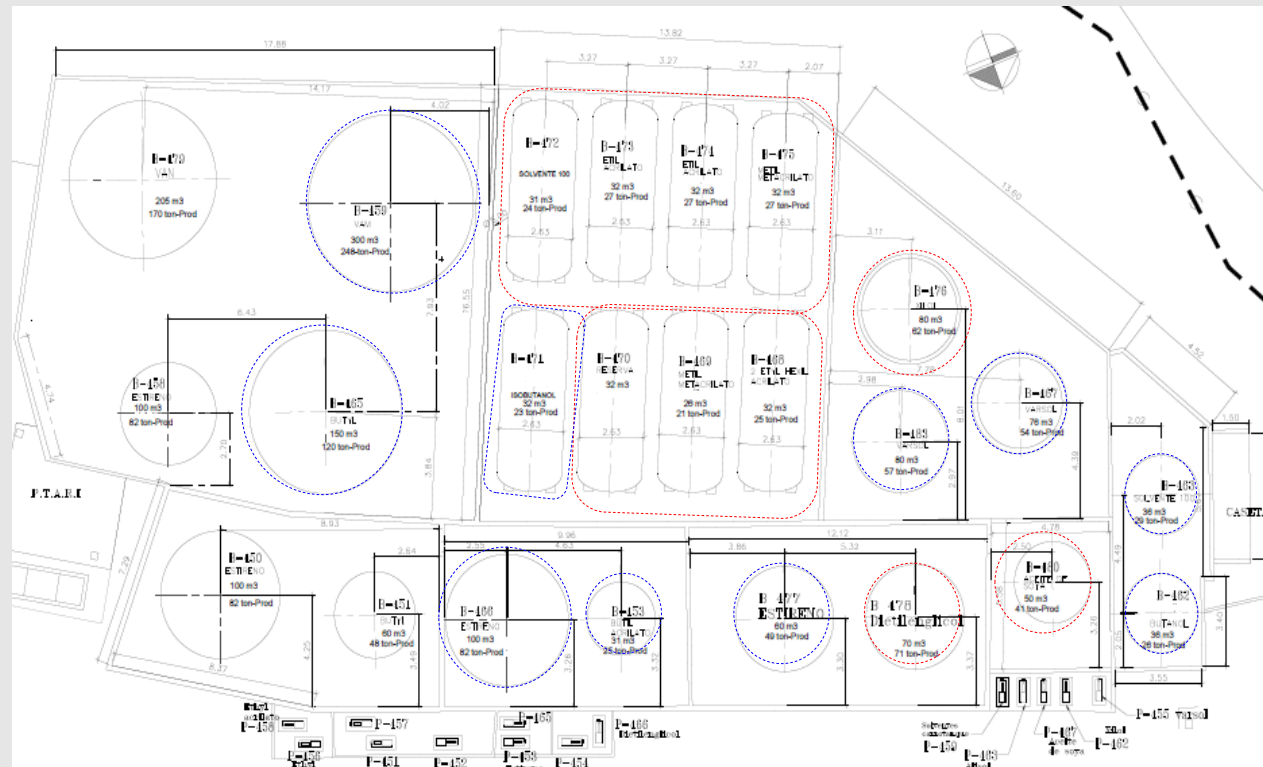
1. Reparación de ménsulas del tanque con soldadura
2. Pulido de superficies metálicas del tanque

Marcas de chispas en la tapa del tanque de xilol confirman esta hipótesis



Parte superior del tanque después del evento

4. CONSECUENCIAS DEL INCIDENTE



En el lugar donde cayó el tanque, no se generaron mayores afectaciones en la planta

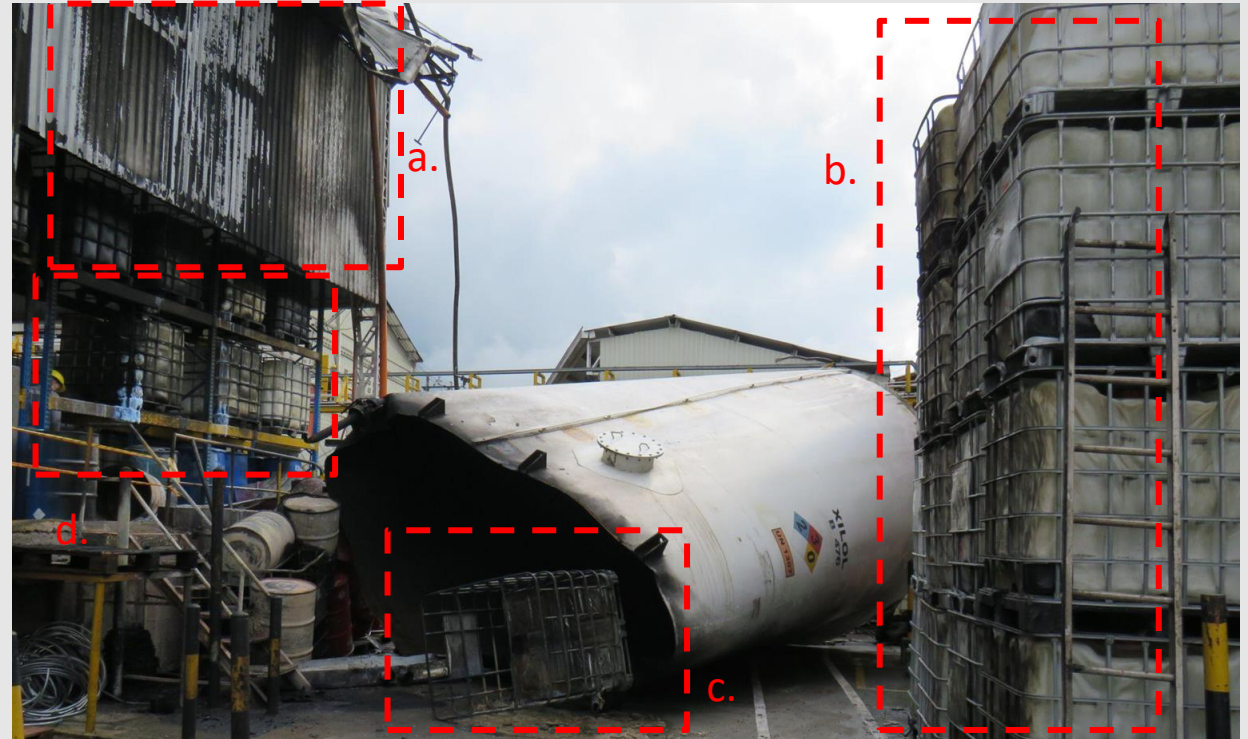


Después del evento



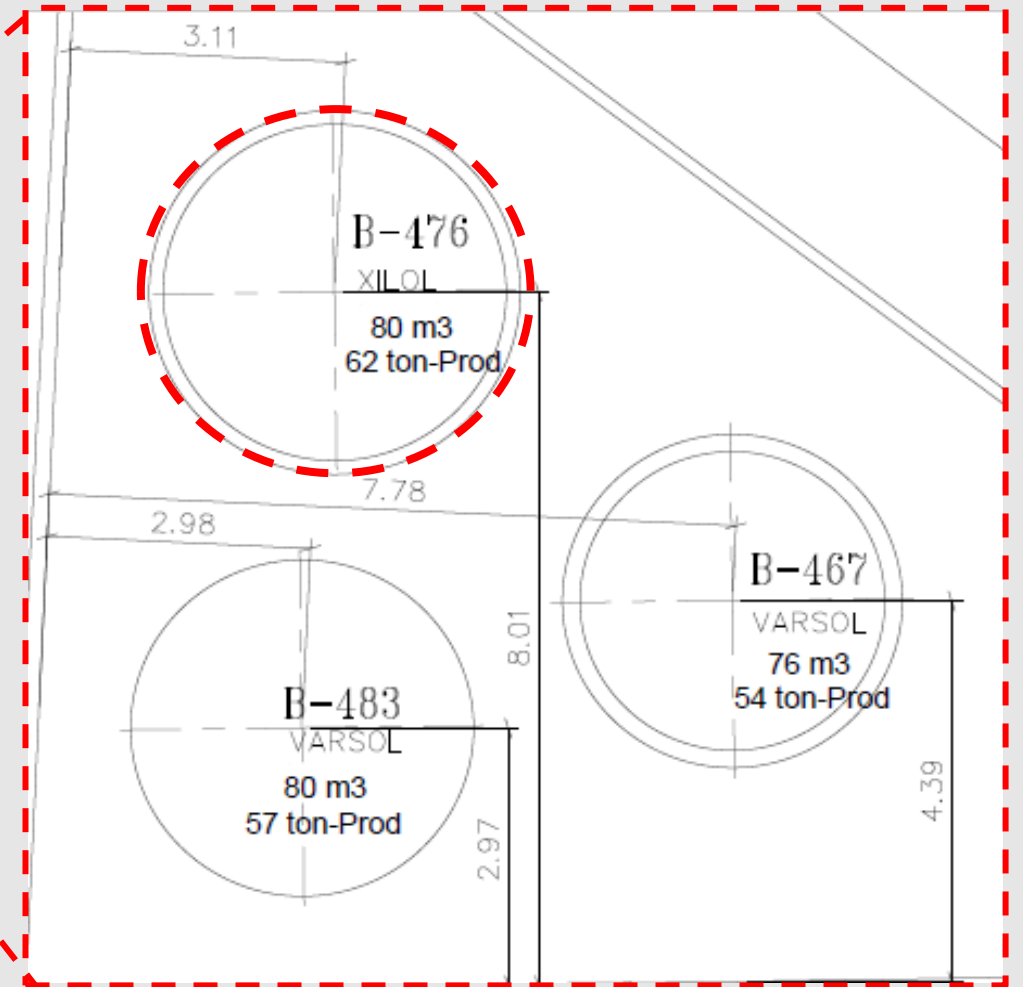
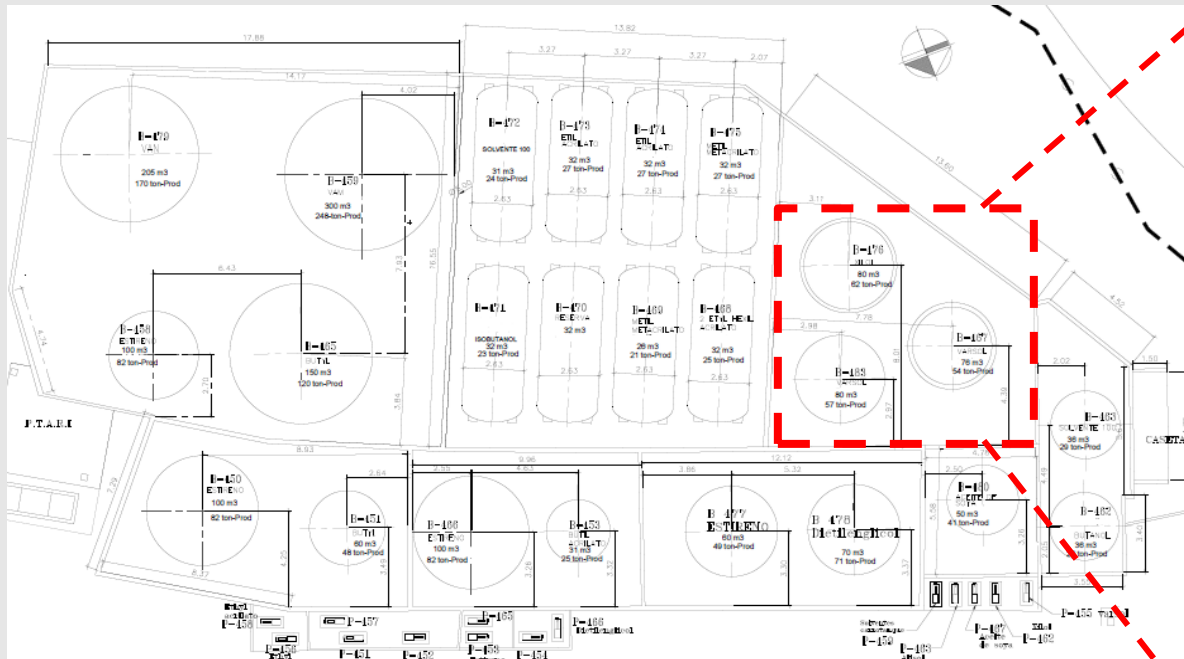
Después del evento

El incendio en esta zona no se propagó a las plantas de producción que había alrededor.



Después del evento

- a. Marcas de hollín
- b. No hubo participación en el incendio de los tanques plásticos cercanos
- c. Sólo un tanque participó en el incendio
- d. Marcas que muestran que el plástico de los tanques no se derritió por completo



Alrededor del tanque de xilol, había tanques de almacenamiento de varsol, estireno, butanol, acrilatos

La zona de los tanques de almacenamiento fue donde ocurrió mayor afectación por el incendio.



Después del evento

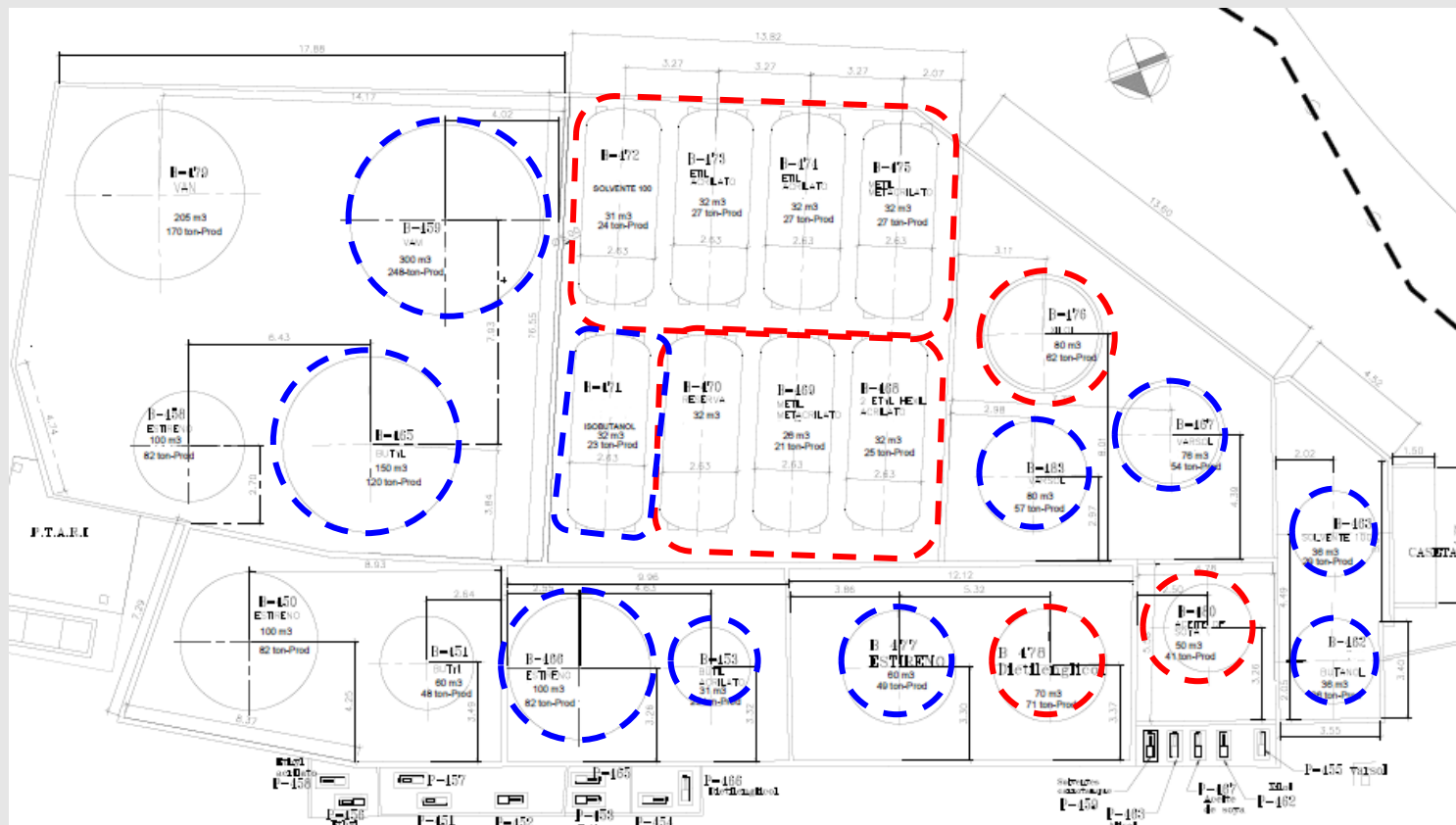
La oxidación sobre los tanques metálicos evidencian altas temperaturas y contacto directo de llamas con la superficie



Después del evento

En azul se demarcan los tanques con una pérdida parcial, o solo rastros de llamas en las superficies.

En rojo los tanques tuvieron una pérdida total



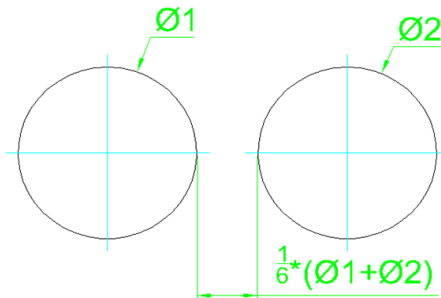
Aunque la planta química cumplía con las normas de protección contra incendios (NFPA 30), en el incidente se evidenció el efecto dominó del incendio

Lecho flotante o líquido

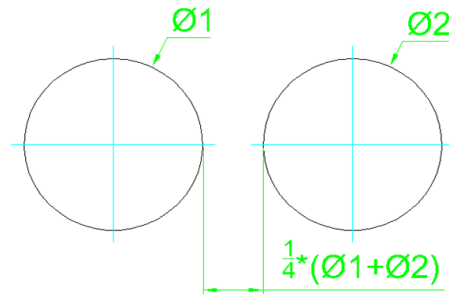
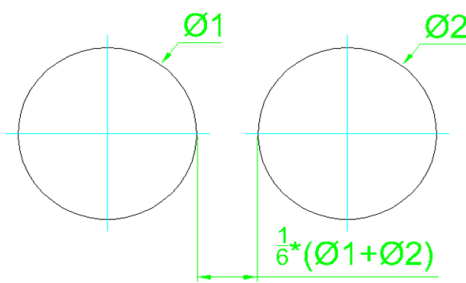
IIIA

Líquido I o II

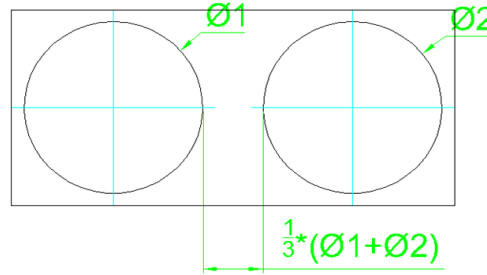
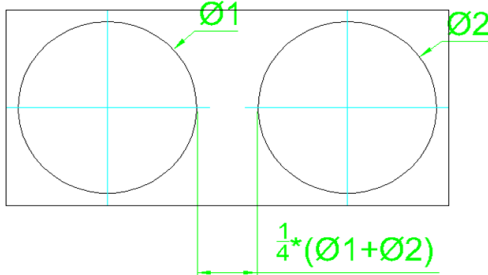
$\emptyset < 45m$



$\emptyset \geq 45m$



$\emptyset \geq 45m$



Líquido I - Punto de inflamación menor o igual que 22.8°C

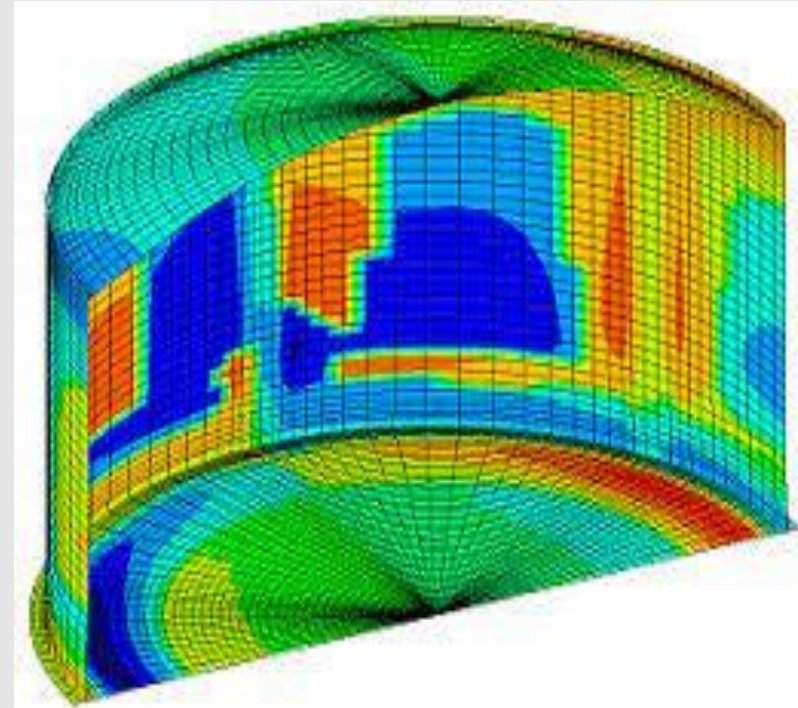
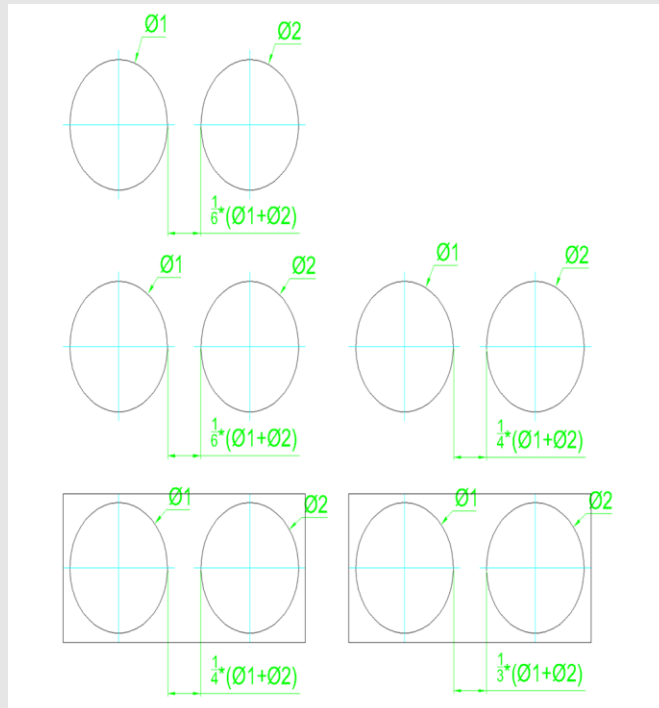
Líquido II - Punto de inflamación mayor a 37.8°C e inferior a 60°C

Líquido IIIA - Punto de inflamación mayor a 60°C e inferior a 93°C

La distribución de tanques en la planta para reducir el riesgo de incendio se rige por la norma técnica NFPA 30, se presenta la tabla de espaciamiento mínimo entre tanques

Este tipo de diseño de seguridad contra incendios se conoce como **DISEÑO PRESCRIPTIVO**.

5. DISEÑO PRESCRIPTIVO vs DISEÑO POR DESEMPEÑO



DISEÑO PRESCRIPTIVO

Es aquel que sigue una estructura de lineamientos establecidas por un comité de expertos en un documento técnico (código, normas, estándar).

El diseño prescriptivo de un tanque a presión atmosférica, implica que el diseñador realice una clasificación de las condiciones del tanque, se dirige a la norma técnica y siga los lineamientos establecidos.



(Direct, 2022)

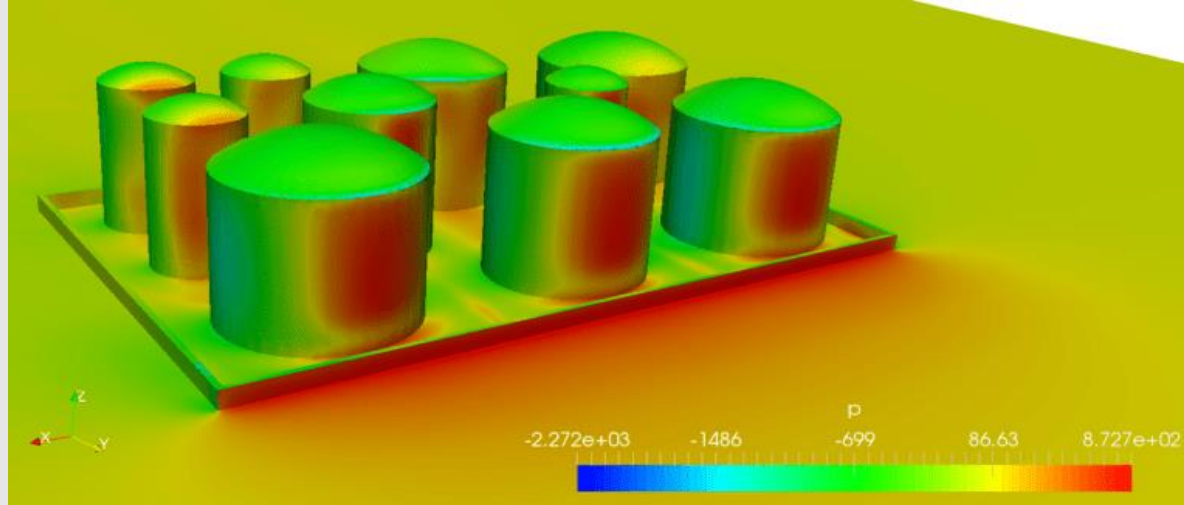
¿Por qué se propagó de tal manera el incendio, si se cumplían las normas técnicas?

¿Qué fallas puede tener el diseño prescriptivo de protección contra incendios?

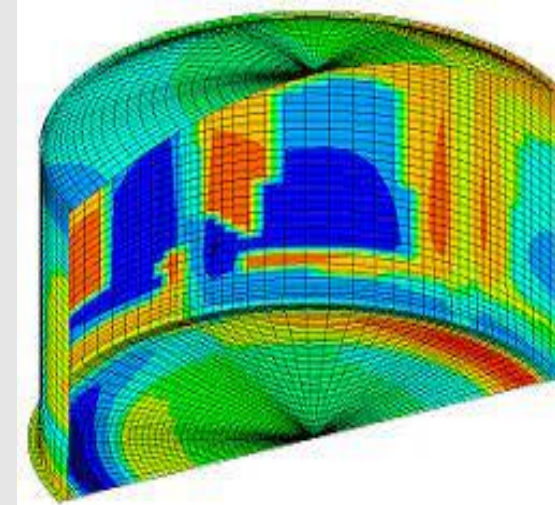
¿Qué otras opciones hay además del diseño prescriptivo?

La desventaja que presenta el diseño prescriptivo es que no tiene en cuenta condiciones específicas de cada situación, por ejemplo las condiciones ambientales y calidad de materiales, calidad de personal, etc. En el caso de la distribución de tanques, el diseño prescriptivo no tiene en cuenta condiciones específicas que afectan la transferencia por radiación o conducción.

DISEÑO POR DESEMPEÑO



(Giraldo, 2021)



(Laughlin, 2009)

Es la aplicación de la ciencia y la ingeniería para diseñar teniendo en cuenta las características específicas. Un diseño por desempeño se puede usar para recomendar ajustes más estrictos a las normas de seguridad. **Tecnologías emergentes** como las **herramientas de simulación física** permiten aplicar el diseño por desempeño.

TECNOLOGIAS EMERGENTES – HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN FÍSICA

Las herramientas de simulación física permiten modelar mediante computadora sistemas como el del incidente mostrado anteriormente.

FireFOAM

Open  **FOAM®**

Es gratuito y de código abierto. Tiene una amplia gama de herramientas para modelar incendios.

FDS-SMV

Fire Dynamics Simulator (FDS) and Smokeview (SMV)

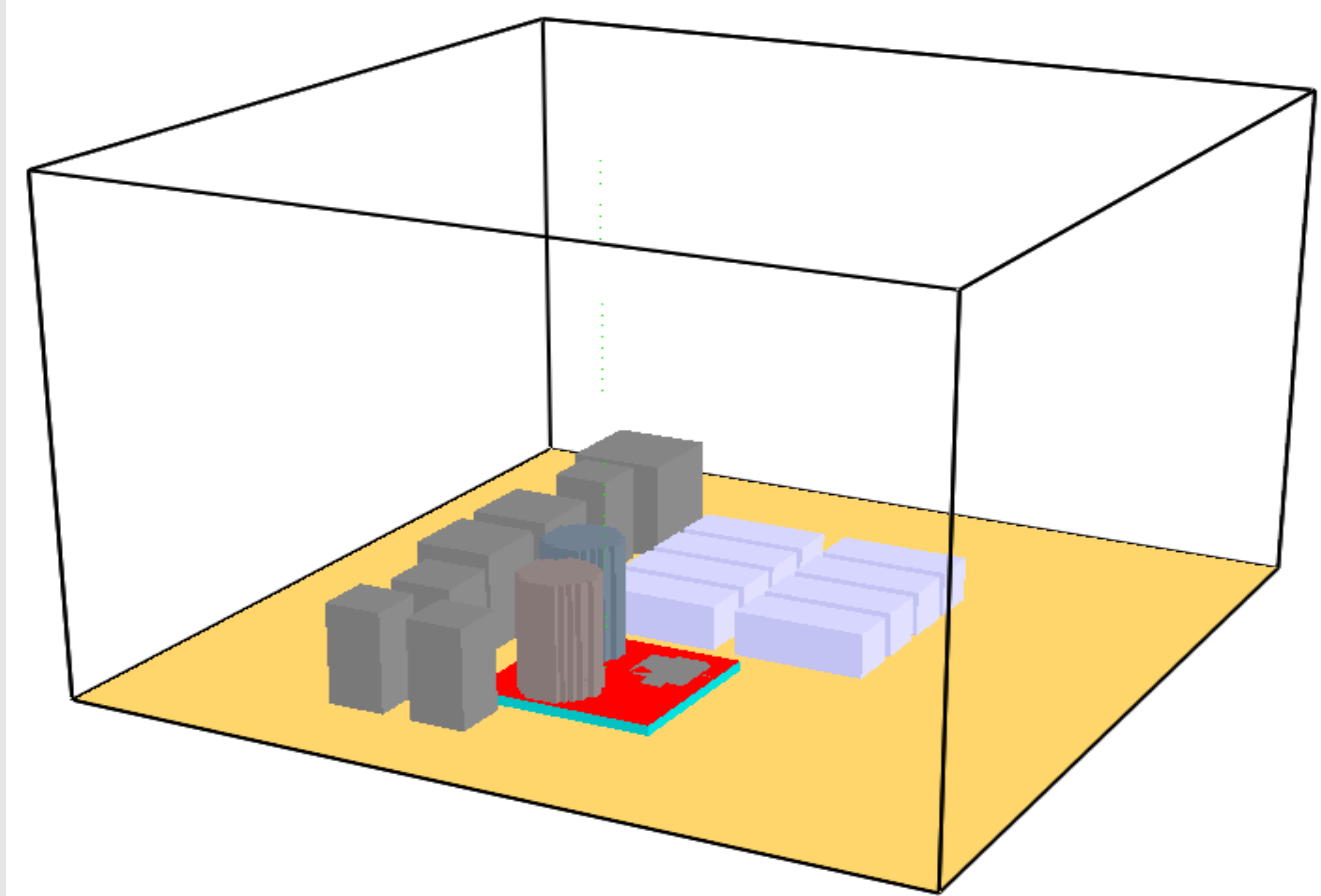
Es gratuito y de código abierto. Utilizado para modelado de flujo de derivados del fuego.

ANSYS

Fluent

Es comercial, para modelado físico y simulación de flujo de fluidos.

6. SIMULACIÓN FÍSICA DEL INCIDENTE



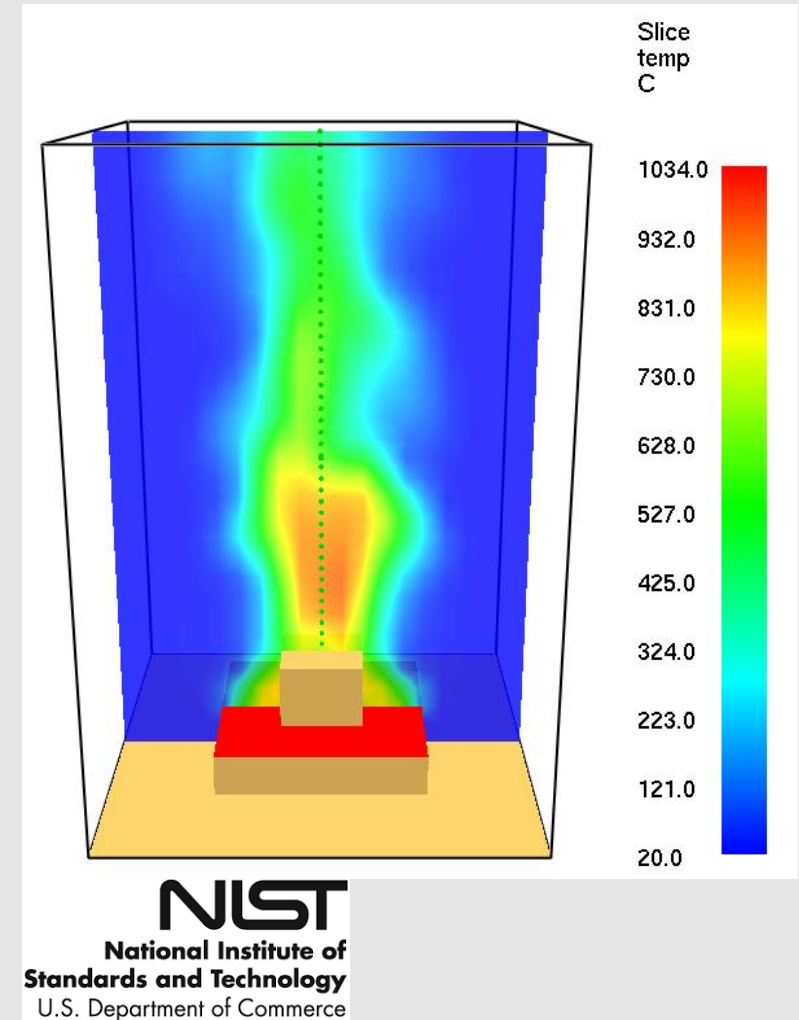
Se usó FDS (“*Fire Dynamics Simulator*”) para modelar el incendio mostrado anteriormente.

FDS y Smokeview son herramientas de software libre y de código abierto proporcionadas por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) del Departamento de Comercio de los Estados Unidos.

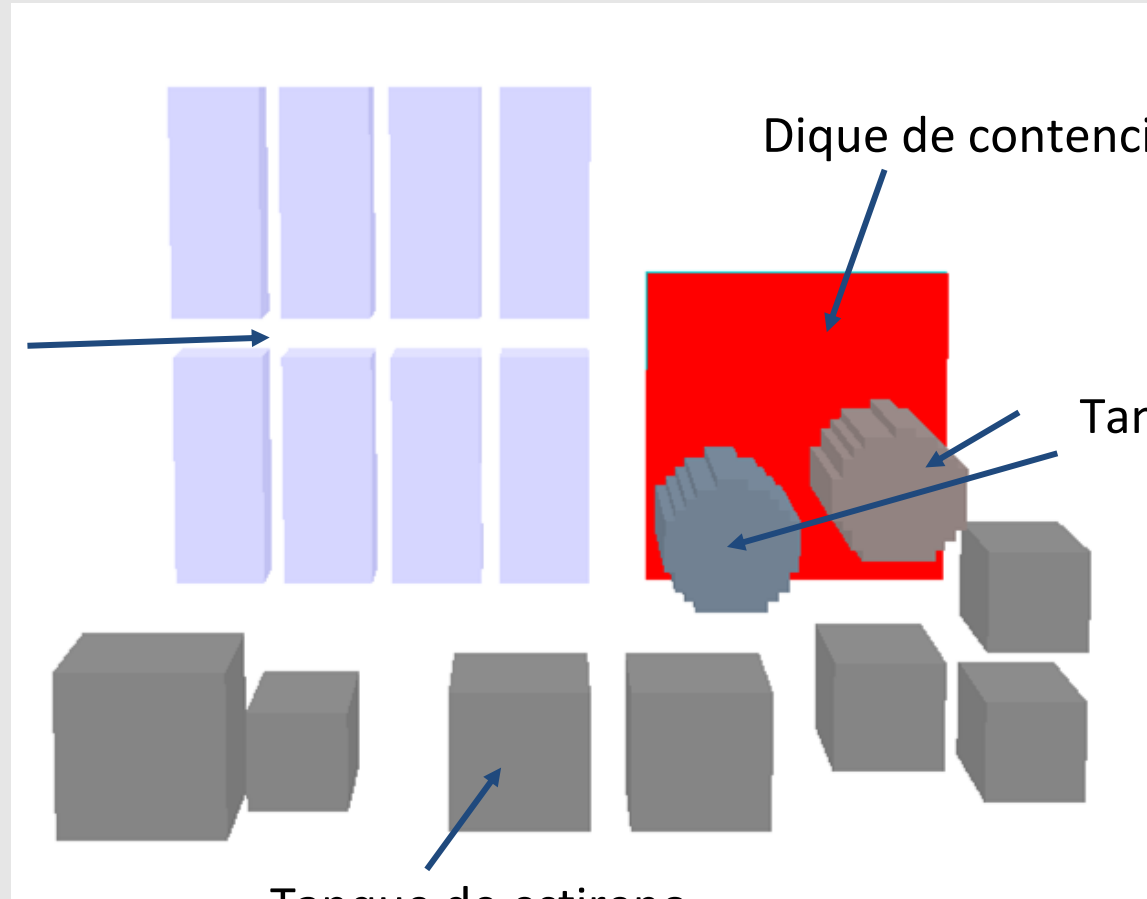
En la simulación se consideraron 2 casos:

1. Sin velocidad del viento
2. Velocidad del viento de 6 m/s

El caso 2 usualmente no es considerado en el diseño por desempeño



Tanques
horizontales



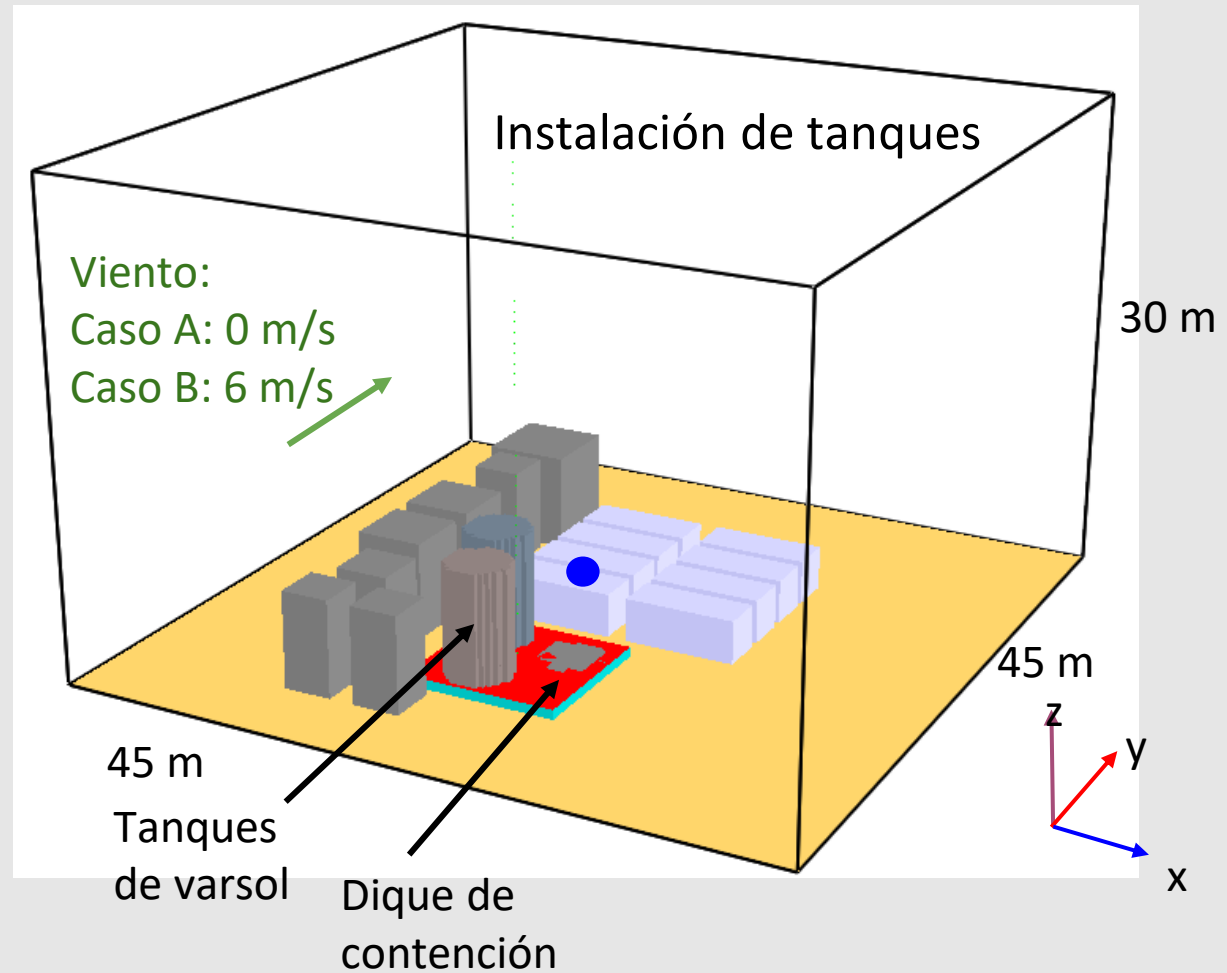
Tanques de Varsol

Tanque de estireno

Se consideró un dominio computacional de 45 m de ancho, 45 m de largo y 30 m de alto

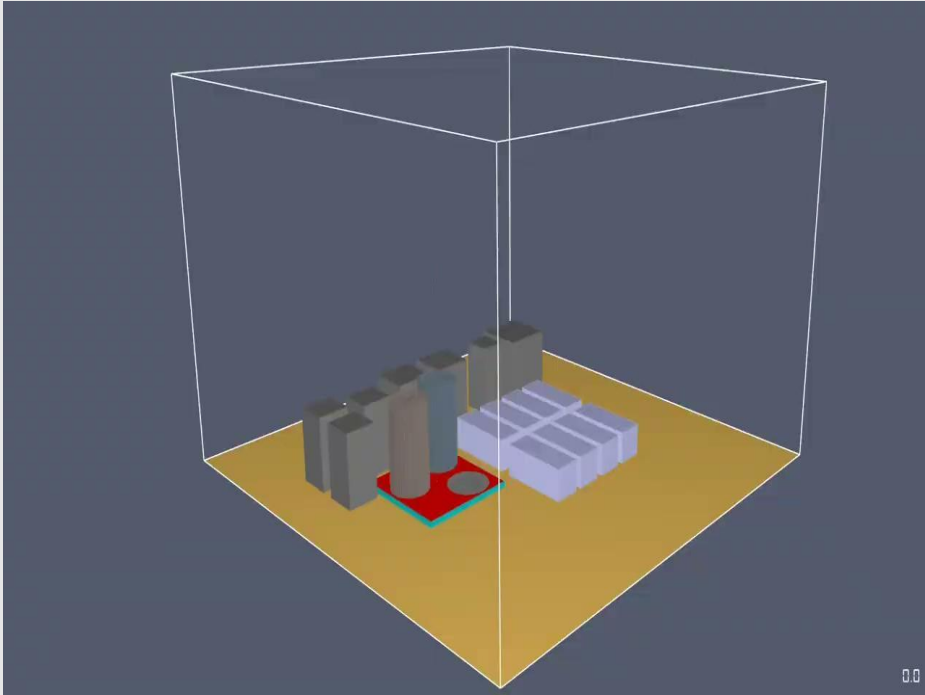
Los tanques se representan como un paralelepípedo

Para los tanques de varsol, se recreó la forma cilíndrica usando varios paralelepípedos.

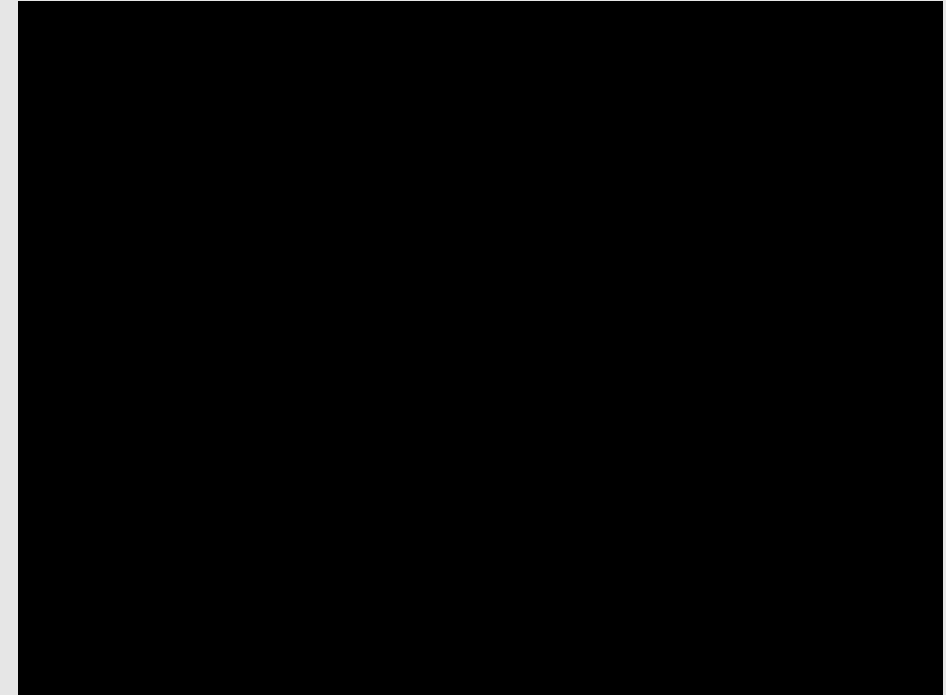


RESULTADOS SIMULACIÓN

Movimiento del humo en el ambiente



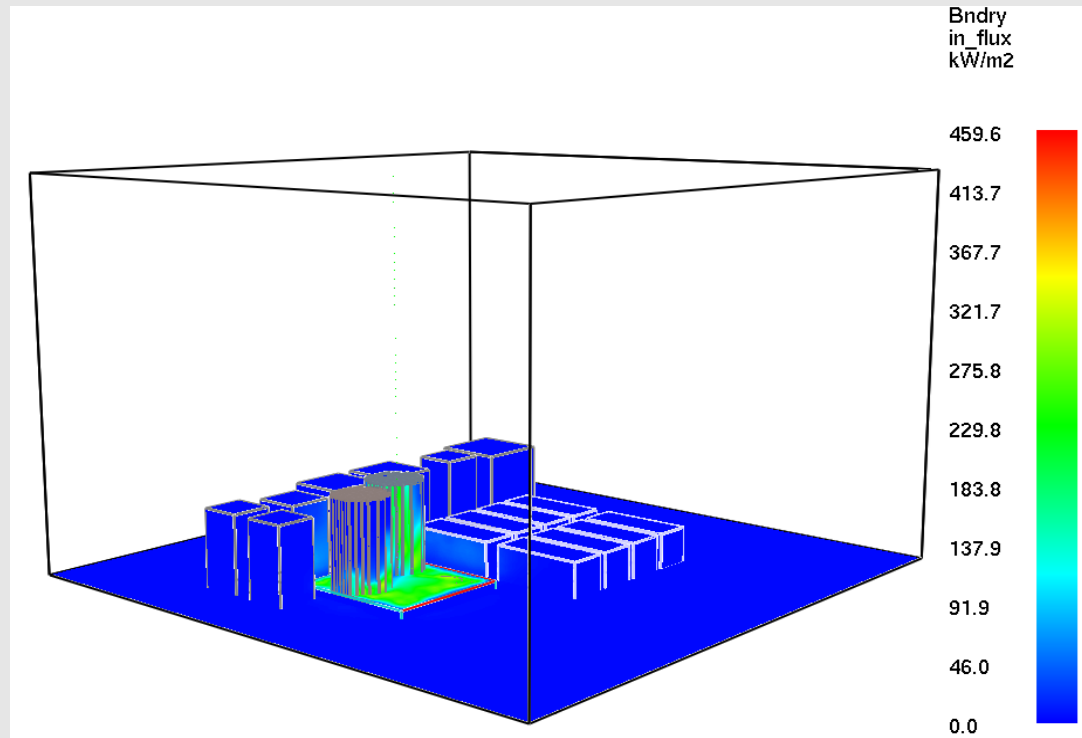
Velocidad del viento = 0m/s



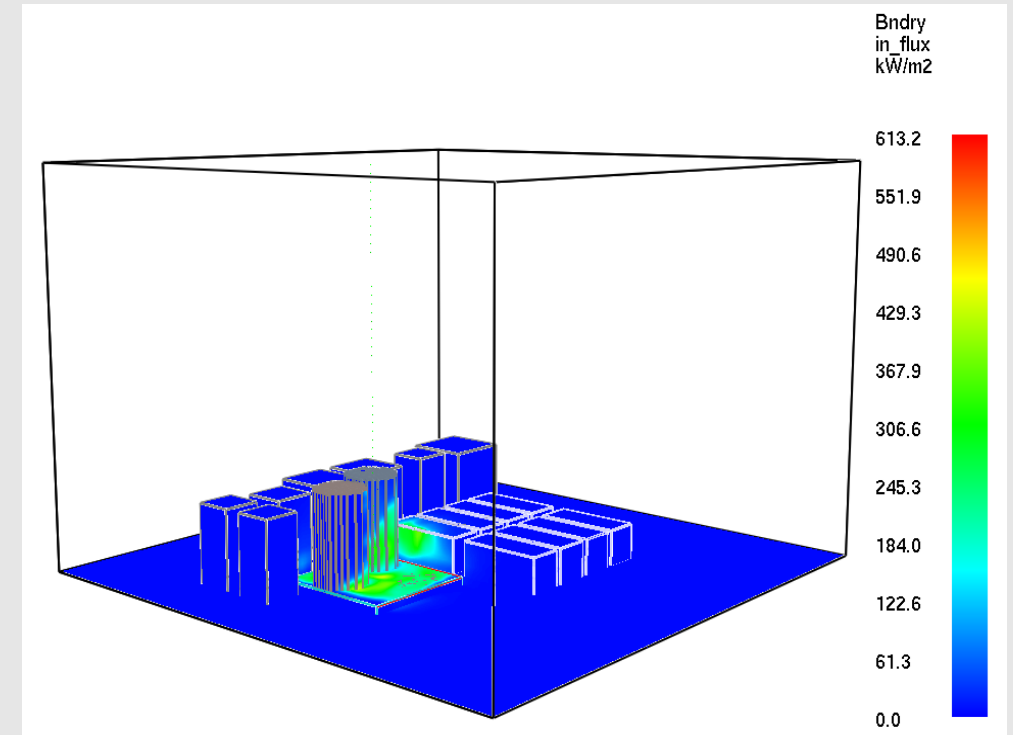
Velocidad del viento = 6m/s

¿Cómo influye la velocidad del viento en el movimiento del humo producido por el incendio?

Flujo de calor en las superficies



Velocidad del viento = 0m/s



Velocidad del viento = 6m/s

¿En qué caso hubo mayor incidencia de calor?

- ¿Se debieron tener en cuenta las condiciones meteorológicas a la hora de diseñar la distribución de los tanques?
- ¿Cree que el diseño prescriptivo es suficiente para el diseño de un sistema de seguridad contra incendios?
- ¿Considera útil la combinación del diseño prescriptivo junto con el diseño por desempeño en la prevención de incendios?
- A su juicio, ¿son útiles las tecnologías emergentes y las herramientas modernas de ingeniería (como las herramientas de simulación física) en la prevención de incendios?



<https://forms.gle/mu3qm3bMGgkmygWi6>



Gracias

Luis Francisco Vallejo Molina
lfvallejom@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia

PROYECTO **CULTURAL, CIENTÍFICO Y COLECTIVO** DE NACIÓN