

# ANÁLISIS DE RIESGOS DE INCENDIOS EN PLANTAS DE ALTO RIESGO

Jaime A. Moncada, PE  
Director – IFSC



## INTRODUCCIÓN DEL PONENTE Jaime A. Moncada, PE – [jam@ifsc.us](mailto:jam@ifsc.us)

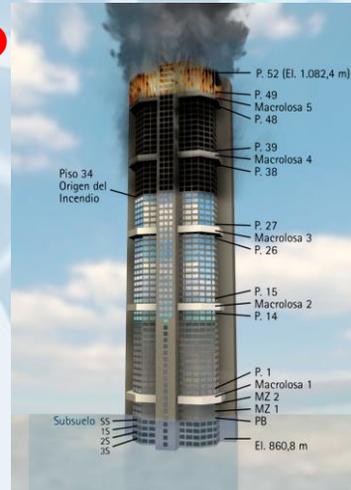
- Ingeniero de Protección Contra Incendios (U. of Maryland, 1985). Maestría en Gerencia de Tecnología (U. of Maryland, 1991).
- Director de IFSC; Consultor especializado en Latinoamérica.
- Fundador Sección Latinoamericana de la NFPA; Coeditor del Manual de Protección contra Incendios de la NFPA; Ex Vicepresidente de la SFPE.
- Fue por 15 años director de desarrollo profesional en NFPA



3

## ANÁLISIS DEL RIESGO DE INCENDIO

- Para que sirve:
  - ¿Que puede pasar?
  - ¿Que tan grave puede ser?
  - ¿Que tan probable es de que ocurra?



4

## NOMENCLATURA

- **Fire = Incendio/Fuego**
- **Assessment = Valoración; Analysis = Análisis**
- **Fire Risk Analysis (FRA) = Valoración del Riesgo de Incendio**
- **Fire Hazard Analysis (FHA) = Análisis del Peligro de Incendio**
- **Hazard = Peligro**

5

## RIESGO O PELIGRO DE INCENDIOS

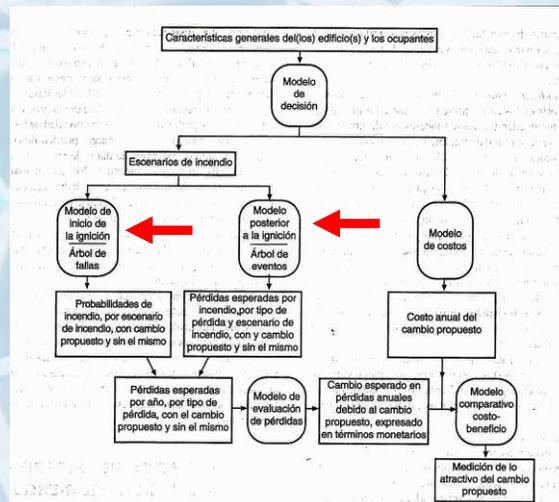
- **Peligro:** Potencial de daño intrínseco en la operación de cualquier instalación; parte de nuestra vida, de la operación industrial...
- **Riesgo:** Resultado de no tomar las medidas necesarias para minimizar el peligro... la probabilidad de que un incendio produzca un daño



6

## ESQUEMA CONCEPTUAL DE LA VALORACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIOS (FRA)

- **Rombos** son los modelos
- **Rectángulos** son las entradas o salidas de los modelos



## QUE ES EL FRA



- El FHA\* es parte del FRA\*\*
- El FRA es mucho más que el FHA
- \*Análisis del Peligro del Incendio
- \*\*Valoración del Riesgo de Incendio

## QUE ES EL FRA



- ← Sistemático, estructurado, auditable. Lista de riesgos, ¿dónde?
- ← Tamaño, severidad y duración del escenario y su impacto
- ← Posibilidad, costo-eficiencia
- ← Medida de muertos/heridos, daños económicos y ambientales en términos de probabilidad y severidad
- ← Compare con normas o guías corporativas.



## ANÁLISIS DEL PELIGRO DE INCENDIO – (FHA)



## CENTRO RECEPTOR DE GAS – PEMEX REYNOSA

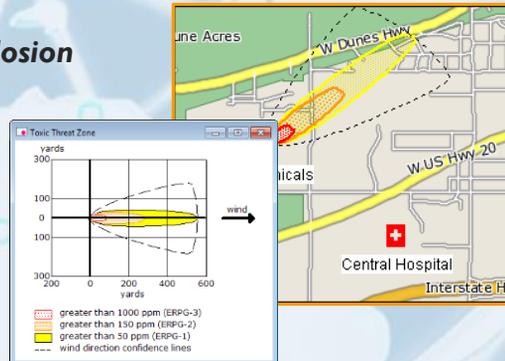


Sep 18, 2012  
31 muertos  
42 heridos



## HERRAMIENTAS ANALÍTICAS PARA LA INDUSTRIA

- ALOHA – *Areal Locations of Hazardous Atmospheres* (NOAA/EPA)
- PHAST – *Process Hazard Analysis Software Tool* (DetNorskeVeritas)
- FRED – *Fire Release Explosion Dispersion* (Shell)
- FIREX -EFFECTSGIS – KAMALEON FIRE E-3D - REDIFEM - CANARY



## HERRAMIENTAS ANALÍTICAS PARA LA INDUSTRIA

### Análisis de Incendios y Explosión

- Incendios de piscina
- Llamas tipo jet
- Radiación térmica de una bola de fuego
- Explosiones de nubes de vapor
- Explosiones de tanques sobre presurizados
- Estabilidad estructural del acero
- Radiación de un Rebosamiento por Ebullición (Boil-Over)



## NIVELES DE RADIACIÓN EN UN TANQUE DE PETRÓLEO

### Nivel Máximo de Radiación

- En Inglaterra refrigerar entre 8 a los 12 kW/m<sup>2</sup> (IPI9: D.2.iii)
- En México y Europa en la sup de un tanque: 15 kW/m<sup>2</sup> (EN1473:Tabla A.1)
- En EU para diseño de estructuras: 15,77 Kw/m<sup>2</sup> (API 521:Tabla 8).
- 25 kW/m<sup>2</sup> dañaría equipos de proceso (GFPCPPF: 5.11.3)
- Tanque de GLP puede resistir hasta 22 kW/m<sup>2</sup> de radiación (API 2510A: 5.2.6.1.3)



**Table 66.8** Summary of the heat flux from 12-m-diameter toluene pool fire to 30 m target at ground level with no wind

Heat flux calculation method	Heat flux (kW/m <sup>2</sup> )
(a) Shokri and Beyler correlation	3.6
(b) Point source model	5.3
(c) Shokri and Beyler method using shape factor algebra	4.5
(d) Mudan method using shape factor algebra	4.45

## DISTANCIAMIENTO



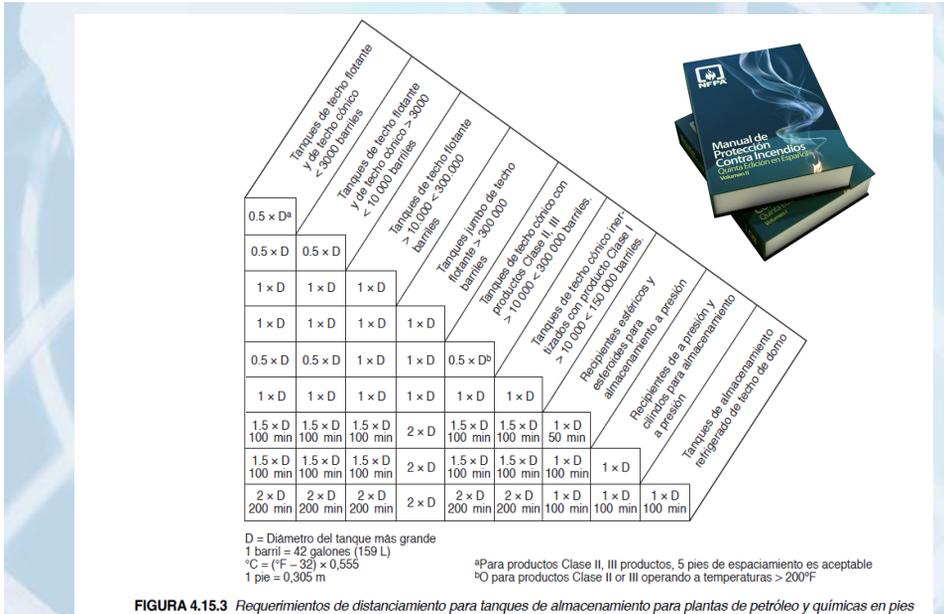


FIGURA 4.15.3 Requerimientos de distanciamiento para tanques de almacenamiento para plantas de petróleo y químicas en pies



1. Parafina vaporizada + fuente de ignición.....
2. Vacío creado por el aire caliente.....
3. Crayola está hecha de parafina y pigmentos.....
4. Bola de ping-pong esta hecha de celuloide.....
5. Vela se quema más rápido donde no tiene punta.....
6. El oxígeno desaparece por la combustión.....
7. El extremo caliente expande el aire incrementando su flujo.....
8. Bicarbonato de sodio y azúcar son combustibles.....
9. Creación de un vórtice de aire.....
10. Estropajo de acero es combustible.....

youtube.com/brusspup

19

## COMO ANALIZAR LAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO

- Prevención de la ignición
- Control del proceso de combustión
- Control del incendio mediante la construcción
- Detección y notificación temprana del fuego
- Extinción automáticamente del incendio
- Extinción manual del incendio
- Control de lo expuesto

20

## NFPA 551

### Guía para la Evaluación de Valoraciones de Riesgo de Incendios

- **Su alcance es proveer asistencia a la AC**
- **No es la base para la ejecución del FRA**
- **Describe proceso de revisión del FRA**
- **No indica como ejecutar el FRA**

NFPA<sup>®</sup> 551

Guide for the  
Evaluation of Fire  
Risk Assessments

2016 Edition

21



# NFPA 550

## Árbol de Decisiones para la Seguridad Contra Incendios

- Prevención de la Ignición o
- Control de Incendio

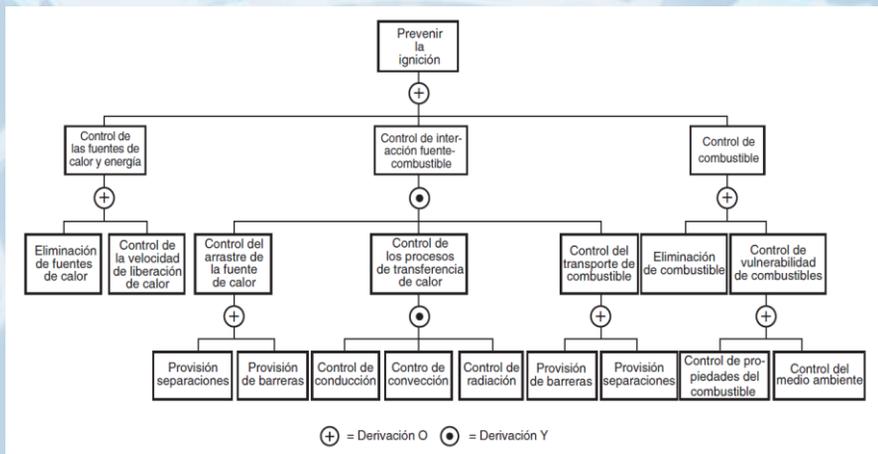
**1.2 Objeto.** Esta guía pretende facilitar herramientas para ayudar a los Profesionales en Seguridad contra Incendios (p.e. Ingenieros, Proyectistas, Legisladores) en relación con los conceptos de protección y seguridad contra incendios. Su uso puede ayudar al análisis de códigos y estándares y facilitar el desarrollo de diseños por prestaciones.

**1.3 Aplicación.** El Árbol de Decisiones para la Seguridad contra Incendios proporciona un procedimiento general mediante el cual se analiza el impacto potencial de las estrategias de seguridad contra incendios. Puede identificar vacíos y áreas de redundancia en las estrategias de protección contra incendios, como ayuda a la hora de tomar decisiones al respecto. El uso del Árbol de Decisiones para la Seguridad contra Incendios deberá ir acompañado de la aplicación de sólidos principios de ingeniería de protección contra incendios.



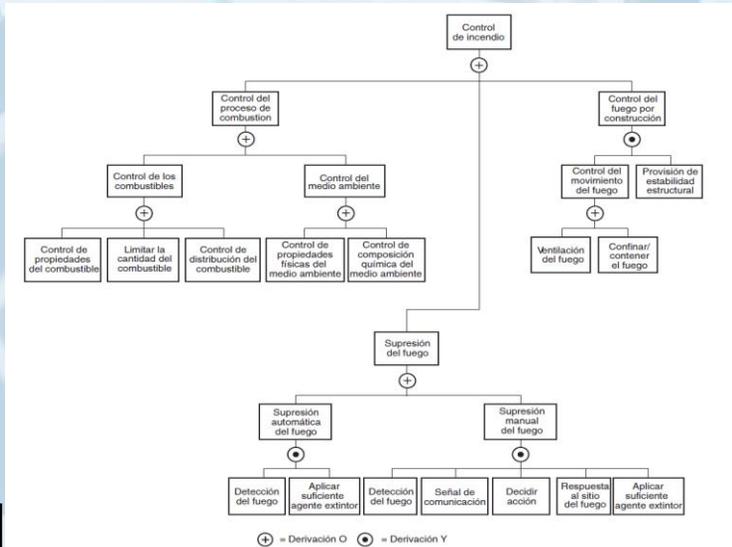
22

# NFPA 550 – CONTROL DE LA IGNICIÓN



23

## NFPA 550 – CONTROL DEL INCENDIO



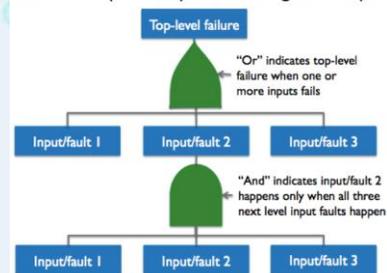
INTERNATIONAL FIRE SAFETY CONSULTING

24

## ÁRBOL DE FALLAS (FAULT TREES)

- El modelo lógico más común es el **Árbol de Fallas**
- Es un modelo gráfico
- Herramienta poderosa para hacer un análisis cualitativo
- Puede ser cuantificado
- Diferente que NFPA 550

Fault tree top-level, input/fault, and gate example



INTERNATIONAL FIRE SAFETY CONSULTING

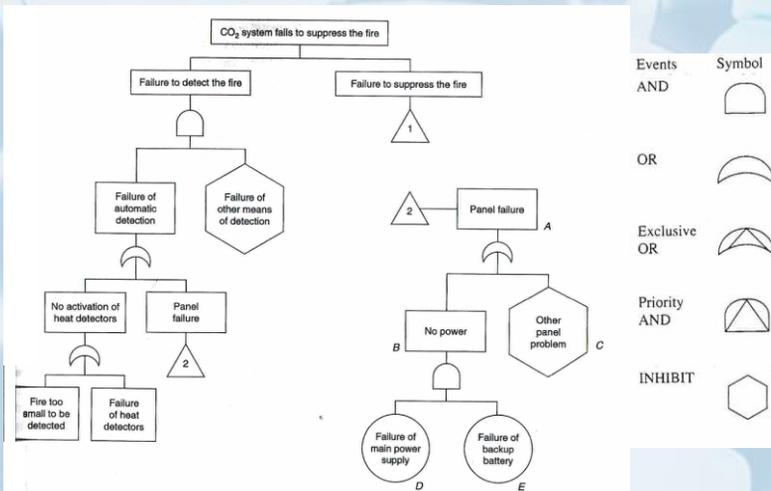
25

# ÁRBOL DE FALLAS – SISTEMA CO<sub>2</sub>



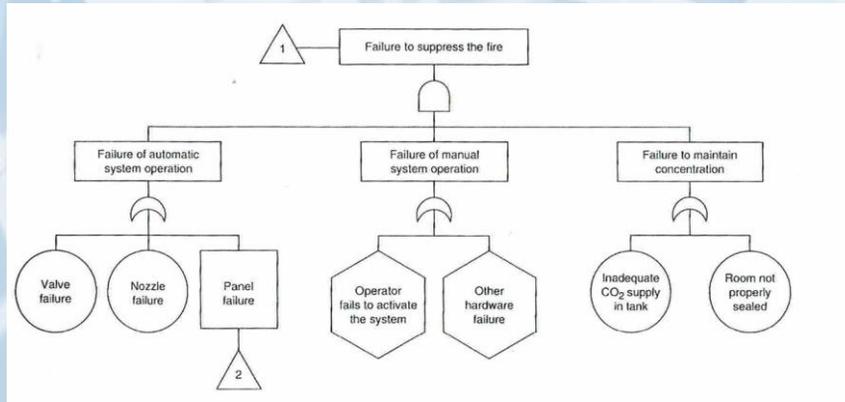
26

# ÁRBOL DE FALLAS – SISTEMA CO<sub>2</sub>



27

## ÁRBOL DE FALLAS – SISTEMA CO<sub>2</sub>



28

## PLAN MESTRO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS



**El Plan Maestro de Seguridad contra Incendios:** La mejor estrategia para identificar y mitigar los riesgos de incendios es la elaboración de un Plan Maestro de Seguridad contra Incendios, ya sea en una instalación existente o en el proceso de diseño de una instalación nueva. Es la mejor guía para adecuar, de la manera más racional y coherente posible, la instalación a un nivel aceptable de seguridad contra incendios. Profesionales en ingeniería de protección contra incendios externos son la manera más común de lograr este objetivo, eso sí, con la debida discusión y revisión de todos los interesados en la instalación, para que las recomendaciones sean factibles y cuenten con el apoyo interno necesario para que puedan ser llevadas a cabo.

En el análisis de la seguridad contra incendios de una instalación se debe tener, sobre todo, rigor normativo. Un nivel aceptable de seguridad contra incendios se obtiene analizando una estructura, edificio o complejo como un todo, incluyendo la evaluación de la seguridad humana (medios de egreso, señalización, iluminación); la definición, diseño e instalación de los sistemas de supresión y de alarma, detección y notificación; la especificación y limitación de los contenidos interiores; acceso al departamento de bomberos y exposición a riesgos adyacentes; y la definición, diseño y construcción de los elementos que confinan un incendio. En el proceso de construcción, entre más temprano se evalúen todos los elementos que llevan a un edificio o estructura a alcanzar una seguridad contra incendios aceptable, más efectiva y, generalmente, más económica serán las soluciones encontradas.

La NFPA ha desarrollado, para la mayoría de los riesgos, una metodología prescriptiva con la cual los edificios y estructuras son evaluados desde el punto de vista de su uso u ocupación. Según este concepto, cada ocupación tiene requerimientos diferentes a otros tipos de ocupaciones (es decir, los requerimientos de seguridad de un hospital son diferentes que los de un edificio de almacenamiento). Pero también, debido a la diferente arquitectura de cada edificio, el análisis normativo dará un resultado diferente para cada edificio, así sean de una misma ocupación. Según se menciona en varias secciones de este Manual, todo proyecto debe empezar con un Plan Maestro de Seguridad contra Incendios elaborado por un grupo de ingenieros de protección contra incendios competente, experimentado e independiente, que siguiendo la normativa de la NFPA asesora al equipo de arquitectos e ingenieros diseñando edificios o instalaciones.

29

## PLAN MESTRO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

- **Objetivos**
- **Normas: NFPA, ICC, SFPE, FM Global, XL GAPS**
- **FRA/FHA**
- **Costo:**
  - **Diseño**
  - **Instalación**
  - **Mantenimiento**
  - **Vida Útil**
- **NFPA 551/NFPA 550**



**Codes &  
Standard**



**FM Global**

**Data Sheet**

**INTERNATIONAL  
CODE COUNCIL®**

**INTERNATIONAL  
Building Code®**



30

## PLAN MESTRO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

- **Sistemas de extinción de incendios automáticos y manuales**
- **Sistemas de alarma, detección y notificación**
- **Compartimentación**
- **Evacuación**
- **Prevención de riesgos**
- **Respuesta a una emergencia**
- **Brigadas de emergencia**

- **Prevención de la ignición**
- **Control del proceso de combustión**
- **Control del incendio mediante la construcción**
- **Detección y notificación temprana del fuego**
- **Extinción automáticamente del incendio**
- **Extinción manual del incendio**
- **Control de lo expuesto**

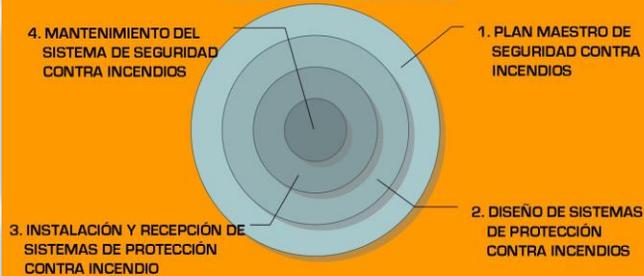


31

## PLAN MESTRO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

- Instalaciones nuevas como existente
- Plan de acción a varios años.
- Incluye costos estimados aptos para planear CAPEX

### CUATRO FASES DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS DE UNA INSTALACION



INTERNATIONAL FIRE SAFETY CONSULTING

**Jaime A. Moncada, PE**

**T. + 1 301 490 7803**

**F. +1 301 490 5607**

**C. + 1 301 674 2615**

**[jam@ifsc.us](mailto:jam@ifsc.us)    [www.ifsc.us](http://www.ifsc.us)**

REGIONAL OFFICE San Lucas No. 170 PB, Col. El Recreo, Azcapotzalco, México, D.F., 02070, México

T. /F. +52 55 6798 5226, email: [mex@ifsc.us](mailto:mex@ifsc.us)

CORPORATE OFFICE: P.O. Box 0097, Highland, MD 20777-0097 USA · Tel +1 301 490 7803 / Fax +1 301 490 5607 · [www.ifsc.us](http://www.ifsc.us)

WASHINGTON · BOGOTÁ · CIUDAD DE MÉXICO · CIUDAD DE PANAMÁ · MONTEVIDEO · SANTIAGO · SANTO DOMINGO  
Buenos Aires · Caracas · Guayaquil · Lima · San José · San Juan

