

1.1- INTRODUCCIÓN

El presente Artículo (a ser desarrollado en diferentes capítulos breves) es un resumen -solicitado por un usuario- del Curso que se le dictara a sus profesionales (Ingenieros, Técnicos, Operadores, etc) sobre Process Safety para Hornos y Calderas.

Por razones de mayor síntesis este artículo sobre Incidentes Explosivos está únicamente referido a “Explosiones en Hogares de Calderas” pero sus conclusiones son esencialmente válidas y aplicables a Hornos con Generación de Calor mediante el uso de Quemadores de Hidrocarburos.

Prevenir Explosiones en un Hogar implica Proteger al Personal Operativo y Ocasional que se encuentra en las cercanías de la Caldera, así como también Proteger los Bienes de Producción, la Continuidad Operativa del o los Procesos y el Medio Ambiente.

1.2-ESTADÍSTICAS Y PROBABILIDADES

Las **Estadísticas** nos dan un Registro Histórico de Acontecimientos (generalmente indeseables) y una idea del Riesgo al que estamos expuestos en las cercanías de una Caldera.

Nos alertan para agudizar nuestros sentidos y mecanismos defensivos y para reforzar nuestras precauciones y prevenciones tal como lo hacemos cuando al manejar nuestro automóvil debemos transitar por rutas que registran altos índices de accidentes y tragedias.

Las **Probabilidades** nos dan una idea porcentual o grado de Posibilidad entre Cero (Nada) y 1 (Todo) de que ocurra una determinada circunstancia, tal como la Probabilidad de acertar un número entre los treinta y siete de una ruleta de Casino.

1.3- MAGNITUD O SEVERIDAD DE LA CONSECUENCIA

Así como apostar en una ruleta de Casino, a rojo o negro, o a par o impar y acertar, tiene como consecuencia “deseable” el obtener un ingreso que duplica la apuesta, o apostar a un número pleno y acertar tiene como consecuencia “deseable” el obtener una magnitud de ganancia que multiplica la apuesta por 36, así también pueden presentárenos circunstancias con consecuencias “indeseables” de diversa magnitud o severidad cuando convivimos con **Procesos Peligrosos de Alto Riesgo**.

1.4- PELIGRO, EVENTO, INCIDENTE, CATÁSTROFE.

Denominamos **PELIGRO** (HAZARD) a una característica propia residente y contenida en un proceso que bajo determinadas circunstancias es capaz de producir daños (Por ejemplo un León enjaulado en un zoológico)

EVENTO es el acontecimiento que puede llevar a exponer a las personas (y a los bienes y al medio ambiente) a las consecuencias resultantes del Peligro liberado de su contención.

(Por ejemplo la caída de una rama que destraba la puerta de la jaula del león).

El **INCIDENTE** es el paso o circunstancia resultante del Evento representado por la apertura de la jaula y la salida del león.

INCIDENTE es el que nos deja expuestos al **Potencial de Daño** del **PELIGRO**.

(En inglés resulta más claro entender el concepto, “a HAZARD is a source of Danger”, en el que DANGER significa “haber quedado expuesto” a las consecuencias del HAZARD).

INCIDENT OUTCOME es el resultado, efecto o consecuencia final al que nos conduce el INCIDENTE, que va desde su posible disipación sin consecuencia dañina alguna hasta el extremo opuesto de consecuencias graves.

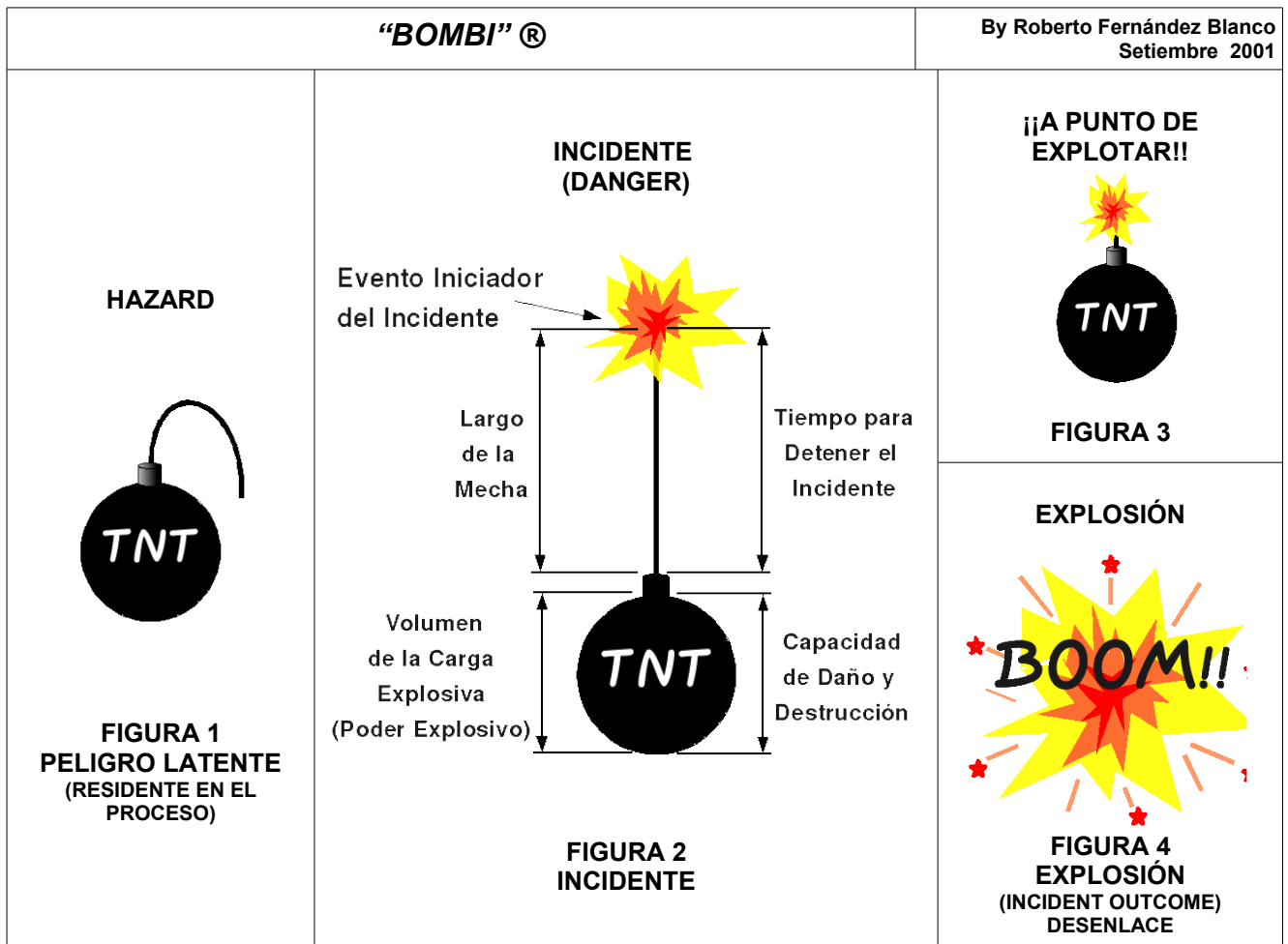
El **ACCIDENTE, SINIESTRO** o **CATÁSTROFE** es el estado final de un INCIDENT OUTCOME con efectos destructivos que culmina con Daños Serios o Graves sobre las personas, bienes y/o medio ambiente (tal como resultaría en el caso de que el león liberado ataque y lastime o mate a una o más personas).

En el Hogar de toda Caldera en operación hay una inyección sostenida de Mezcla Inflamable (**Peligro**) que es parte del Proceso de Combustión.

Cualquier circunstancia (**Evento Iniciador**) que altere el equilibrio de la Combustión puede provocar el apagado de la llama generando un **Incidente** con acumulación de Mezcla Inflamable en condiciones de explotar que solo necesitará de un **Evento adicional habilitador** (una fuente de ignición) para provocar la Explosión en el Hogar que resultará en un **Siniestro catastrófico** con **Consecuencias** (daños) de diversa Magnitud o Severidad según el Volumen de Mezcla Inflamable acumulada al momento de la explosión.

1.5- “ BOMBI ”

Siguiendo el simbolismo que introduje años atrás, acostumbro a representar cada Peligro con una “Bomba convencional con su mecha encendida” (ver figuras 1 a 4 y figura 5) donde el volumen de la misma da una idea de la magnitud del daño que provocará su explosión y donde el largo de la mecha encendida da una idea del tiempo disponible para tratar de impedir el siniestro.



La representación de un Proceso con sus diferentes “bombas residentes” (*bombis*) da una imagen clara y global de los peligros contenidos en el mismo.

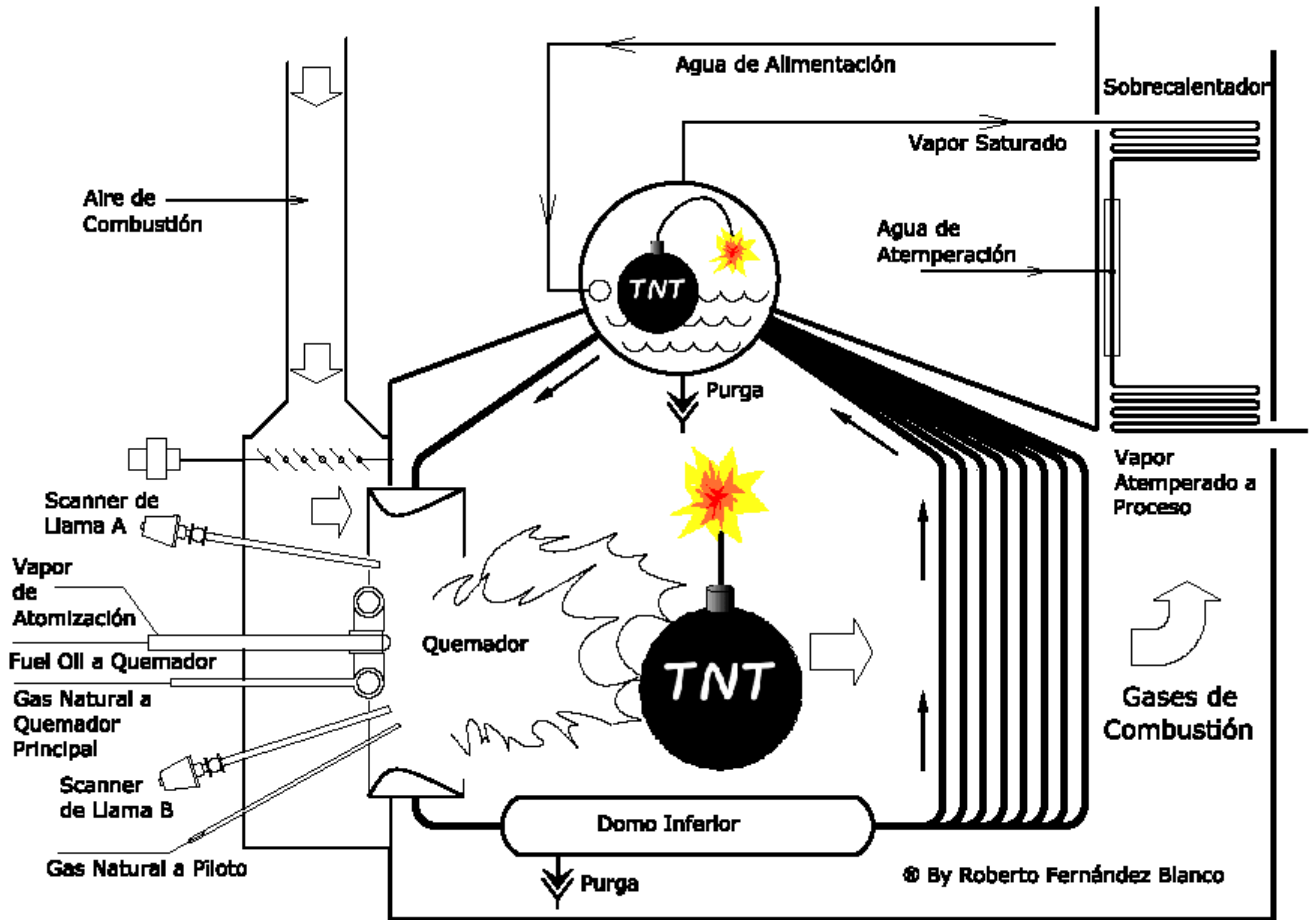


FIGURA 5
CALDERA CON INDICACIÓN DE DOS DE SUS ÁREAS CON PELIGROS RESIDENTES

1.6- ESTUDIOS, ANÁLISIS Y RIESGOS.

Existen diversas técnicas para realizar un Estudio y Análisis ordenado y minucioso de un Proceso para Ubicar, Identificar y Enumerar los Peligros Residentes en el mismo (tanto los contenidos en el Proceso como aquellos que serán los resultantes de sus procedimientos operativos) así como los posibles Eventos habilitadores y desencadenantes del Incidente y la Evaluación Cualitativa y Cuantitativa de las posibles Consecuencias posteriores (Daños, Accidentes, Catástrofe).

Estas técnicas son las conocidas como HAZID, HAZOP, CHECK LIST, WHAT IF, EVENT TREE ANALYSIS (ETA), FAULT TREE ANALYSIS (FTA), FMEA, LOPA, QUANTITATIVE RISK ANALYSIS, etc y permiten realizar una adecuada evaluación de las **Probabilidades** de que se produzca un Incidente (y este derive en posterior Catástrofe) y de la **Magnitud o Severidad** de sus Consecuencias.

A esta evaluación combinada de “**Probabilidad y Magnitud**” la identificamos como RIESGO o más precisamente como “**Nivel de RIESGO**”.

La Probabilidad de que un meteorito caiga sobre nuestra cabeza es extremadamente baja (despreciable) pero de darse esa circunstancia su consecuencia será de Magnitud Catastrófica (Muerte) para nuestra valiosa persona.

La Despreciable Probabilidad de sufrir el Impacto de un meteorito hace que el Nivel de Riesgo sea muy bajo (despreciable).

Por su parte es muy alta la Probabilidad de tener un topetón con otra persona en una concurrida avenida comercial pero la Consecuencia del impacto será despreciable por lo que el Nivel de Riesgo de este INCIDENTE será también despreciable (salvo que uno termine casándose con esa otra persona).

No nos sucede lo mismo cuando estamos cerca y por largo tiempo delante de una Caldera.

Frente a ella estaremos permanentemente **expuestos a una importante Probabilidad** de que se produzca un Incidente **que derive en una Explosión Catastrófica**.

En este caso el Nivel de Riesgo es Alto y deberán arbitrarse medidas de PREVENCIÓN y de PROTECCIÓN para REDUCIR el Nivel de RIESGO en la magnitud adecuada que impone el trabajar en las cercanías de una Caldera.

Esa Reducción de Riesgo se mide como un Factor que se denomina “**RISK REDUCTION FACTOR**” (RRF).

1.7-EXPLOSIONES EN HOGARES DE CALDERAS.

Los registros estadísticos acumulados por un importante fabricante internacional de Calderas relevados en un período de unos diez años y diferenciados en tres grupos o Tipos de Calderas (esto es Calderas tipo Paquete, tipo Industrial y tipo Generadoras de Energía Eléctrica) arrojan los siguientes resultados:

TIPO DE CALDERAS	EXPLOTARON EL	CAUSAS QUE LAS PROVOCARON		
		POR ERROR DEL OPERADOR	POR FALLAS EN LOS EQUIPOS	POR COMBINACIÓN DE AMBAS FALLAS
PAQUETE	27%	44%	49%	7%
INDUSTRIALES	45%	71%	22%	7%
de GENERACIÓN	28%	74%	21%	5%

Conjuntamente con estos datos cabe señalar que en estos porcentajes pesan aspectos que son propios de cada tipo de Caldera. Esto es:

- *Las **Calderas Paquete** suelen estar bastante automatizadas, requieren poca atención del personal a cargo de su operación y emplean personal de mediana capacitación,
- *Las **Calderas Industriales** requieren de mayor atención del personal operativo y por ende requieren de operadores de mayor nivel técnico y capacitación, y
- *Las **Calderas de Generación** (Utilities) necesitan de una atención casi permanente con operadores de alta calificación y capacitación.

Las Estadísticas señalan los puntos débiles:

- En las **Calderas Paquete** casi el 50% de las explosiones fueron imputables a fallas en los equipos de Control y Protección que las actuales normativas y exigencias de Performance están haciendo disminuir significativamente.
- En cambio tanto en las **Calderas Industriales** como en las de **Generación**, el mayor porcentaje de explosiones son consecuencia de errores atribuibles a los operadores y a los procedimientos e instrucciones de Operación (Que también están disminuyendo gracias a estas técnicas de Reducción de Riesgos).

Otro conjunto de Estadísticas pone de relieve que **para todos los tipos de Calderas las explosiones ocurren en más del 90% durante las etapas de arranque o bien cuando las Calderas están operando a baja carga**, tal como lo señala la tabla que sigue:

TIPO DE CALDERAS	% DE EXPLOSIONES DURANTE EL ARRANQUE	% DE EXPLOSIONES A BAJA CARGA	SUMATORIA POR AMBAS CAUSAS
PAQUETE	63%	32%	95%
INDUSTRIAL	47%	45%	92%
de GENERACIÓN	60%	32%	92%

Con respecto al tipo de Combustible utilizado las Estadísticas dicen que las Explosiones ocurren en un:

45%	CON CARBÓN PULVERIZADO
40%	CON FUEL GAS
15%	CON FUEL OIL

Las Estadísticas muestran también **otro dato importante**: el Tiempo Promedio transcurrido entre el momento de la Puesta Inicial de la Caldera en Operación Comercial y el momento de su Explosión:

DOS (2) AÑOS	EN CALDERAS PAQUETE
CINCO (5) AÑOS	EN CALDERAS INDUSTRIALES Y DE GENERACIÓN

Varias conclusiones y recomendaciones surgen de estos datos estadísticos:

- (a)*La importancia de contar con personal calificado y bajo capacitación permanente.
- (b)*Nunca sustituir personal experimentado sin antes haber debidamente capacitado a su sucesor, a quién además debe hacérsele compartir su tarea con la de su antecesor durante un tiempo suficiente.
- (c)*La importancia de elaborar Procedimientos Operativos, de Atención, Observación y Verificación y de Inspección y Mantenimiento que sean claros, de lenguaje sencillo, completos, accesibles a todo el personal y de repaso periódico obligatorio. (“Adoctrinamiento y Adiestramiento intensivo como para obtener respuestas apropiadas con la característica compuesta de “actos reflejos y reflexivos”).
Estos procedimientos deberían ser escritos por personal altamente calificado (de la empresa o externo a la misma) en estrecha cooperación con el personal operativo y el de mantenimiento, en tanto este grupo de trabajo acredite una adecuada y suficiente experiencia en campo, amplio conocimiento conceptual de la Caldera, profundo conocimiento de los Equipos y Sistemas de Control y de Protección y contacto fluido con los problemas, dudas y temores con los que conviven los operadores.
- (d)*Revisión Periódica de CHECK LISTs y WHAT-IF para considerar e incorporarles los acontecimientos que se van presentando,
- (e)***Combatir la relajación de conductas y de responsabilidades** que viene con el paso del tiempo, mediante reuniones frecuentes de Capacitación de asistencia obligatoria y forzando la participación activa de todos los asistentes.
En particular recomiendo “adoctrinar” al personal con una frase que acuñé unos años atrás e hice incorporar en la rutina de trabajo de mi empresa, que dice:
- Reservar la palabra **CREER** para la vocación y las inclinaciones religiosas,
 - Reservar la palabra **SUPONER** para los trabajos “prácticos” de los estudiantes universitarios,
 - Evitar toda actitud asociada al “**creer y/o suponer**”, e
 - Imponer las palabras y conceptos: **INVESTIGAR, VERIFICAR, CONFIRMAR y CERTIFICAR** como pulsiones firmemente incorporadas y arraigadas en el lenguaje y en la actitud cotidiana de todos, Ingenieros, Técnicos y Operadores.

“El peor de los epílogos viene acompañado de las frases “yo creí...”, “yo supuse...””

- (f)*Documentar todos los acontecimientos relevantes que afectan o hacen a una más eficiente y segura operación de la Caldera e incorporarlos en una inmediata revisión de los Procedimientos y CHECK LISTs en vigencia (o en Modificaciones más

significativas según lo indican los procedimientos del Safety Life Cycle de las IEC 61511 y ANSI/ISA S-84).

Deberán también incluirse estos acontecimientos en los índices estadísticos y (si la circunstancia lo amerita) ejecutar un HAZOP ampliado con nuevo QRA para hacer las debidas correcciones en los Procedimientos Operativos tanto como –si también corresponde- en la estructura y componentes del Diseño Básico del Proceso (Inherently Safer Modifications of Design), en los Sistemas de Regulación Automática (BPCS-Basic Process Control System) y en los Componentes, Equipos y Sistemas de Protección (BMSIS-Burner Management Safety Instrumented System), respetando rigurosamente todos los existentes Lineamientos, Guías, Prácticas Recomendadas, Normas Prescriptivas de aplicación (NFPA 85, FM 7605, etc) y Normas de Performance (IEC 61511, IEC 61508 y ANSI/ISA S-84) para la debida estructuración e integración de las **Funciones Instrumentadas de Seguridad (SIFs)** que integran el Sistema de Protección “**SIS**” (**Sistema Instrumentado de Seguridad**) o IPS, (Instrumented Protective System).

(g)*Es preferible, recomendable y hasta exigible, invertir un poco de tiempo adicional en una “calificada” investigación de un Evento o Incidente a “correr el riesgo de ignorar o desestimar un Riesgo oculto”.

Nunca debe desecharse o minimizarse una circunstancia de la que se sospecha y se duda respecto de su potencial de provocar daño. *****

ING. ROBERTO FERNÁNDEZ BLANCO
ISDE & FUNCTIONAL SAFETY EXPERT ENGINEER