



# Manual Investigación de Incendios y Explosiones

Instituto Argentino de Seguridad

Oscar Natalio Marucci



OSCAR NATALIO MARUCCI

# INVESTIGACIÓN DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES



**INSTITUTO ARGENTINO DE SEGURIDAD**  
CECOF – CENTRO DE ESTUDIOS PARA CONTROL DEL FUEGO

EDITORIAL DUNKEN  
Buenos Aires

<b>ÍNDICE</b>	<b>Página</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>4</b>
<b>Prólogo</b>	<b>5</b>
<b>Prólogo del Autor</b>	<b>6</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES</b>	<b>8</b>
Dirección del procedimiento	
Organización	
Coordinación previa	
Acuerdo entre las partes	
Miembros de un equipo “tipo” de investigación	
Seguridad de los Investigadores	
Misceláneas	
<b>CAPITULO II</b>	
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN – PLANIFICACIÓN</b>	<b>15</b>
Introducción	
Clasificación de las Fuentes de Información	
Reuniones personales y entrevistas	
Planificación de la Investigación	
- Introducción	
- Información Básica	
Siniestros intencionales	
- Incendios Múltiples	
- Misceláneas	
<b>CAPITULO III</b>	
<b>INVESTIGACIÓN DEL LUGAR DE ORIGEN DE INCENDIO</b>	<b>24</b>
Concepto básico	
A – Evaluación de los daños del siniestro	
B - Evaluación preliminar del lugar de incendio	
C – Primeras hipótesis	
D – Examen detenido de las superficies externas	
E – Examen detenido de las superficies interiores	
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>DETERMINACIÓN DEL ORIGEN</b>	<b>32</b>
Objetivos del Investigador	
Herramientas a usar	
Iluminación	
Tipos especiales de fotografías	
Fotografías específicas	
Toma de notas	
Dibujos mínimos	
<b>CAPITULO V</b>	
<b>AVERIGUACIÓN DE LAS CAUSAS</b>	<b>38</b>
Objetivos	
Clasificación de las causas	
Fuentes de ignición	
Material de inicio	
Causa de ignición	
Del Investigador	
<b>CAPITULO VI</b>	

<b>SEÑALES Y MARCAS DE COMBUSTIÓN</b>	<b>42</b>
Señales	
- Introducción	
- Líneas o Zonas demarcatorias	
- Observación de superficies	
- Penetración en superficies horizontales	
- Víctimas como fuente de informaciones	
- Marcas características de la intensidad de calor	
- Exfoliación	
- Oxidación	
- Fusión de los materiales involucrados	
- Dilatación térmica (deformaciones de materiales)	
- Calcinación	
- Cristales / Vidrios	
- “Sombra de Calor”	
Marcas	
- Objetivos	
- clasificación	
- Ejemplos	
- Formas de marcas:	
- Situación	
- Geometría	
- Marcas lineales	
- Marcas de zonas	
- Distorsión de materiales	
<b>CAPITULO VII</b>	
<b>OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE PRUEBAS</b>	<b>57</b>
Introducción	
Comparación de muestras	
Aislamiento del lugar del siniestro	
Contaminación de pruebas	
Método de recogida de pruebas físicas	
Recipientes para muestras apropiados	
Identificación, Transporte y almacenaje de muestras	
Ensayos que se efectúan	
<b>CAPITULO VIII</b>	
<b>EXPLOSIONES</b>	<b>65</b>
Concepto básico: las explosiones son un fenómeno de la dinámica de los gases	
Explosiones mecánicas	
Explosiones químicas	
Efectos de las explosiones	
Velocidad de aumento de presión y presión máxima	
Explosiones con cráter	
Explosiones sin cráter	
Interpretación de los daños causados por explosiones	
Velocidad de las llamas y velocidad de combustión	
Turbulencias	
Explosiones de polvos	
Explosiones de humo	
Explosivos	
Investigación de explosiones	
Generalidades	
<b>ANEXOS</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO A – EJEMPLOS PRÁCTICOS</b>	<b>84</b>

<b>SINIESTROS SIMPLES.</b> Ejemplos prácticos de elaboración de Informes de Investigación sobre Siniestros simples	
<b>SINIESTROS COMPLEJOS</b>	
1) Informe Técnico sobre análisis del incendio ocurrido en un Edificio elevado	<b>102</b>
2) Informe Técnico sobre Investigación de Siniestro en un Buque Motor	<b>108</b>
3) Investigación de la NFPA de una Explosión de un Tanque de GLP (Propano)	<b>114</b>
<b>ANEXO B – EL COLOR DE LAS LLAMAS Y LOS HUMOS</b> Su importancia en la Investigación de Incendios	<b>122</b>
<b>ANEXO C – METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE INFORMES SOBRE INVESTIGACIÓN DE SINIESTROS</b>	<b>127</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>128</b>
<b>BREVE CURRÍCULUM DEL AUTOR</b>	<b>129</b>
<b>INDICE ALFABÉTICO</b>	<b>130</b>
<b>OTRAS PUBLICACIONES DEL I.A.S.</b>	<b>134</b>

“Cuenta una leyenda hindú que en ocasión de la visita del Maharajá de la región, el jefe de la aldea lo llevó por la calle principal y le mostró a un hombre inclinado ante el fuego y recitando una plegaria.

- Es un sacerdote – dijo el Maharajá.

Y luego vieron a un hombre que alimentando el fuego con un fuelle, derretía el metal y fabricaba una espada.

- Es un herrero – dijo el Maharajá.

Después se enfrentaron con un hombre que volcaba oro puro, en estado líquido, sobre un molde cuidadosamente labrado.

- Es un orfebre – dijo el Maharajá.

Y al final de la calle había otro hombre, que estaba sentado, sin hacer nada, pero mirando fijamente el fuego y el Maharajá se sintió desconcertado.

- ¿Qué hace? - preguntó.
- Trata de averiguar qué es el fuego – le contestó el jefe de la aldea-. Es un filósofo.”

Fuente: “Diez teorías que conmovieron al mundo”.  
Leonardo Moledo y Esteban Magnari.

## PRÓLOGO

Una de las facetas más apasionantes es sin duda alguna la Investigación de Incendios y Explosiones. La dificultad en investigar, en una escena de los hechos una vez destruida y devastada por el fuego, necesita, indefectiblemente, del estudio y análisis de investigadores, con profundos conocimientos sobre la física y la química del fuego, además de saber interpretar la información que ofrecen las marcas de fuego presentes en el escenario de los hechos.

Los incendios provocados son los más difíciles de esclarecer, debido a que en la mayoría de los casos sólo existen indicios circunstanciales, generalmente no hay testigos y las pruebas se consumen con el fuego.

Por otra parte, aunque muchas veces se aprecien acelerantes, estos están tan ligados a la actividad humana, que el simple hecho de detectarlos es de un valor probatorio limitado, por lo que es sumamente importante que el Investigador de Incendios, mediante una inspección ocular detallada pueda establecer, en la gran mayoría de los casos, si un incendio ha sido provocado o accidental.

Esta ha sido la intención del Ing. Oscar Natalio Marucci al volcar en este libro, su experiencia personal, a través de muchos años de estudio y práctica en la Seguridad contra Incendios y de la Investigación Técnica y Científica de las causas de los siniestros, aportando las técnicas y métodos para organizar y planificar una investigación y conocer básicamente las pautas para el inicio de las acciones correspondientes, en la determinación de responsabilidades.

Conocemos su pasión por la enseñanza y a través de este texto ha logrado un enfoque práctico, a manera de introducción, de los métodos de investigación de incendios y explosiones, brindando así sus conocimientos, ideas y conceptos y constituyendo dicho aporte, una valiosa herramienta de consulta y de guía.

Seguramente, estos procedimientos puedan ser enriquecidos por la actualización de conocimientos y búsqueda de nuevas metodología que optimicen la investigación, pero cabe destacar, que este libro es significativamente importante, dado que aglutina un concepto claro y preciso que el Autor tiene sobre el tema, avalado por un profundo conocimiento técnico y humanístico que lo tiene como destacado referente en la Especialidad, atento siempre a las realidades y adelantos en la materia.

Lic. Jorge Alfredo Cutuli  
Presidente del Instituto Argentino de Seguridad

## PRÓLOGO DEL AUTOR

Consideramos la Investigación de Incendios como uno de los aspectos mas importantes que hacen a la Seguridad contra Incendios.

Podemos formularnos hoy, sin duda, numerosas preguntas y habrá coincidencia en la respuesta a muchas de ellas, por ejemplo:

¿Se puede considerar que la problemática de la Investigación de Incendios se encuentra encaminada?

Es mucho el camino que falta recorrer en cuanto a los conocimientos necesarios?

¿Se están realizando avances significativos sobre el tema?

Si es afirmativa la respuesta a la pregunta anterior: ¿se aplican los resultados obtenidos?

¿Existe una tendencia a universalizar los avances en Investigación de Incendios estableciendo pautas comunes y uniformes?

Siendo el accionar de esta materia de características interdisciplinarias: ¿hay alguna planificación para que los especialistas y profesionales relacionados, reciban los conocimientos necesarios, fijados en los respectivos planes de enseñanza o solo existen estudios puntuales específicos?

Cada país, cada sector industrial y cada establecimiento han de producir distintas respuestas y en su entorno serán validas.

Todos sabemos que los costos de los siniestros son muy elevados y cuando consideramos las pérdidas directas o aseguradas con respecto a las perdidas indirectas o sin asegurar, las cifras inciden significativamente en los respectivos productos brutos de cualquier país, como lo han demostrado estadísticas fidedignas.

Si bien en las últimas décadas el número de víctimas señala una tendencia a disminuir porcentualmente, las pérdidas materiales (bienes, producción, etc.), se han incrementado significativamente debido a numerosos factores, entre ellos:

- Utilización de nuevos materiales
- Cambios tecnológicos a una velocidad que supera la inevitable demora o inercia en neutralizar los riesgos.
- Concentración de elevadas inversiones en pocas unidades productivas y menores espacios ocupados.
- Reducción del personal operativo.

En lo que concierne a los nuevos desarrollos: las crisis petroleras, la necesidad de disminuir la contaminación ambiental y el agotamiento de los combustibles convencionales, los han intensificado con audaces y complejas metodologías, lo cual constituye un renovado incremento del desafío que enfrentan los investigadores de siniestros. El mayor conocimiento ha devenido en una multiplicación de incógnitas de difícil respuesta para esta generación.

Resulta evidente que la cooperación en todos los niveles, especialmente en el internacional, constituye la solución más directa y apropiada para, sin duplicar esfuerzos, avanzar a paso firme en el desarrollo de la Investigación de Incendios.

El alcance del presente trabajo es ayudar a los investigadores de incendios y explosiones a efectuar el análisis de cada caso, obteniendo opiniones sobre el origen, causas y responsabilidades para la prevención de esos incidentes.

Citando la guía para las Investigaciones de Incendios y Explosiones (NFPA 921): “El objetivo es indicar las orientaciones y procedimientos recomendados para la investigación segura y sistemática y el análisis

de incendios y explosiones. Esto es fundamental para la protección de vidas humanas y bienes materiales. Con una eficaz y exacta determinación de las causas y responsabilidades, se puede evitar o minimizar su repetición futura.

El conocimiento de la causa y origen de los incendios es también esencial para la elaboración de estadísticas que son la base para redactar los códigos, normas y fuente de conocimientos.

Se ha tratado de establecer un marco de trabajo u orientaciones sistemáticas para investigar y analizar eficazmente las causas y origen de los siniestros, sin pretender abarcar todos los componentes presentes en cada caso.

Además, es sabido que la escasez de tiempo, o de recursos, ó los procedimientos aplicados pueden limitar las recomendaciones para aplicar en un caso dado. Por lo tanto el presente trabajo ha sido concebido como modelo que permita avanzar en la investigación de siniestros”

Adoptamos como axioma:

“NO HAY DOS INCENDIOS IGUALES”

Por último, el proceso de investigación requiere práctica, experiencia y capacidad, pero estas cualidades quedan mermadas sin una adecuada base científica y teórica. Puede ser esta la razón del considerable número de siniestros cuyas causas permanecen desconocidas o insuficientemente probadas, como alguien a dicho:

"No resulta difícil perderse en un montón de escombros"

## CAPÍTULO I

# ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN DE INCENDIOS

Daremos pautas comunes referidas a grandes siniestros porque no es posible particularizar dado que cada incendio es único en si mismo. En la medida que son de menor magnitud los requisitos que mencionaremos se simplifican o directamente no son necesarios.

El enfoque adoptado considera la dirección y la organización de una Investigación.

## DIRECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Se refiere al análisis de la escena y su control pudiendo haber varios equipos con el mismo objetivo: organismos públicos, entidades privadas o de las partes interesadas, lo cual no significa que posean intereses comunes aunque la acción sea simultánea. Todo esto requiere una adecuada coordinación previa.

Podemos considerar un gran incendio como aquél en donde ocurren víctimas mortales, grandes edificios como high-rise o un conjunto de edificios convencionales, conflagraciones con elevadas pérdidas materiales o numerosas víctimas.

El objetivo básico será “conservar las pruebas a satisfacción de todas las partes interesadas”.

## ORGANIZACIÓN

El éxito de una Investigación es el resultado de una detallada organización y planificación, previendo el tratamiento de eventuales problemas antes que ocurran.

Por eso el primer paso antes de la Investigación propiamente dicha, consistirá en identificar y estudiar los acontecimientos, hechos y circunstancias para encarar una orientación correcta. Nos remitimos al Capítulo II, que considera aspectos como los concernientes a las Fuentes de Información.

## COORDINACIÓN PREVIA

Todas las partes que intervienen tienen el derecho de observar las pruebas antes de que sean manipuladas. El retiro de constancias, pruebas o materiales se hará de común acuerdo.

Esto permitirá una Investigación conjunta (aunque se realicen exámenes individuales) que logra la observación en detalle de la escena antes que sea alterada y/o retiradas las pruebas.

Las partes interesadas con este proceder tendrán la misma oportunidad de esclarecer lo ocurrido evitando eventuales acusaciones por ocultar hechos y/o alterar evidencias.

Lo mejor es trabajar en conjunto a través de un coordinador que debe tratar que los intereses particulares se supediten a la búsqueda de la verdad.

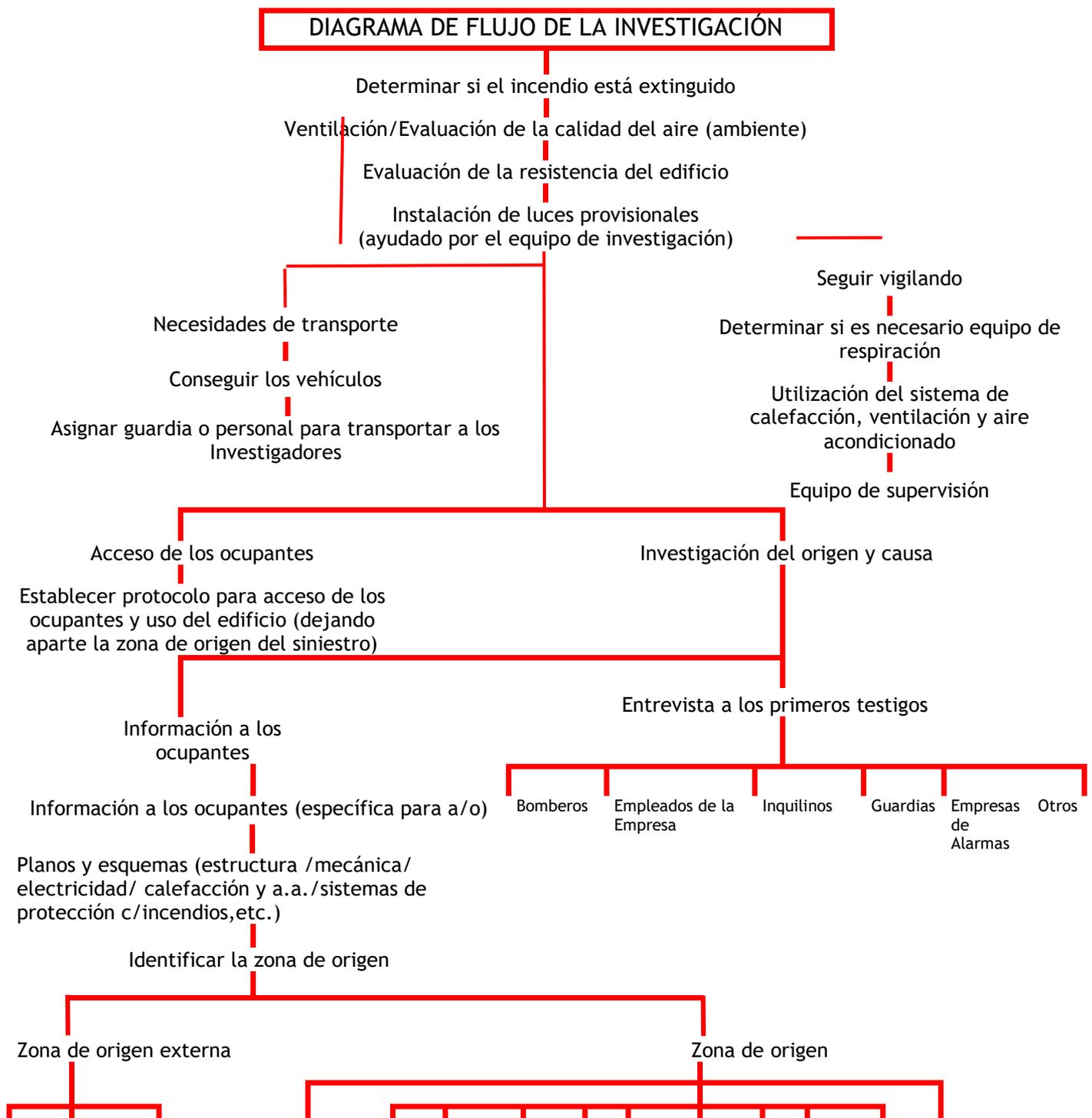
Las suspicacias entre distintas corrientes de Investigación se evitan con adecuada comunicación y correcta planificación. Resumiendo: “El objetivo de toda Investigación es clarificar los hechos”.

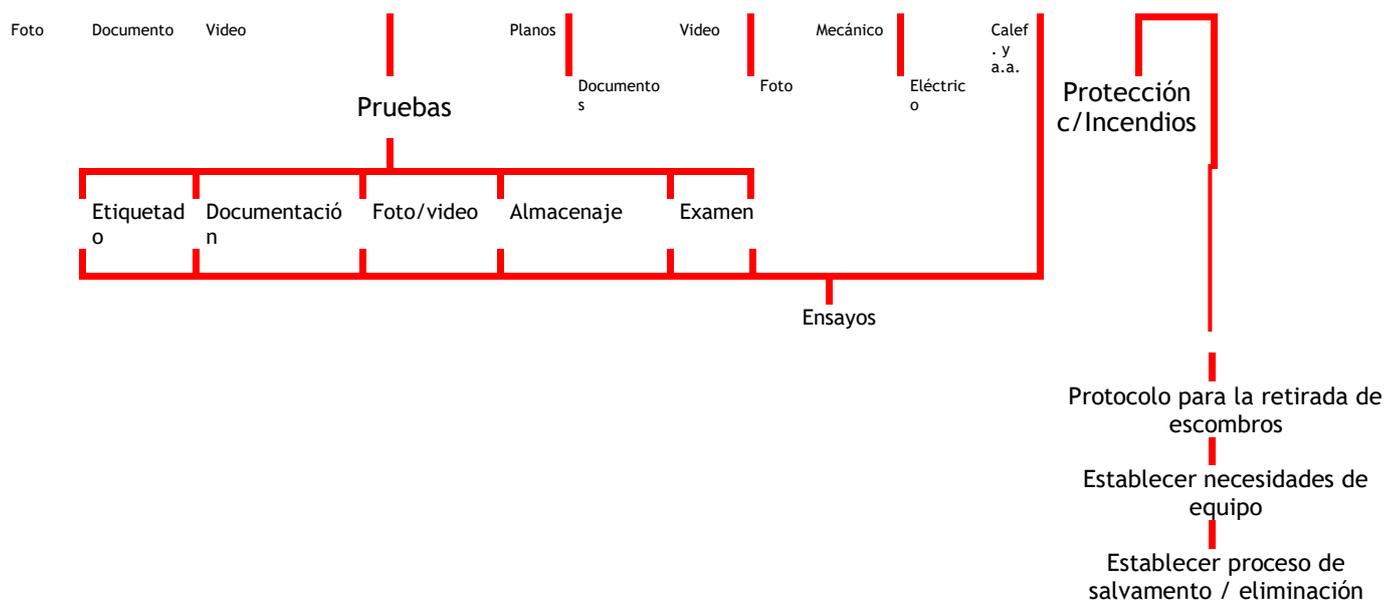
## ACUERDO ENTRE LAS PARTES

Para lograr un consenso deberán considerarse, entre otros, los siguientes puntos:

- Control y acceso al lugar del siniestro.
- Forma de compartir e informar lo investigado.
- Custodia y exámenes comunes de las pruebas.

- Exámenes destructivos de evidencias deben realizarse con un acuerdo previo.
- La eventual información al público la hará un único vocero, para evitar distorsiones.
- Es usual y conveniente elaborar un protocolo operativo a modo de contrato o convenio entre las partes.
- Establecer un Diagrama de Flujo de la Investigación. Al solo efecto orientativo indicamos un ejemplo, valioso como punto de partida.





Fuente: NFPA 921

La elaboración del diagrama requiere contar con toda la información previa posible. En algunos casos las pautas organizativas han permitido compartir los servicios y el costo de actividades especializadas, por ejemplo: peritos en distintas disciplinas, fotógrafos, equipos de filmación, ensayos específicos, desplazamientos, etc.

Cada Ente de Investigación nombrará una persona para integrar lo que puede llamarse “Comité de Representantes o Jefes de Equipo” con un Director elegido de común acuerdo y que tendrán a su cargo la Investigación en conjunto estableciendo modalidad y control para el acceso al lugar del siniestro y la observación de las pruebas.

Es conveniente que el Comité realice reuniones periódicas y elabore un Plan para la Investigación o Diagrama de Flujos ya mencionado.

La formalidad puede llegar a elaborar actas de las reuniones (incluso grabadas) donde constan fecha, hora, lugar, personas presentes, temas discutidos y decisiones tomadas.

Pueden asistir invitados especializados pero sin derecho a voto para lograr mayor eficacia y profundidad en las reuniones.

El orden del día es imprescindible.

Puede haber discusiones o disensos, por lo tanto el Director tendrá las características de moderador.

Podemos elaborar una serie de cuestiones que debe resolver el Comité:

- Objeto de la Investigación.
- Atribuciones del Comité y de los Equipos.
- Relación con Entidades Públicas y Privadas.
- Identificación de los integrantes (mediante tarjetas, ropa o casco especial).
- Número de integrantes.
- Control de entrada al lugar de los hechos.

- Planificación adecuada pero con cierta flexibilidad y posibilidad de cambios.
- Reuniones: podrán ser diarias (breves) y semanales (mas largas).

## MIEMBROS DE UN EQUIPO “TIPO” DE INVESTIGACIÓN

Es usual contar con:

- Jefe.
- Secretario.
- Experto en pruebas.
- Fotógrafo / Camarógrafo.
- Dibujante.
- Entrevistador que suele ser un psicólogo.
- Grupo de Investigadores especializados.

Cabe mencionar que en los EE.UU. se utiliza un programa denominado: Incident Command System (ICS) (Sistema de Mando en caso de Siniestro), que establece una estructura y dirección para la Investigación en el lugar de los hechos cuando participan diversas Entidades.

## SEGURIDAD DE LOS INVESTIGADORES

También se tomarán las providencias necesarias para que la Investigación en el lugar de los hechos sea la apropiada para lograr buenos resultados en las observaciones. Se preverán medios de desplazamiento en lugares donde el acceso es difícil y/o lejano. Todo elemento puede ser necesario incluyendo escaleras de bomberos.

La protección del lugar de los hechos posiblemente requiera personal de vigilancia, con un estricto control y registro de entradas y salidas de personas e incluso, instalando barreras físicas.

La facilidad de las comunicaciones es imprescindible utilizando sistemas fijos y móviles de toda especie. También es conveniente la centralización y registro de los llamados.

Los métodos de Investigación poseen características particulares a cada caso, pero en general podemos decir que las personas que deben realizar el examen físico en el lugar del siniestro deben ser aquellas con mayores experiencias y conocimientos en la determinación de origen y causas de incendios y explosiones. Es habitual que dividan el lugar en sectores cuadriculándolo. Se documenta la Investigación en cada cuadro identificando los indicios y pruebas obtenidas en el mismo, en ocasiones conviene que tomen la forma del lugar, por ejemplo, por planta o habitaciones. Otros métodos son dividir la zona en tiras, zonas irregulares o analizarla en espiral.

## MISCELÁNEAS.

- El lugar de un incendio es siempre peligroso.
- El Investigador y sus Ayudantes deben actuar con la máxima precaución.
- El Investigador debe tratar de ir acompañado, nunca solo.
- Debe llevar: zapatos o botas de seguridad, anteojos de seguridad, guantes, casco y ropa protectora, máscaras o equipo de respiración autónomo, etc., con adecuado entrenamiento.
- Estará concentrado en el peligro potencial especialmente si debe trabajar en lugares elevados, subterráneos o desconoce la resistencia estructural del edificio.
- Conocerá los riesgos asociados, químicos, radiológicos, biológicos y otros que supongan una amenaza para su salud y seguridad mientras investiga un siniestro.
- Es posible que deba estar mucho tiempo ocupado con tareas duras. Esto le puede producir fatiga, que puede inferir negativamente en el sentido de la coordinación, resistencia o capacidad de discernimiento para saber si una situación es peligrosa. Descansos periódicos son recomendables.
- Debe estar en permanente atención a todos aquellos factores que puedan influir en la seguridad del lugar donde ha ocurrido un siniestro.
- Si el Investigador va a entrar en alguna parte antes que la extinción sea total, debe pedir autorización al Jefe de Bomberos a cargo. Este debe conocer en todo momento en que lugar se encuentra.  
Es conveniente que un bombero lo acompañe en forma permanente.
- Cuando efectúe observaciones inmediatamente de sofocado un incendio tendrá en cuenta la posibilidad de una reignición y mantenerse lo más cerca posible de una salida segura.
- La mayoría de los edificios que han sufrido un incendio han tenido debilitamiento en su estructura. El Investigador tendrá esto en cuenta especialmente al retirar escombros y buscar ayuda de expertos en el tema.
- Tendrá cuidado en agujeros invisibles o no, que pueda haber en el piso.
- Es poco conocido el efecto que produce el agua procedente de la extinción, o por la lluvia, nieve o hielo que pueden afectar la estabilidad estructural. Por ejemplo un edificio en muy mal estado puede continuar en pie hasta que se derrita el hielo.
- Verificará antes de ingresar al escenario del fuego todas las instalaciones de agua, gas y electricidad para evitar accidentes por fallas en las mismas. En particular solicitará que personal experto desconecte el suministro eléctrico y colocar el respectivo candado. No debe tener ninguna duda sobre este aspecto, sobre todo si hay instalaciones precarias y provisionales.
- Un resumen sobre el riesgo eléctrico, permite formular los siguientes consejos básicos:
  - Considerar que todo conductor tiene corriente, aunque haya desconectado a la entrada.
  - Al caminar tener cuidado de conductores caídos o elementos transmisores de energía en contacto.
  - No fiarse de zapatos comunes con suela de goma como aislantes.
  - No entrar en sótanos inundados.
  - No tocar equipos eléctricos si tiene los pies húmedos o metidos en el agua.
  - Evitar maniobras eléctricas en zonas donde pueda haber vapores o gases inflamables.

- Tener la comunicación más estrecha posible con los especialistas en suministro de energía.
- Localizar y evitar los cables subterráneos antes de remover o excavar un lugar.
- Utilizar como herramienta habitual un buscapolo para constatar la presencia de corriente.
- Se conocen casos de charcos de agua muy profundos que han ocasionado muertes y más común heridas producidas por objetos puntiagudos o cortantes no visibles.

Los incendios y explosiones suelen atraer curiosos, el Investigador debe evitarlo colocando vallas o medios de contención solicitando colaboración a Personal de Bomberos o Policía.

- Identificar a toda persona que encuentre en el lugar del siniestro.
- Tener siempre presente que los incendios producen gases asfixiantes y tóxicos y, además, la eventual existencia de productos químicos peligrosos.
- En muchos edificios con más de 25 años de construidos, existe habitualmente amianto con el consiguiente riesgo, por lo tanto, el Investigador debe ser consciente de la posibilidad de quedar expuesto a atmósferas peligrosas en el curso de la Investigación. Se recomienda instrumental de última generación para la comprobación previa de los ambientes.

## CAPÍTULO II

### FUENTES DE INFORMACIÓN

La investigación de incendios contempla una serie de etapas bien definidas que deben ser encaradas sin omitir alguna de ellas:

#### 1 Básica:

- Inspección del lugar del incendio.

#### 2 Complementarias:

- Evaluación de la documentación existente.
- Entrevistas a testigos.
- Analizar otras fuentes de información.

Reiteramos que el objetivo es encontrar origen y causas para definir las responsabilidades.

Es fundamental tener presente que las fuentes de información deben ser confiables.

Este axioma debe regir la actividad del investigador: “Ninguna información se debe considerar exacta y fiable si no se ha evaluado previamente la fiabilidad de la fuente”.

Las pautas a tener en cuenta son numerosas, por ejemplo:

- Conocimientos y experiencia personal del investigador.
- Sentido común y habilidad para el diálogo fluido.
- Antecedentes de la fuente de información sin olvidar verificar eventuales intereses particulares que tenga la misma en las conclusiones de la investigación.
- Considerar la posibilidad de que una fuente sea confiable y no posea intereses particulares en la misma y sin embargo ser influenciada o coaccionada exteriormente. Una manera de evitar esta alternativa consiste en encarar las entrevistas en el menor tiempo posible.

### Clasificación de las fuentes de información

Se suele considerar cuatro formas:

**a) Información escrita:** son informes escritos, documentos, materiales de referencias, periódicos e, incluso, libros.

**b) Información visual:** además de la observación visual propiamente dicha se incluyen fotografías, películas, videos o imágenes generadas por ordenador.

**c) Información verbal:** son las declaraciones obtenidas durante las entrevistas, conversaciones telefónicas, conversaciones grabadas, comunicaciones y emisiones por radio, etc.

**d) Información electrónica:** Un sistema informático por ordenador es una actualizada fuente particular que puede y suele suministrar importante información para la investigación de un incendio.

**Caso particular:** El investigador puede contar con información considerada como “Reservada”, es el caso de personas que se protegen por la relación que tienen: marido-mujer, abogado-cliente, confesor-confesado, etc., en que no están obligados a declarar, si no lo desean, contra la otra parte.

Las comunicaciones reservadas obedecen a legislaciones muy variables según cada país. Inclusive en los EE.UU. son distintas en los diversos estados.

Es conveniente que el Investigador conozca los aspectos legales correspondientes al lugar de actividad.

## Reuniones Personales y Entrevistas

Es posible obtener informaciones útiles y precisas de personas adecuadas, inclusive aunque no hayan sido testigos oculares del hecho.

Suelen clasificarse las reuniones desde el enfoque del investigador en:

- a) Entrevistas confiables.
- b) Entrevistas a considerar con prudencia.
- c) Entrevistas con factor de desconfianza.

**a) Entrevistas confiables:** Se consideran totalmente fiables, pueden ser funcionarios públicos, representantes de entidades financieras, especialistas, testigos y otras que no tengan interés particular en las conclusiones de la investigación.

**b) Entrevistas a considerar con prudencia:** el investigador duda de la fiabilidad de las declaraciones. Es el caso de personas que pudieran tener intereses concretos en los resultados de la investigación. Se aconseja no coordinarlas con anticipación para evitar que el entrevistado se “prepare”. Incluso algunos aconsejan realizarla en lugares donde, por diversos motivos, el entrevistado no se sienta cómodo, por ejemplo, el lugar del siniestro. La preparación previa es importante pero la flexibilidad también. Todo dependerá de la habilidad del investigador que la realice.

**c) Entrevistas con factor de desconfianza:** son las efectuadas a quienes tienen un interés documentado o evidente en los resultados. Es el caso de sospechosos de haber provocado un incendio. Es fundamental verificar detalladamente todo lo que se exprese. Rigen los mismos consejos indicados en b).

- El investigador debe estar totalmente compenetrado del avance de la investigación al momento de la reunión.
- Preparar cuidadosamente el “escenario” de la misma y evitar interrupciones.
- Es decisivo el factor tiempo. Cuanto antes se realizan, mejores resultados se obtienen.
- Conocer el lugar del siniestro es de singular importancia porque:
  - Sirve de base para preguntas concretas relacionadas con el siniestro.
  - Permite evaluar las respuestas.
- Llevar registro de lo hablado en la reunión, indicando día, hora, personas, presentes, etc. Se puede grabar o tomar notas por escrito pero esto puede limitar las declaraciones.
- Serán presentados formalmente entrevistador e entrevistado.
- Es imprescindible que el investigador planifique la entrevista, secuencia, temas a tratar, etc. aunque con cierta flexibilidad.
- De cada entrevista se debe realizar un informe. El investigador deberá conseguir declaraciones por escrito y, de ser posible, la firma de testigos, para facilitar su eventual presentación ante la justicia.

## **Planificación de la Investigación**

Siempre es necesario planificar de antemano. En principio permite estimar los recursos necesarios.

Debe conocer a qué entidades públicas y privadas podrá recurrir de requerir apoyo y/o información. En forma genérica se recomienda aplicar a la investigación el criterio de “trabajo en equipo”.

### **Información básica**

La investigación propiamente dicha debe ser precedida por la identificación de numerosos hechos, circunstancias y acontecimientos que deberá efectuarse con detenimiento porque errores en esta etapa han de perjudicar el resultado final. Citamos:

- a) Lugar del siniestro, forma de acceso y características.
- b) Fecha y hora del accidente y cronología conocida de los acontecimientos.
- c) Tiempo de inicio de la investigación: cuanto más tiempo ha transcurrido entre los hechos y la investigación más importante resulta el conocimiento de toda la documentación e información existente, incluyendo fotos, planos, diagramas, etc.
- d) Condiciones meteorológicas en el momento del siniestro: para determinar causa y origen deben conocerse factores como: temperatura, lluvias, humedad, dirección y velocidad del viento que pueden haber

influido sobre la ignición y propagación del fuego. En general cuanto más grande sea el lugar de los hechos mayor será el tiempo y recursos necesarios.

e) Alcance o desarrollo del siniestro.

f) Características del establecimiento o sector incendiado: hay lugares como centrales nucleares, basurero nuclear o de residuos radiológicos, destilerías, petroquímicas, plantas de amoníaco, dioxina, etc., que requerirán todo un equipamiento de protección especial, instrumentos de control y verificación puntuales, medios para delimitar zonas con contaminaciones diversas, etc.

g) Conservación de evidencias: se deben tomar las medidas necesarias para conservar el lugar de los hechos hasta que se lleve a cabo la investigación. Si no fuera posible se tomarán fotos, se ejecutarán videos, tomando todas las notas posibles antes que el estado del lugar sea alterado o sometido a demolición.

h) Dado que es posible la acción simultánea de varios equipos de investigaciones es necesaria la colaboración y el respeto mutuo entre todos estableciendo límites jurisdiccionales y responsabilidades específicas de cada uno.

i) Prever todos los elementos y equipos de protección personal necesarios.

j) Personal especializado y consultores técnicos: la investigación de un incendio admite muchas facetas. Cuando se lo estime necesario podrá recurrirse a otros expertos con mayores conocimientos y experiencia sobre aspectos específicos de la investigación. Por eso hay expertos especializados en explosiones, fugas de gases, etc.

### **Siniestros Intencionales**

Por sus peculiares connotaciones requieren una consideración en particular.

Entre numerosas definiciones citamos la siguiente: “Es aquel incendio que ha sido deliberadamente iniciado en circunstancias en que las personas sabían que no debían hacerlo” (NFPA).

Es prudente que el investigador sostenga que una evidencia o combinación de varias no indican necesariamente premeditación sino que se requiere profundizar la investigación.

El objetivo es analizar origen y propagación de un incendio buscando pruebas físicas de la intencionalidad del evento.

### **Incendios Múltiples**

Son dos o más siniestros separados que arden simultáneamente sin tener relación entre sí. Se trata de un incendio múltiple cuando el investigador deduce que no son consecuencia de un mismo incendio inicial, por ejemplo: siniestros en distintas habitaciones y /o pisos sin conexión entre sí.

No son necesariamente intencionales porque un incendio múltiple puede producirse por propagación. Entre las numerosas causas factibles citamos: caída de material ardiendo (goteo), propagación del fuego a través de los conductos de tuberías, aire acondicionado y muchos otros. No obstante la sospecha existe.

Cuando antes se extinga un incendio más sencillo es averiguar si han existido varios puntos de origen. En el caso de combustiones completas o sin llamas, la identificación puede resultar imposible.

## Misceláneas

A continuación citamos una serie de datos indicados en la guía Norma NFPA 921, que estimamos poseen singular importancia:

**a) Rastros de combustible.** “Después de un incendio provocado en el que se han distribuido intencionadamente combustibles de una zona a otra, pueden aparecer marcas alargadas. Tales marcas conocidas como “rastros” se pueden encontrar a lo largo del suelo que separa las zonas de dos incendios o a lo largo de escaleras, para propagar un incendio de un piso a otro o de un edificio a otro. Los combustibles utilizados en los incendios provocados pueden ser líquidos o sólidos inflamables o cualquier combinación de ambos. Se los denomina “acelerantes”.

A veces se usan en los incendios provocados materias como ropa, papel, paja o líquidos inflamables. Generalmente quedan restos de materia sólida, que se deben recoger y documentar.

Los líquidos inflamables pueden dejar marcas lineales, sobre todo si el incendio se apaga pronto. La energía de radiación de las llamas o los gases calientes que se extienden por los pasillos o en las escaleras, pueden producir también marcas lineales.

Como hemos dicho para los acelerantes sólidos sospechosos, también se deben recoger y analizar muestras de los posibles acelerantes líquidos.

A menudo, cuando se limpia el suelo de escombros para examinar los daños, pueden aparecer marcas rectas largas y anchas en las que se han producido más daños por el calor limitadas a los lados por zonas sin afectar o poco afectadas. A menudo esas marcas se han interpretado como rastros de combustibles.

Aunque es posible, esas marcas también pueden ser producidas por muebles, objetos, mostradores o productos almacenados, o también por el impacto del fuego en zonas del suelo o de su revestimiento más desgastado.

Los objetos de forma irregular caídos en el suelo, como ropa de vestido o de cama, pueden protegerle produciendo marcas que dan lugar a errores de interpretación.

Por ejemplo, la nafta derramada para fomentar el fuego es un acelerante. Es el uso deliberado de la nafta para propagar el fuego de un lugar a otro lo que hace que esa marca de la nafta sea un rastro. Derramar nafta de una habitación a otra o subiendo una escalera, es dejar un rastro.

Echar nafta en un edificio desde una bodega o desde el tejado, o derramar nafta en una zona amplia, no es dejar un rastro, es decir, usar un acelerante. Por tanto, el combustible no es un rastro, sino la manera en que ese combustible o acelerante se utiliza.

Es igual que el requisito de “uso” en la definición del acelerante. La acción de provocación no tiene que ver con el hecho de que exista o no un rastro.

La nafta, los trapos o los periódicos se pueden usar como acelerantes y dejan un rastro, aunque actúan de manera distinta. La marca que deja el rastro es prueba de que se ha utilizado un acelerante, pero la marca no es el rastro.

Si la persona que provoca un incendio deja un rastro pero es detenida antes de que lo prenda, sigue siendo un rastro. “

**b) Cargas de fuego incoherentes:** cuando el siniestro corresponde a una elevada carga de fuego y el lugar considerado no la tenía, cabe pensar en premeditación. Como ejemplo: escaleras y pasillos que no tienen carga de fuego alta pero contribuyen a una rápida propagación al permitir que llamas y gases calientes se desplacen verticalmente a otros sectores.

Indica sospecha de intencionalidad, la acumulación de materiales combustibles, basuras, rezagos (scrap), cartones y papeles, etc. en habitaciones donde normalmente no existen.

**c) Evaluación de heridas por quemaduras:** las características y tamaño de las quemaduras de las eventuales víctimas le dan al investigador pautas sobre origen, causa y propagación del fuego y deben coincidir con las hipótesis de la investigación que se elaboren.

**d) Mecanismos incendiarios:** hay una gran variedad de ellos. Un incendiario suele usar más de uno y, a veces, distintos con el objeto de asegurarse el resultado.

Cuando el investigador sospeche de un dispositivo debe averiguar la existencia de otros, activados o no. De encontrarlos no actuar sobre ellos, es tarea de personal experto en explosivos. Tocar o mover tales dispositivos es un elevado riesgo de provocar un incendio y/o explosión.

**e) Dispositivos incendiarios comunes:**

- Materiales de fumadores, incluyendo fósforos.
- Velas, cera de combustión de las mismas.
- Instalaciones y equipos eléctricos con indicios de haber sido manipulados o modificados.
- Materiales combustibles cerca de equipos de calefacción.
- “Cócteles Molotov”, suelen dejar evidencias como líquido, producto químico o compuestos inflamables, incluso botellas y mechas. Iniciador de incendios en base a parafina y aserrín. Quedan rastros de este impregnados con cera.

**f) Dispositivos retardadores:** para este fin se usan velas, cigarrillos, temporizadores mecánicos o eléctricos. El incendiario lo utiliza para tener tiempo de huir o elaborar una coartada.

**g) Presencia de líquidos inflamables en el lugar de origen:** cuando se encuentran en zonas que normalmente no los poseen es indicio de intencionalidad.

Las “marcas irregulares”, típicas de líquidos inflamables, son importantes para el investigador. De observarlas buscar los restos del recipiente contenedor.

**h) En base a su formación y experiencia los investigadores** suelen juzgar un incendio como “excesivo, anormal o poco natural”, esta opinión es subjetiva y el siniestro ser accidental y no intencional debido a la gran cantidad de variables como: geometría del recinto, tipo de combustible, ventilación, etc.

Si emplea un lenguaje subjetivo el investigador debe ser capaz de explicar porqué considera que un fuego es “excesivo, a normal o poco natural”.

Se recomienda a los investigadores no usar opiniones subjetivas para apoyar la sospecha de que el incendio ha sido provocado en ausencia de pruebas físicas.

**i) Interrogatorios a testigos:** pueden dar indicios no relacionados directamente con la combustión, por ejemplo: antes del incendio se han retirado equipos u objetos valiosos, o cambiados por de menor valor.

**j) Lugares alejados:** suelen ser elegidos para provocar incendios. Hay casos en que se han oscurecido ventanas y cristales.

**k) Incendios cerca de equipos y aparatos de servicio:** Un incendio cerca de equipos, aparatos o chimeneas eléctricos o de gas, puede haber sido provocado con la intención de que parezca accidental.

El investigador debe examinar las conexiones de entrada o de servicio para ver si están flojas o desconectadas y determinar se ha habido manipulación o sabotaje de los equipos o aparatos. Si el investigador no tiene conocimientos suficientes de esos equipos o aparatos, debe hacer que los examine un experto.

**l) Ausencia de objetos personales antes del incendio:** La ausencia de objetos personales, insustituibles o difíciles de sustituir, se debe investigar. Por ejemplo, joyas, fotografías, diplomas, certificados, trofeos, obras de arte, animales domésticos, equipo deportivo o de bricolaje, etc. También hay que investigar y tratar de explicar la ausencia de documentos importantes, como pólizas de seguro contra incendio, papeles de negocios, declaraciones de impuestos, etc.

También un incendio provocado puede ser un intento de ocultar otros delitos como robo u homicidios, o a causa de dificultades económicas.

**m) Accesos cerrados u obstruidos:** Tienen por objeto impedir el accionar de los bomberos. Hay casos en que se abatieron árboles con este motivo y en otras puertas y ventanas estaban cerradas por dentro con cadenas y candados alegando motivos de seguridad.

**n) Sabotaje:** es el daño del edificio o de los sistemas de protección contra incendio para la rápida destrucción del edificio y su contenido. No obstante, el investigador debe considerar la posibilidad de errores constructivos, falta de mantenimiento o falla de equipos.

**o) Debilitación de la resistencia al fuego y maniobras de ventilación:** citando nuevamente la Guía NFPA N° 921: “Los sistemas de resistencia al fuego instalados durante la construcción (paredes, techos y suelos) y la protección adecuada de las aberturas (puertas, ventanas o cierres cortafuegos y amortiguadores del fuego), tratan de separar las partes de un edificio en “compartimentos” o “zonas de fuego” que confinan el recinto donde se declara el fuego, evitando que el humo y las llamas pasen a otras partes del edificio.

Las aberturas o penetraciones en estos sistemas pueden ser indicativas de que la persona que ha provocado el fuego ha intentado que se propague de una zona a otra. El investigador debe tratar de determinar si esas aberturas se han hecho con esa intención.

Las aberturas o penetraciones en los sistemas resistentes al fuego pueden ser también resultado de una mala construcción o renovación, de haber introducido conductos para cables o de actividades de lucha contra el fuego, como ventilación o desalojo.

El método más corriente de hacer que un fuego se propague a través de un edificio es dejar las puertas abiertas. El sabotaje en las puertas cortafuegos o cortahumos, por ejemplo dejarlas abiertas, puede aumentar la velocidad de propagación del fuego y el humo por todo el edificio.

El sabotaje en las puertas de las escaleras puede acelerar aún más esa propagación.

Sin embargo, generalmente esas puertas se suelen dejar abiertas por los ocupantes del edificio para mejorar la ventilación o los accesos durante su actividad normal.

El investigador debe determinar si las puertas y otras protecciones fueron abiertas intencionadamente por la persona que provocó el fuego o como modo habitual durante el uso del edificio.

**p) Alteración de los sistemas de protección contra incendios:** El objeto es retardar el aviso de incendio a los ocupantes y a los bomberos intentando que el fuego logre el mayor avance posible y máxima destrucción al dificultar o impedir la extinción de los mismos. Hay muchas maneras de lograrlo, las más comunes son:

- Destrucción de los detectores.
- Anulación de rociadores de agua.
- Cierre de válvulas reguladoras
- Deterioro de las roscas de los hidrantes.
- Anulación de las conexiones dobles (siamesas).

**q) Identificación de sospechosos:** el investigador debe informar toda observación que conduzca a este objeto.

**r) Ejemplos interesantes:**

- Relacionado con dificultades económicas. Hay casos de seguros por encima del valor real o tener asegurado el edificio con varias pólizas.
- Se comprobaron incendios intencionales durante circunstancias meteorológicas extremas para retrasar o dificultar la respuesta de los bomberos: grandes nevadas, tormentas, inundaciones, sequías o grandes calores son ejemplos concretos.
- Incendios durante disturbios ciudadanos: Se considera una oportunidad típica para provocar incendios. En estos casos se ha comprobado la ausencia de artefactos de ignición sofisticados, sí cócteles Molotov o acelerantes líquidos. Lo más frecuente es utilizar como combustible iniciador los materiales existentes.
- No disponibilidad de bomberos: se pueden provocar incendios cuando los bomberos no pueden concurrir o lo hacen con demora. Por ejemplo si han sido llamados por una falsa alarma para que acudan a otro lugar alejado de la zona o bien si están participando de un desfile u otro acto público.
- Los incendiarios suelen tener peculiaridades, por ejemplo: los suelen provocar el mismo día de la semana a la misma hora y los materiales y el método tienden a ser similares, igual que el lugar.

## **CAPÍTULO III**

### **INVESTIGACIÓN DEL LUGAR DE ORIGEN DE INCENDIO**

Concepto básico: Si no se establece el origen de un incendio, tampoco se puede averiguar la causa.

Para determinar el origen de un incendio, es necesario coordinar:

- 1) Marcas y señales dejadas por el fuego.
- 2) Declaraciones de testigos y personas relacionadas con el lugar del siniestro.
- 3) Análisis de los fenómenos físico-químicos relacionados con la iniciación, desarrollo y propagación del fuego.

Es raro que una sola prueba sea suficiente, el investigador debe considerar todas las hipótesis posibles y analizar como se compatibilizan con las pruebas obtenidas. El problema surge cuando la anterior no ocurre y habrá que determinar si el error está en la hipótesis o en la prueba. Es usual considerar un listado de posibles fuentes e ir desechándolas hasta que, en lo posible, quede una sola.

Si se puede identificar el punto exacto de comienzo, donde la fuente de calor inició la combustión, podemos decir que se ha encontrado el lugar buscado.

Este proceso implica identificar las marcas que ha producido el fuego, analizarlos, confeccionando un plano con el desplazamiento del fuego desde las zonas menos dañadas a las más perjudicadas.

Debe tenerse en cuenta que a menudo, en forma coincidente, se realiza:

- Determinación del origen: tomar notas, fotografías, etc.
- Investigación de la causa
- Análisis de fallas estructurales.

Los investigadores siguen métodos según el tipo de incendios y pautas específicas. Es muy importante la experiencia que posea.

Un procedimiento recomendado para inspeccionar el lugar del incendio, establece:

- Examen preliminar del lugar.
- Establecer una hipótesis sobre el modo de propagación.
- Examen profundo del lugar.
- Reconstrucción de los hechos.
- Hipótesis final sobre la propagación del fuego.
- Identificación del origen.

Aspectos destacados a tener en cuenta:

### **A) Evaluación de los daños**

Se elaboran hipótesis que estudian y documentan las marcas del movimiento e intensidad del calor, para evaluar la importancia de cada una de ellas.

- Recoger notas: incluirá todas las observaciones pertinentes como: tipo, posición, descripción y tamaño de las marcas, materiales involucrados y todo otro análisis que el investigador estime necesario.
- Documentación gráfica: Se deben fotografiar las marcas de fuego desde distintos ángulos para mostrar forma, tamaño y relación con otras marcas. Adecuadas técnicas de iluminación serán valiosa ayuda para interpretar las fotografías.

- Diagramas de vectores: el uso de diagramas de vectores que indiquen la dirección del calor y las llamas son una útil herramienta para el análisis a efectuar por el investigador.

Los vectores se dibujan sobre un plano donde estén ubicados: paredes, pasillos, puertas, ventanas, muebles y cualquier otro elemento que se estime importante.

Luego, con flechas, indicará como interpreta la dirección de propagación de las llamas y el calor. Puede añadir otros vectores para identificar cualquier variable que crea conveniente.

Un diagrama de vectores le da al investigador un punto de vista general para su análisis. También se usa para identificar las marcas conflictivas que sea necesario aclarar.

Teniendo en cuenta la bibliografía disponible se debe aceptar que “fuente de calor” no es sinónimo de “origen del fuego”. La fuente de calor puede haber sido o no generada por el primer combustible que ha ardido.

- Diagramas de profundidad de carbonizado: debe el investigador documentar en forma adecuada la profundidad de la parte carbonizada.

Cuando haya anotado esas medidas trazará “líneas de isocarbonizado”, uniendo puntos con profundidad de carbonizado igual o casi igual.

## **B) Evaluación preliminar del lugar de incendio y/o Explosiones**

Se empezará desde las áreas menos afectadas hacia las más afectadas, incluyendo la inspección general del establecimiento siniestrado, por fuera y por dentro, además de las zonas vecinas.

Objetivos de esta tarea a evaluar:

- Magnitud y alcance que asumirá la investigación.
- Equipos, instrumental de medición y personal necesarios.
- Seguridad del sector a investigar.
- Fijar aquellas zonas donde deban profundizarse los estudios.

Referencias concretas, por ejemplo, fachada principal del edificio para que quién utilice la descripción localicen fácilmente la zona descripta.

- Zonas circundantes: en zonas vecinas puede haber pruebas o marcas que sean útiles a la investigación.

Se anotarán todos los datos de interés, posición y situación de cada elemento considerado.

En esta fase de la inspección se aprovechara para buscar testigos o personas que puedan suministrar información sobre el edificio siniestrado.

- Circunstancias atmosféricas. Se debe averiguar el tiempo que hacía durante el siniestro y otros factores atmosféricos que pudieron tener influencia.

La dirección del viento se puede determinar por señales en los edificios y vegetación de los alrededores.

- Parte exterior del establecimiento incendiado:

Una recorrida externa permitirá evaluar la magnitud del incendio y además la posibilidad de que el fuego se haya propagado desde una fuente externa.

También se observará la estructura edilicia; modificaciones realizadas y cualquier otra característica que pudiera haber tenido influencia en el inicio y propagación del fuego.

Por ejemplo, las estructuras realizadas en distintas épocas mostrarán diferencias constructivas y de materiales utilizados.

La ocupación o uso del edificio, actividades desarrolladas en el mismo, tipo, número y condiciones de las personas ocupantes marcarán diferencias que deben analizarse.

- Parte interior del edificio: en su evaluación inicial, los investigadores deben examinar todas las habitaciones y sectores del edificio. Observarán las características de sus ocupantes, contenido del edificio, formas de almacenaje, etc.

También el tipo de construcción, revestimiento de las superficies, movimiento del humo y el calor, zonas más dañadas por el fuego y el alcance de esos daños (mucho, poco, regular y ninguno). Estos daños deben compararse con los observados en el exterior. Se evaluará la resistencia del edificio, especialmente para saber si se puede trabajar en él con seguridad y las probables necesidades de personal y equipos.

El objetivo principal de la evaluación preliminar del interior es identificar las zonas que requieren un análisis más riguroso observando detalles puntuales como:

- Origen del fuego.
- Marcas del fuego.
- Cargas de fuego.
- Clase de combustión.
- Posibles fuentes de ignición.

Es de suma importancia que el investigador anote cualquier alteración que haya observado después del incendio, por ejemplo:

- Eliminación de escombros.
- Retirada de elementos contenidos en el edificio.
- Alteraciones en la instalación eléctrica.
- Desmontaje de los contadores de gas.

Estas modificaciones pueden afectar mucho la interpretación de las pruebas físicas por el investigador.

La evaluación preliminar del lugar de un incendio es, por lo tanto, de suma importancia, el investigador dedicará todo el tiempo que sea necesario para formular las primeras hipótesis. Esto le ahorrará tiempo después y mucho esfuerzo posterior.

### **C) Hacer las primeras hipótesis**

Se trata de elaborar una hipótesis preliminar sobre como se ha propagado un incendio, observando los sectores mas y menos afectados, intentando seguir el camino del fuego hasta la fuente.

La hipótesis permite al investigador organizar y planificar su trabajo.

En esta fase debe considerar cualquier otra hipótesis posible y seguir pensando en alternativas hasta que encuentre pruebas concluyentes o motivos para desecharlas.

La investigación trata de identificar todos los hechos producidos y usarlos para emitir una opinión basada en la ciencia del fuego y en la experiencia.

El investigador debe reconsiderar las áreas de interés, incorporando cualquier nuevo dato, por ejemplo los que surjan de examinar los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, instalaciones eléctricas, sistemas de distribución de agua y gas. Es importante destacar que las zonas examinadas no se deben limitar a las afectadas por el fuego. Esto es fundamental en una investigación.

### **D) Examen detenido de las superficies externas**

Tiene como principal objetivo identificar donde se inició el fuego. Aunque se posea la certeza de que el fuego se inició en el interior del edificio no debe emitirse esta inspección. Observaciones, planos y fotografías ayudarán al investigador a documentar detalles como ya se ha indicado.

- Estado previo al incendio: Hay que tratar de establecer el estado del edificio antes del incendio: conservación, cimientos, grado de mantenimiento, etc.
- Servicios públicos: se recabarán todos los datos posibles de las instalaciones de agua, electricidad y gas. Especialmente los depósitos y sus conexiones.
- Puertas y ventanas: en especial las de acceso al edificio, si están rotas o forzadas y en ese caso si ocurrió antes o después del incendio. Verificar si la madera está quemada o sin quemar, limpia o manchada de humo. El estado de las bisagras permite saber si las puertas estaban abiertas o cerradas durante el incendio. Se requiere amplia experiencia para considerar este tema.
- Pruebas de explosiones: Se anotará cualquier desplazamiento de las superficies externas, distancia de los trozos desplazados, movimiento de paredes y techo. Es deseable ubicar los datos sobre un plano, junto con las superficies carbonizadas y las marcas de humo:
- Observación de los daños: se anotarán los daños producidos por el fuego en las superficies externas y su relación con las aberturas naturales y provocadas.

Las puertas, ventanas y aberturas de ventilación son el paso natural del humo y el calor y pueden indicar la dirección del fuego y de los productos de combustión. Las aberturas provocadas son producidas por el fuego o durante las tareas de extinción, suelen señalar una combustión intensa.

Los agujeros distantes creados por el fuego pueden indicar varios orígenes, mayor carga de fuego concentrada o simplemente que el fuego se ha propagado hasta esas zonas.

Las aberturas de ventilación pueden afectar mucho el movimiento del fuego dentro del edificio; a veces las marcas parecen anormales. Requieren detenida observación y análisis.

### **E) Examen detallado de las superficies interiores**

El detallado examen interior es previo a la emisión de cualquier opinión, porque es donde se inician la mayor parte de los incendios. Las técnicas de observación son similares a las indicadas para superficies exteriores.

• Estado anterior del edificio: importante especialmente donde el fuego se declaró y propagó. Algunos puntos clave son:

- Mantenimiento
- Concentración de materiales combustibles
- Residuos
- Instalaciones y equipos eléctricos

Hay que localizar todos los dispositivos internos de extinción y detección de incendios, observar el estado en que se encuentran y como funcionaron durante el incendio. Deben verificarse los valores registrados de cargas de fuego.

El objetivo es evaluar si el estado del edificio anterior al incendio pudo haber contribuido o no y en que medida, al origen, causa o propagación del mismo.

• Instalaciones: El investigador debe evaluar el estado de las instalaciones, especialmente las eléctricas y de gas. Recordar que un incendio puede lograr que un sistema de gas en perfecto estado tenga fugas a semejanza de una instalación con fallas.

• Explosiones: si el investigador estima que se ha producido una explosión tratará de establecer si ha sido anterior o posterior al incendio. Esto se puede determinar, a veces, observando el estado de las superficies normalmente ocultas o protegidas como por ejemplo el interior de las paredes.

• Reconstrucción del sitio de un incendio: debe lograrse lo más exacto posible. Esto permite al investigador evaluar las marcas observadas y comparar. Esta tarea requiere efectuar entrevistas, diagramas, fotografías y otros medios. La evaluación prolija preliminar, se reitera, ha de facilitar la tarea de reconstrucción del lugar.

Se tratará de evitar la retirada de escombros pero a veces es inevitable por eso es tan importante el factor tiempo.

- Seguridad física: se tendrán todas las precauciones posibles durante la inspección del supuesto lugar de los hechos; la retirada de escombros puede producir derrumbes, dejar al descubierto cables eléctricos con tensión, existencia de sustancias peligrosas y otros riesgos.

- Retirada de escombros: si esta tarea se ejecuta mal pueden quedar visibles solo parte de las marcas producidas por el fuego e interpretar erróneamente las mismas.

Todo investigador sabe que la inspección de un lugar de incendios es una dura y sucia tarea pero inevitable.

Los bomberos que retiran escombros y restos también pueden anular pruebas y dificultar la determinación del origen del incendio.

Debe elegirse adecuadamente el lugar donde se depositarán los escombros para evitar desplazarlos dos veces. La tarea debe efectuarse de manera racional y sistemática, por ejemplo: retirar por capas y documentar el proceso a medida que se avanza.

- Contenido: el contenido y sus restos descubiertos durante la retirada de escombros se deben registrar junto con posición, estado y orientación.

Lo usual es que una vez retirados los escombros todo el contenido se colocará como estaba antes de comenzar el incendio para poder analizar las marcas del fuego

- Modelos de reconstrucción: recientemente se han desarrollado herramientas analíticas derivadas de la química y física del fuego y medidas de las propiedades de los materiales. Nos referimos a los “modelos de incendio”, tanto “de campo” como “de zona”, que hoy son sencillos de interpretar, aunque requieren modernos ordenadores personales y cierta experiencia para tener la certeza de que los datos han sido bien introducidos y los resultados están bien interpretados. Si no se tiene certeza de la información es preferible no utilizar estos métodos.

Debe destacarse, sin embargo, que todos aquellos relacionados con temas de incendios conozcan estas herramientas para poderlas utilizar adecuadamente cuando sea posible y oportuno hacerlo.

- Hipótesis sobre propagación del fuego: cuando el investigador a obtenido todos los datos posibles del examen de las superficies externas e interiores del edificio debe formular una hipótesis sobre cual ha sido, a su juicio, la forma en que ocurrió la propagación; con el objeto de establecer el punto de origen del incendio. En este momento es cuando deben resolverse las contradicciones, si las hay, entre hipótesis hasta minimizarlas.

Una vez determinada la zona de origen se identifica todas las posibles fuentes de ignición para encontrar el punto de origen en la zona.

Como ya se ha dicho, si no se conoce el punto de origen, determinar la causa del fuego es muy improbable. A veces los testigos resuelven este problema, pero corresponde al investigador evaluar las declaraciones para tener la certeza de las mismas.

- Combustión total: un incendio que se autoextingue cuando se ha consumido todo el combustible involucrado presenta grandes dificultades al investigador, porque suele ser imposible determina origen y causa. Igual debe investigarse minuciosa y sistemáticamente buscando datos valiosos.

Por ejemplo: un establecimiento que ardió hasta que no quedó combustible, sin testigos y sin que se hicieran operaciones de extinción igual amerita recoger toda la información posible, características del edificio, tipo de ocupación, condiciones atmosféricas del día del incendio, obtener fotografías y planos constructivos entre otras cosas. También hay que consultar a las empresas suministradoras de agua, gas y electricidad sobre utilización pasada y presente de los servicios en el edificio de manera similar a lo ya indicado.

Se insiste: aunque la inspección inicial solo se aprecia un agujero lleno de escombros se debe examinar a fondo, a partir del perímetro, recorriendo todo, anotando y registrando en plano todos los datos posibles.

Una vez concluida la evaluación inicial se deberá retirar con cuidado los escombros identificando y estudiando el contenido.

Hay una ventaja en la destrucción completa: que el lugar no ha sido alterado por maniobras inversas. Se tratará de confirmar que lo observado corresponde a materiales que serían de esperar en cada caso. Muchas cosas sobreviven incluso en los incendios más violentos. Hay que buscarlas.

También hay que anotar los distintos efectos del calor sobre cada elemento. Si el contenido de una zona del edificio presenta restos de metal fundido mientras que en otra zona no, cabe suponer que la temperatura en la primera zona ha sido muy superior a la de la segunda.

Como acotación particular si los restos metálicos estaban muy oxidados, este examen puede no ser posible.

El amplio tema que hemos considerado puede tener como resumen un pensamiento de Einstein “Creo que para el avance científico es más importante la imaginación que el conocimiento”

## CAPÍTULO IV

# DETERMINACIÓN DEL ORIGEN

### Objetivos del Investigador

Registrar los hechos y detalles que observe para poder recordarlos posteriormente.

Es importante para fundamentar opiniones y convulsiones. Deben documentarse todos los aspectos posibles prácticos de la actividad en el lugar del siniestro.

### Herramientas a usar

Fotografías, videos, diagramas, plano, registros con sonido y toda otra forma de acopio de notas.

Las fotografías y videos permiten documentar visualmente un siniestro, de manera muy superior a la expresión oral.

Constituyen un recordatorio de aquello que el investigador ha observado y serán el mejor apoyo para los informes y declaraciones del mismo.

Marcas y detalles que pudieron pasar desapercibidos al registrar las imágenes pueden resultar evidentes y decisivos más tarde.

El fotógrafo debe estar muy capacitado y es fundamental no imponerle limitaciones en la cantidad de registros. “más vale tomar demasiadas fotos que demasiado pocas”.

La utilización de videos y películas, diapositivas, es preferible siempre que se usen simultáneamente con fotos en papel, convencionales.

Las imágenes en sitios con escasa luz y/o con objetos y materiales ennegrecidos requieren una técnica apropiada.

El tiempo de registro es decisivo. Lo obtenido en el transcurso del evento y lo antes posible después del mismo, evitan las alteraciones, destrucción y remoción en el lugar de los hechos.

Cabe agregar las siguientes razones, para justificar con la premura:

- a) Es posible que el sector afectado e incluso el edificio, esté en situación de colapso inmediato o deba ser demolido por razones de seguridad.
- b) Porque el contenido del edificio significa un riesgo potencial que requerirá acción inmediata.
- c) Las pruebas deben documentarse en la medida que van apareciendo, por “capas” tal cual ocurre en las investigaciones arqueológicas.

Son innumerables los tipos y características de cámaras de fotos existentes. Se estima que lo más apropiado es una cámara reflex de 35 mm y lente única. También es conveniente disponer de una cámara instantánea, es decir, que revela las fotos al instante, sobre todo si se trata de una prueba valiosa.

Proveer de rollos de película y baterías para recambios de emergencia.

Hay películas de distinta sensibilidad (tanto para fotos como para diapositivas). La sensibilidad se mide en grados ASA que varían para 35 mm de 25 a 1600 ASA, en color y hasta 6400 ASA en blanco y negro. Cuanto mejor es el grado ASA menos luz se requiere.

Una película de muchos grados ASA (más rápida) es mejor cuando hay poca luz y no se dispone de flash, aunque tiene el inconveniente de que las ampliaciones son de inferior calidad porque se aprecia el grano.

Se aconseja usar la película con menos ASA con la que se pueda trabajar sin inconvenientes, porque tal vez deba realizar ampliaciones. Lo usual son las películas de 100 a 400 ASA para la gran mayoría de los casos.

Hay abrumadora coincidencia en las ventajas de usar color, dan más realismo, muestran diferencias por contraste y manchas de humo. La elección entre fotos y diapositivas tiene sus ventajas e inconvenientes.

Las diapositivas permiten imágenes de gran tamaño sin costo adicional y que varias personas a la vez observen simultáneamente los detalles que expone el investigador. En el caso de fotos esto puede lograrse, por ejemplo, con ampliaciones tamaño poster. En declaraciones extensas o con explicaciones muy detalladas, las fotos son más fáciles de analizar y manejar y no están expuestas a eventuales inconvenientes de proyección.

Considerando las lentes, las aberturas que dejan pasar la luz, varían desde las muy pequeñas ( $f2$ ) hasta las grandes ( $f32$ ). Normalmente, cuando mayor es la abertura que se puede utilizar, mejor será la calidad de la foto. El operador debe conocer la distancia focal más habitual y las especiales. Estará familiarizado con todo tipo de objetivos.

Una técnica importante que el investigador deberá conocer y aplicar, se refiere a la profundidad de campo o definición, porque deberá determinar la calidad del detalle en las fotos que se logren. A mayor profundidad de campo, mejores detalles.

En el caso de cámaras con lente fija se recomienda usar una lente zoom de distancia focal media (35-70 mm) que permite captar fotos en gran angular con buena profundidad de campo y hacer fotos de cerca.

Debido a inconvenientes que ofrece el uso de filtro de color, en nuestro caso, se recomienda no recurrir a ellos.

## **Iluminación**

No hay luz artificial que se pueda comparar razonablemente con el color, definición y claridad que otorga la luz solar, pero el amanecer, anochecer, en días nublados, en interiores, se necesitará una luz auxiliar de foco, flash autónomo e integrado con la cámara.

En zonas que se han quemado el problema se agrava debido a que no hay reflejos.

Se aconseja que el flash de las cámaras sea desmontable para poder usarlo oblicuamente a la dirección de la lente, para reducir reflejos, obtener mayor profundidad y poder ampliar la textura de superficies dañadas por calor y/o llamas.

Existen equipos y técnicas que permiten abarcar zonas muy amplias.

Se debe procurar que el brillo o reflejo del flash no distorsionen el aspecto real de un objeto. Por ejemplo: El reflejo puede hacer que manchas de humo aparezcan o no, inclusive, sombras creadas por el flash se pueden interpretar como marcas de quemaduras.

Es un axioma que la fotografía de un tema importante se haga varias veces con distintas aberturas y tiempos de exposición para tener las mayores posibilidades de contar con una toma correcta.

### **Tipos especiales de Fotografías**

Las técnicas y equipos actuales permiten una amplia gama de fotografías especiales, como ejemplo: por láser, infrarrojo, microscopio, entre otras. Así la foto láser puede recoger una huella dactilar sobre una superficie determinada.

Lo anterior se explica porque las fotos son un importante factor persuasivo para que se acepte una teoría elaborada por el investigador sobre la evolución de un siniestro. Para la investigación de un incendio se aconseja tomar una serie de fotos de la estructura y del edificio y el contenido que aún permanece. Es usual tomar fotos desde afuera hacia adentro del edificio y desde las zonas poco afectadas hacia las que están más quemadas.

Por último, fotos de la zona y punto de origen del fuego y de elementos que pudieron haberlo causado. También deberá registrar la propagación del humo o pruebas en las zonas no afectadas. Lo óptimo sería la obtención de registros en el momento que se está desarrollando un siniestro.

Otra técnica consiste en fotos secuenciales, donde se fotografía un objeto a distancia para verlo en su contexto con lo que lo rodea, luego sucesivas tomas cada vez más cerca hasta llegar a un primer plano del objeto.

También será de utilidad al investigador confeccionar un diagrama de fotos sobre un plano, indicando lugar y dirección en que se obtuvo cada registro y la hora.

Un ayudante fotógrafo para el investigador debe, además de conocer su técnica, estar compenetrado de los objetivos que se persiguen. No se trata de obtener fotos artísticas sino realzar detalles fundamentales para el análisis, teniendo en cuenta que, tal vez, no tenga ocasión de volver al lugar de los hechos.

En general los tribunales consideran que las fotos son testimonios de importancia, suelen exigir que sean claras y sin señales de distorsión. La mayoría de las jurisdicciones no distinguen entre color y blanco y negro, si se cumplen los requisitos legales.

### **Videos**

Es una herramienta muy útil para un investigador de siniestros. Su gran ventaja es la posibilidad de orientarse mediante el movimiento progresivo del ángulo de visión. Es algo similar al uso de diagramas de fotos, fotos numeradas, planos de planta y fotos fijas, todo en uno.

Cuando se tomen videos evitar los efectos como el zoom u otros que pueden exagerar una evidencia, pues se podrían considerar como pruebas subjetivas y no objetivas.

Otro uso del video es para las entrevistas a testigos, propietarios, ocupantes y sospechosos. Permite al investigador, miembros del jurado y otras personas relacionadas observar el comportamiento de testigos.

No se recomienda usar exclusivamente videos porque son menos objetivos y fiables que las fotos fijas. Por lo tanto deben siempre complementarse con éstas. Es conveniente que el investigador posea habilidad suficiente para hacer dibujos, planos, esquemas y diagramas.

### **Fotografías Específicas**

a) Fotografías de grupos de personas: suelen ser valiosas para identificar individuos que puedan aportar información adicional de interés para la investigación.

b) Fotos de la supresión del incendio: Se registra el funcionamiento de los sistemas automáticos, la actividad de los bomberos (internos y externos), posición de los vehículos de bomberos, situación de los hidrantes, tendido de mangueras, líneas de ataque, etc.

c) Fotos exteriores: sirven para determinar la situación del lugar del siniestro, señales de tráfico, calles de acceso, estructuras y establecimientos vecinos. También hay que tomar fotos exteriores de todas las fachadas y esquinas del edificio para estudiar todos los elementos estructurales y su relación mutua.

d) Fotos estructurales: Se consideran muy valiosas. Documentan los daños ocurridos por exposición al calor y llamas. Las “marcas” de quemaduras permiten seguir la evolución del fuego y ayudan a establecer su origen.

Un procedimiento recomendado es fotografiar todos los ángulos y puntos de vista posibles del exterior del edificio. Registrar los fallos estructurales en puertas, ventanas, techos y paredes porque suelen establecer el camino de propagación del fuego, ayudando al resultado final.

También deben fotografiarse el incumplimiento de normas o deficiencias estructurales, porque la propagación del fuego puede estar determinada por las mismas.

e) Fotografía de interiores: el objetivo es el mismo, documentar el camino de propagación del fuego, por eso deben fotografiarse todos los puntos de ventilación existentes o creados por el fuego, al igual que las marcas por humo y calor. También registrar las habitaciones vecinas al lugar de inicio aunque no hayan sufrido daños. Todos los equipos productores de calor se fotografiarán, al igual que el mobiliario en su posición original.

Registrar todos los equipos contra incendios: detección, rociadores automáticos, extintores portátiles, bocas de incendio, puertas con cierre automático, etc.

Como recomendación singular: fotografiar los relojes para saber a que hora se detuvieron o en que momento el fuego o calor detuvo su funcionamiento.

f) Registrar las entradas de servicios de gas, electricidad y los mandos de los mismos: contadores, reguladores, tablero eléctrico principal, cuadros de fusibles y disyuntores. Tratar que se distingan posición de los mandos y empuñaduras.

g) Fotografías de prueba: se fotografían en el lugar de los hechos todo aquello que se pueda utilizar como prueba, muestran a posición y el estado en que se encuentran. Las pruebas son esenciales en cualquier juicio pero deben estar correctamente identificadas y si es necesario, se coloca una regla u otro objeto para valorar su tamaño relativo, no obstante es conveniente también tomar una foto con la prueba sola, sin agregados.

h) Fotos con víctimas: se siguen los habituales procedimientos policiales.

i) Fotografías según testigos: si algún testigo da testimonio de lo que observó según su punto de vista, hay que obtener una foto desde ese mismo lugar, lo mas cerca posible, para permitir que el investigador y otras personas puedan evaluar la declaración.

j) Fotografías aéreas: los registros desde un punto elevado que puede ser la escalera de bomberos, un edificio o colina cercana, un avión o helicóptero pueden revelar a menudo importantes indicios sobre la forma de propagación de un siniestro. Este caso requiere apoyo especializado.

## **Toma de Notas**

Complementar dibujos y fotografías, indicando:

- Nombres, direcciones.
- Modelos y números de serie.
- Declaraciones.
- Secuencia numérica de las fotos.
- Identificación de los objetos.
- Tipos de materiales involucrados.

Algunos investigadores han manifestado que les resulta de mucha utilidad el uso de grabadores portátiles.

## **Dibujos Mínimos**

Suelen ser un simple esquema mostrando la posición relativa de habitaciones, escaleras, ventanas, puertas, etcétera, y los daños que han sufrido. Pueden efectuarse a mano alzada con dimensiones aproximadas. Suele bastar para casos en que análisis y conclusiones son sencillos.

En casos más complejos o con litigios los planos arquitectónicos y de ingeniería son imprescindibles para una presentación adecuada con documentación de los hechos.

## CAPÍTULO V

# AVERIGUACIÓN DE LAS CAUSAS

### Objetivos

Es función del investigador identificar las circunstancias y factores necesarios para que se iniciara la combustión. Por ejemplo:

- Sector y/o equipos afectados.
- Tipo y forma del material que inició el proceso.
- Factores humanos.

### Clasificación de las causas

Pueden ser:

- 1) Accidental
- 2) Natural
- 3) Provocada
- 4) Indeterminada

1. Causa Accidental: son aquellos casos en que la causa probada no supone un acto humano deliberado para iniciar o propagar un incendio.

2. Causa Natural: Son aquellas en las que no hay intervención humana directa, por ejemplo: viento, rayos, terremotos, etc.

3. Causa Provocada: Es el factor humano con la intención plena o cuando son resultado de evidentes negligencias operativas.

4 Causa Indeterminada: si no se puede probar cual ha sido la causa de un siniestro se debe clasificar como indeterminada.

La causa puede ser determinada posteriormente. Aunque no se conozcan todos los factores, si las pruebas apuntan a una causa, puede aceptarse esta.

El investigador debe tratar de ser lo más objetivo y abierto posible, pero teniendo muy en cuenta que el término “sospechoso” no puede ser considerado para describir una causa de incendio. La mera sospecha no es un nivel aceptable de prueba.

### Fuentes de Ignición

La fuente de ignición estará en el origen del siniestro o muy cerca de él.

Algunas fuentes de ignición permanecen en el punto de inicio y son reconocibles, otras pueden quedar parcial ó totalmente destruidas.

Para que una causa se pueda demostrar, la fuente debe ser identificada. Si solo se puede suponer se considerará la causa como la más probable.

El proceso de ignición consta de:

- Generación

- Transmisión
- Calentamiento
- Generación: La fuente de ignición debe generar un nivel de energía suficiente para elevar la temperatura hasta el punto de ignición y transmitir dicha energía al combustible.
- Transmisión: la transmisión de la energía suficiente eleva la temperatura del combustible hasta su punto de ignición.

La transmisión desde la fuente al combustible puede ser por convección, transmisión o radiación.

- Calentamiento: el calentamiento del combustible se debe producir por la energía que recibe.

Cada combustible reacciona de un modo diferente ante la energía que recibe. Algunos la reflejan y otros la transmiten a través de todo su material. Parte de la energía se dispersa a través del material, y otra parte lo calienta elevando su temperatura. Es un fenómeno conocido como “Inercia Térmica” que se define como el producto de la conductividad térmica, densidad y calor específico.

Estas tres prioridades determinan de qué manera un material transmite calor desde la superficie expuesta hasta las no expuestas.

La temperatura superficial de un material con baja inercia térmica se eleva más rápidamente que otro con mayor inercia térmica. Además, los materiales delgados se calientan mucho más rápidamente.

Cuando se ha identificado la zona y posible punto de origen, el investigador debe averiguar que equipos o aparatos pueden haber causado la ignición. Esto implica investigar fallas de funcionamiento.

Los gases ó vapores inflamables pueden recorrer distancias grandes, hasta llegar a una fuente de ignición.

La ignición sólo se producirá bajo ciertas condiciones específicas:

- Concentración dentro de los límites de inflamabilidad y fuente de ignición con energía suficiente situada dentro de la mezcla inflamable.
- Prestar especial atención a las fuentes de energía eléctrica.

## **Material de inicio**

Es el primero que mantiene la combustión:

“La forma física del combustible desempeña un papel importante en su capacidad para arder.

Un combustible no gaseoso con una gran relación superficie-peso, arde mucho más fácilmente que otro con una baja relación superficie-peso. Ejemplos de combustibles con alta superficie-peso son los polvos, fibras y papel. Si el combustible inicial tenía una alta superficie-peso, la intensidad y duración de la fuente de calor resultan menos determinantes.

Cuanto mayor sea la relación superficie-peso del combustible, menos energía debe producir la fuente de calor para quemarlo, aunque su temperatura de ignición sea la misma. Los gases y vapores se dispersan totalmente (es decir, alcanzan una relación máxima superficie-peso), por lo que pueden arder al instante incluso con una fuente de baja energía”.

El combustible inicial suele estar muy cerca de la fuente de calor: Es muy importante para entender aquello que ha dado origen al incendio, por ejemplo: el combustible inicial debe ser capaz de arder dentro de los límites de la fuente de ignición.

“Los gases y vapores pueden ser también el combustible inicial e inducir a confusión, porque el punto de ignición puede estar alejado del lugar donde empezó el fuego en el edificio o los muebles. Si la ignición da lugar a una explosión de baja potencia, es evidente que había gas, vapores o polvo.

Los vapores que se desprenden de la nafta pueden no arder violentamente de modo que, si no hay pruebas de que se haya utilizado un acelerante, una fuente de ignición alejada de donde se ha producido la llama, puede resultar difícil de asociar con el fuego”.

### **Causa de ignición**

El combustible o la fuente de ignición por sí solos no producen un incendio. Deben combinarse ambos.

Por tanto, el investigador debe tener mucho cuidado al establecer la causa de un incendio sólo porque pudiera haber un combustible y una posible fuente de ignición. La causa la determina el orden de los acontecimientos que ha permitido que la fuente de ignición y el combustible se junten.

Es fundamental determinar el orden en que se ha producido la ignición. En las investigaciones deben corroborarse todos los factores y la secuencia que han producido un incendio.

También se destaca que “no debe ser desechada una causa”, solo porque no existan pruebas fehacientes de ella. Ello ocurrirá si existen pruebas definitivas de que no han sido la causa u origen del siniestro.

### **Del Investigador**

Para formarse una opinión a partir de las hipótesis sobre incendios ó explosiones, el investigador debe establecer normas sobre el grado de confianza de esa opinión. La aplicación del método científico indica que cualquier hipótesis basada en un análisis de los datos recogidos en una investigación, debe soportar la prueba de un contraste razonable.

Hay cuatro niveles de confianza que se pueden aplicar habitualmente a esas opiniones.

**(a) Concluyente:** A ese nivel de confianza, la hipótesis ha sido contrastada y ha soportado cualquier prueba, mientras que al mismo tiempo se han tenido en cuenta y eliminado todas las alternativas razonables debido a que no han soportado un contraste válido, quedando únicamente como verdadera la hipótesis aceptada.

**(b) Probable:** Este nivel de confianza corresponde a algo que es más probable que sea así que no sea. A este nivel de confianza, la probabilidad de que la hipótesis sea verdadera es superior al 50 %.

**(c) Posible:** A este nivel de confianza se puede demostrar que la hipótesis sería posible, pero no se puede decir que sea probable.

**(d) Sospechosa:** Este nivel de confianza corresponde a la percepción de que la hipótesis puede ser verdadera, pero no hay datos suficientes para sacar la conclusión de que se deben excluir cualesquiera otras hipótesis razonables.

Corresponde al investigador determinar el nivel de confianza de los datos obtenidos para elaborar el estudio o informe.

La opinión resultante será correcta si lo son los datos en que se ha basado la misma. Si el nivel obtenido solo admite un concepto de posible o sospechoso es importantísimo manifestar que la causa del siniestro es desconocida, indeterminada o bien que la investigación ha de continuar.

**CONCLUSIÓN:** Como en todo proceso de investigación las pautas indicadas son el margen operativo en que hay que desenvolverse sin olvidar que cada caso lo es en particular, con criterios, desarrollos y resultados específicos.



## CAPÍTULO VI

# SEÑALES Y MARCAS DE COMBUSTIÓN

### Señales

El principal objetivo de una investigación de incendios es reconocer, identificar y analizar las señales y marcas dejadas por un siniestro para encontrar el origen y la forma de propagación del fuego.

Debido a la gran cantidad de variables es prácticamente imposible abarcar todas las señales que derivan de una combustión. La experiencia, conocimientos e intuición del investigador son decisivos para lograr correctos resultados.

Básicamente deberá identificar las marcas y señales resultantes en función de las características de transmisión del calor (conducción, convección y radiación) y conocer la naturaleza del movimiento de las llamas, calor y humo.

Las señales y marcas del fuego son los efectos físicos visibles y /o medibles que se aprecian luego de un siniestro:

- Carbonizado.
- Oxidación.
- Consumo de combustible.
- Humo y hollín.
- Materiales fundidos.
- Cambios de color.
- Modificaciones estructurales.

### Líneas ó Zonas Demarcatorias

Las líneas o zonas demarcadas son los bordes que establecen diferencias según los efectos producidos por el calor del fuego y/o el humo en los distintos materiales. Diferencian zonas afectadas de aquellas menos afectadas o no afectadas.

Las características de las marcas de fuego dependen de la combinación de diversas variables:

- Material.
- Cantidad de calor liberada por el fuego.
- Actividades y mecanismos de supresión.
- Temperatura de la fuente de calor.

- Ventilación.
- Cantidad de tiempo que el calor actuó sobre el material.

A modo de ejemplo: un material puede presentar las mismas marcas de exposición al calor por:

- 1) Acción de una fuente de baja temperatura durante mucho tiempo.
- 2) Acción de una fuente de elevada temperatura por escaso tiempo.

Es fundamental que el investigador tenga siempre este concepto presente cuando analice marcas de fuego.

### **Observación de Superficies**

Una misma fuente de calor ha de producir mayores daños sobre una superficie rugosa con respecto a la misma superficie lisa, debido a la turbulencia que producen los gases calientes en las superficies irregulares. Además los distintos revestimientos pueden aumentar o disminuir la cantidad de calor presente en la combustión.

Las superficies combustibles se oscurecen y/o chamuscan al comenzar la pirólisis, se queman o presentan varias fases de carbonizado, pudiendo llegar al consumo total.

Las superficies no combustibles (minerales o metálicas) presentan decoloración, oxidación, distorsiones físicas y, en lo extremo, fundirse.

### **Penetración en Superficies Horizontales**

La penetración por arriba o por abajo en las superficies horizontales puede ser causada por diversas variables:

- Calor radiante.
- Exposición directa a las llamas.
- Brasas localizadas (con o sin efectos de la ventilación).

Penetración hacia abajo es poco común porque la dirección natural del calor en movimiento es ascendente. Pero en habitaciones afectadas totalmente por el fuego los gases calientes aprovechan cualquier pequeña abertura existente originando penetración.

Esta también puede deberse a una intensa combustión debajo de muebles, colchones de poliuretano, sillones, etcétera.

Las llamas o brasas bajo suelos o techos hundidos también pueden lograr penetraciones descendentes (de arriba hacia abajo).

Para saber si un agujero en una superficie horizontal se ha producido desde arriba o desde abajo deben examinarse sus superficies inclinadas:

- Los laterales que se inclinan descendiendo hacia el centro del agujero indican que el fuego venía de arriba.

- Si los laterales del agujero son más anchos por debajo y se inclinan desde abajo hacia el centro indican con certeza que el fuego venía de abajo.



Fig. 1: Marcas que produce el fuego desde arriba y desde abajo

Otra forma es comparar los daños laterales: cuando el fuego fuese de abajo hacia arriba los daños serán más intensos en la parte inferior. Lo contrario sucede cuando el fuego viniera desde arriba.

### **Víctimas como Fuente de Informaciones**

El investigador de incendios debe registrar detalladamente y documentar minuciosamente la posición y estado de todas las víctimas que ha producido un siniestro, incluyendo su relación con otros objetos o víctimas.

Los informes de las autopsias y los historiales médicos, las características de los daños producidos por las quemaduras también permiten formular hipótesis válidas.

No nos extenderemos sobre este importante aspecto por ser del ámbito específico de profesionales forenses.

Lo anterior también ratifica el decisivo papel que juegan las relaciones interdisciplinarias.

### **Marcas Características de la Intensidad del Calor**

Estas marcas son la respuesta de los materiales según la intensidad de su exposición al calor produciendo líneas de demarcación muy útiles para que el investigador pueda determinar las características y cantidades de los materiales combustibles y la dirección de la propagación del fuego.

Es usual que las superficies se descompongan por el calor de una combustión, los aglutinantes de una pintura se carbonizan y el color de la superficie pintada se oscurece.

El papel pintado y la superficie de papel de los comunes paneles de yeso se carbonizan cuando se calientan. Las superficies de vinilo y otros plásticos también se decoloran y carbonizan.

La carbonización de la madera constituye otro significativo ejemplo: la madera expuesta a elevadas temperaturas experimenta una descomposición química que libera gases, vapor de agua y distintos productos pirolíticos, entre ellos el humo. Los residuos sólidos son en general carbón. La madera carbonizada se encoge, agrieta y abomba.

Una regla aproximada habitualmente utilizada por los investigadores, indica que para la madera de pino, cada 25 mm. de profundidad del carbonizado, representa unos 45 minutos de exposición al fuego.

Aunque la velocidad real de carbonización es muy variable pueden citarse estos valores para consideraciones razonablemente aproximadas:

A 400° C el avance es 1 cm/hora.

A 1100° C el avance es de 25 cm/hora.

La amplia gama de valores se justifica teniendo en cuenta:

- Tipo de madera.
- Grado de humedad.
- Orientación de la veta.
- Velocidad de los gases calientes.
- Grado y características de la ventilación.

Contrariamente a lo que se cree la velocidad de carbonización y combustión de la madera seca no tiene relación con la edad del material.

El análisis de profundidad de la zona carbonizada se usa para estimar el mecanismo de la propagación del fuego. Suelen utilizarse Diagramas con Líneas de isocarbonizado (puntos con igual profundidad de quemado).

El investigador siempre debe tener en cuenta:

- Cantidad de fuentes de calor.
- Efectuar estudios comparativos sobre materiales idénticos.
- Reiterando: considerar todas aquellas características de ventilación que inciden directamente sobre la velocidad del proceso de combustión.
- Para cotejar partes carbonizadas se harán medidas usando la misma técnica e idéntico herramental.

Entre las recomendaciones prácticas a tener en cuenta:

- No es conveniente usar para medir profundidades de carbonización instrumentos afilados porque pueden penetrar en zonas “no” carbonizadas. Es preferible usar sondas finas con puntas redondeadas.
- El carbonizado debe medirse en el centro de las partes abombadas y no en los huecos entre ellas.
- En la investigación por fuga de gases los carbonizados serán relativamente profundos porque la zona habrá continuado la combustión aunque se interrumpa la fuga de gas.

El tema es muy complejo y, por lo tanto, sujeto a errores.

A modo de ejemplo citamos algunos muy comunes:

- 1) Guiarse exclusivamente por el aspecto de las zonas carbonizadas, grietas. Es el caso de grietas oscuras (“piel de cocodrilo”) como prueba de que en el incendio existió un acelerante líquido. El origen de estas grietas es muy amplio.
- 2) Asignar al aspecto superficial del sector carbonizado (oscuro, brillante o coloreado) el uso de hidrocarburos como acelerantes. No existen pruebas científicas que corroboren lo anterior.
- 3) Para estimar el tiempo de combustión no basarse solamente en el grosor de la parte carbonizada.

### **Exfoliación**

La exfoliación o descamación es el colapso de la resistencia superficial a la tensión del hormigón, mampostería o ladrillo a causa de la exposición a elevadas temperaturas y cantidades de calor que producen fuerzas mecánicas diversas en el interior del material.

El origen de estas fuerzas puede ser:

- Humedad presente en el hormigón húmedo o “verde”.
- Dilatación diferencial entre el acero armado y el propio hormigón.
- Dilatación diferencial entre el hormigón y los áridos (arena).
- Dilatación diferencial de las capas superficiales de grano más fino y las interiores de grano más grueso.
- Dilatación diferencial entre la superficie expuesta al fuego y el interior de la pieza analizada.

La exfoliación de las superficies de hormigón o mampostería puede estar causada por el calor, hielo, los productos químicos o la abrasión. Se puede producir más fácilmente en hormigón pobre o en las superficies. La exfoliación se caracteriza por presentar distintas líneas de estriación y por la pérdida de material en la superficie que produce fisuras, roturas, desprendimientos o la formación de agujeros.

La exfoliación o termofractura del hormigón, mampostería o ladrillo se asocia con frecuencia a las temperaturas anormalmente altas causadas por la combustión de algún acelerante. Mientras que la exfoliación requiere grandes cantidades de calor o aumentos rápidos de la temperatura, éste no es el caso con los acelerantes. El mecanismo principal de exfoliación es la dilatación o contracción de la superficie, mientras que el resto de la masa de hormigón se dilata o contrae a distinta velocidad.

Las zonas exfoliadas pueden aparecer de un color más claro que las zonas de alrededor. Esta pérdida de color puede estar originada por la exposición del material limpio que hay bajo la superficie. Las zonas adyacentes pueden presentar también depósitos de hollín.

Otro factor en la exfoliación o termofractura del hormigón es la carga y esfuerzo del material en el momento del incendio. Como estas zonas de alto esfuerzo o grandes cargas pueden no tener que ver con la posición del fuego, la exfoliación del hormigón en la parte inferior de los techos o vigas no tiene por qué significar que allí estaba el origen del fuego.

Lo que antecede indica la fundamental importancia que este concepto, a nuestro criterio, asume en las investigaciones de incendios, aunque también el investigador debe evitar ser inducido a cometer graves errores de interpretación.

Reiteramos un ejemplo: creer que la exfoliación o termofractura ha sido causada por la sola presencia de un acelerante líquido. En la práctica la causa suele ser la exposición a una cantidad de calor derivada de llamas o elevados niveles de radiación térmica originada en combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

El enfriado rápido de una masa de mampostería puede ocasionar la exfoliación, por ejemplo el agua utilizada para la extinción de incendios.

Por lo tanto la presencia/ausencia de exfoliación no debe ser considerada en sí misma como indicadora de la presencia/ausencia de un acelerante líquido. Se ha verificado en ocasiones que elevada cantidad de líquidos inflamables que producen gran cantidad de calor no han de producir indefectiblemente exfoliación.

La capacidad de la superficie para absorber/ retener líquido puede ser un factor para que ocurra la exfoliación especialmente en pisos horizontales de hormigón. Por eso un suelo pintado o impermeabilizado no es usual que se exfolie. Es imprescindible para evaluar una zona exfoliada investigar cuál era su estado antes del proceso de combustión y en la documentación y análisis de la fuente de calor.

## **Oxidación**

Es uno de los principales procesos químicos asociado a la combustión o sea la combinación de oxígeno con sustancias diversas: metales, piedras, tierra, etcétera, con elevadas temperaturas, produciendo marcas de fuego y/o líneas demarcatorias que son interpretadas por los investigadores.

Son numerosos los efectos de la oxidación y los más destacables para nuestros propósitos son:

- Cambio de color y/o textura.
- A mayor temperatura y tiempo de exposición más notables serán los efectos de la oxidación.

Si se calienta ligeramente el acero galvanizado en frío, la oxidación de la capa de zinc hace que presente una superficie blanquecina y mate. Esta oxidación elimina además la protección que el zinc presta al acero. Si el acero desprotegido se moja durante algún tiempo, se oxidará. Así se puede ver el aspecto que presenta el acero oxidado en comparación con el galvanizado, que no se oxida.

Cuando en un incendio se oxida hierro o acero sin proteger, su superficie adquiere un tono azul-gris mate. La oxidación puede hacer que se formen gruesas capas de óxido que se desprenden. Después del incendio, si el metal se ha humedecido, pueden aparecer las típicas manchas de óxido.

En las superficies de acero inoxidable, una oxidación ligera puede producir unos bordes coloreados y una oxidación grave puede producir un color gris mate.

El cobre expuesto al calor forma un óxido rojo oscuro o negro. El color no es importante. Lo que es importante es que la oxidación puede formar una línea de demarcación. El espesor de la capa de óxido puede explicar mucho de las condiciones del incendio. Cuanto mayor tiempo haya estado caliente, mayor será la oxidación. Estos cambios de color pueden formar líneas de demarcación.

Las piedras y el suelo, cuando se calientan a altas temperaturas, a menudo cambian de color y se ponen desde un tono amarillento hasta rojo.

El hollín y la carbonilla también se oxidan. La capa oscura de la superficie del papel de los paneles de yeso, los depósitos de hollín y la pintura expuestos continuamente al calor del fuego, se pueden oxidar.

### Fusión de los Materiales Involucrados

La fusión es un cambio físico causado por el calor sobre un material. El investigador puede interpretar las marcas y líneas de demarcación dejadas por el fuego, especialmente los bordes entre las partes fundida y sólida.

Cada material tiene su temperatura o márgenes de temperaturas de fusión específicas (Ver Tabla N° 1).

Se aprecia que las temperaturas de fusión son muy variables, por ejemplo considerando metales: el estaño funde a 232° C mientras que el acero está en 1.500° C. Cuando se encuentran metales o sus residuos en los restos de un incendio se pueden lograr interesantes conclusiones sobre la temperatura del mismo.

Las aleaciones binarias, ternarias, etcétera, constituyen un problema aparte llegando a puntos de fusión muy reducidos según se tienda al correspondiente punto eutéctico.

Los termoplásticos se funden a temperaturas reducidas (ver valores en la Tabla N° 1), incluso se pueden consumir totalmente durante un incendio. El vidrio, cuyas temperaturas de ablandamiento/fusión son bien conocidas, también suele proporcionar información útil.

Acero al carbono	1.516	Magnesio (aleación AS31B)	627
Acero inoxidable	1.427	Metal de soldadura (estaño)	135-177
Aluminio	660	Níquel	1.455
Aluminio (aleaciones)	566-650	Oro	1.063
Bronce (aluminio)	982	Parafina	54
Cera (parafina)	49-75	Plata	960
Cobre	1.082	Platino	1.773
Cromo	1.845	Plomo	327
Cuarzo (SiO <sub>2</sub> )	1.682-1.700	Porcelana	1.550
Estaño	232	Termoplásticos	
Hierro	1.540	ABS	88-125
Hierro fundido (blanco)	1.050-1.100	Acrílicos	90-105
Hierro fundido (gris)	1.350-1.400	Cloruro de polivinilo	75-105
Hojalata	300-400	Nylon	176-265
Ladrillo refractario (aislante)	1.638-1.650	Poliestireno	120-160
Latón (amarillo)	932	Polietileno	122-135
Latón (rojo)	996	Vidrio	593-1.427
Latón de baja calidad	300-400	Zinc	375

Hay detalles muy importantes pero poco conocidos, a modo de ejemplo: las temperaturas de llama de los hidrocarburos y los combustibles celulósicos son casi las mismas aunque cada material libera distinta cantidad de calorías.

Las temperaturas que se pueden identificar en los incendios en edificios, raramente permanecen por encima de los 1.040° C durante mucho tiempo. A estas temperaturas identificables se les llama a veces “temperaturas efectivas de un incendio”, porque reflejan los efectos físicos que se pueden definir según el margen de temperatura.

El investigador puede hacer un análisis de la fusión y ablandamiento de los materiales, que le ayude a establecer si en el incendio ha habido más energía calorífica de lo esperado.

Citamos otro caso que puede llevar a confusión a un investigador con poca experiencia: durante un proceso de incendio un metal con bajo punto de fusión puede caer fundido sobre otros con puntos de fusión más elevados. ¿Cómo interpretar las evidencias que se obtienen de la observación?

A menudo se ven aleaciones de cobre pero las aleaciones de hierro sólo se pueden ver en algunos casos de incendios de larga duración.

Los cables y las tuberías de cobre se ven a menudo afectados por la aleación. Si el calor ha durado poco, simplemente se pueden ver gotas de metal fundido a más baja temperatura sobre la superficie. Si el calor dura más, ese metal de más baja temperatura de fusión “moja” la superficie y empieza a mezclarse con el otro.

El aluminio se puede mezclar con un cable o la pared de una tubería, dando una aleación amarilla que tiene alrededor del 10% de aluminio, pero que no se funde fácilmente. Lo más corriente es que el aluminio se mezcle en mayor proporción, dando una aleación frágil de color plata. La superficie de la gota de aluminio sobre el cobre puede aparecer gris y más oscura en la zona donde se separan el cobre y el aluminio.

El cobre aleado con aluminio es muy frágil. Por ejemplo, si se dobla un alambre de cobre en el punto en que ha caído la gota de aluminio, es posible que se rompa.

La sospecha de que se ha producido alguna aleación e identificarla ha de requerir análisis metalúrgicos.

Como conclusión la observación de metales con alto punto de fusión fundidos no debe ser indicativo para un investigador de que en el incendio hayan existido acelerantes o temperaturas anormalmente elevadas. Cada caso debe ser analizado por el investigador con prudencia.

## **Dilatación Térmica (deformaciones de materiales)**

Casi todos los materiales comunes se dilatan al aumentar la temperatura de manera temporaria o definitiva, lo cual afecta la integridad estructural de un edificio llegando al colapso en el caso extremo.

Es bien conocido que cuando se superan los 500° C, las vigas/columnas de acero se desploman al disminuir drásticamente su resistencia estructural o expresado en otros términos más técnicos, se reduce el sigma de fluencia, lo cual ocasiona una pérdida progresiva de resistencia inicial del acero. El derrumbe de las Torres Gemelas de Nueva Cork, el 11-09, es un ejemplo dramático y actualizado de lo afirmado.

## **Humo y Hollín**

Constituyen uno de los puntos que son tenidos más en cuenta durante las investigaciones, debido a la gran cantidad de conclusiones que se logran observando los mismos.

El hollín se deposita en las paredes y techos cuando son alcanzados por las llamas. Las características del depósito de hollín pueden indicar si ha existido una carga de fuego especial. No determinan, en cambio, la fuente específica u origen.

El humo y el hollín se pueden acumular en las superficies frías de un edificio o de su contenido, generalmente sobre la parte superior de las paredes en las habitaciones cercanas al lugar del incendio. El humo, sobre todo de los fuegos sin llama, tiende a condensarse en las paredes, ventanas y otras superficies frías.

Como los depósitos de los productos de la pirólisis tienden a distribuirse por una zona amplia, no contribuyen a localizar el punto exacto de origen del fuego.

Los condensados de los humos producen manchas marrones, mientras que las de hollín son negras. Los condensados de los humos pueden ser húmedos y pegajosos, finos o gruesos o secos y resinosos. Estos depósitos, una vez secos, no son fáciles de limpiar. Si ha existido fuego con llama, es posible que los depósitos sean una mezcla de humo y hollín.

Algunos fuegos pueden producir sólo depósitos de hollín seco que se limpian fácilmente de las ventanas u otras superficies. En los suelos y en la parte superior de los muebles se forma a menudo una capa de hollín que se deposita durante y después del fuego.

Cuando los depósitos de humo en una ventana se calientan después por el fuego, si eran marrones se carbonizan y se vuelven negros.

Los depósitos de humo carbonizado o los de hollín, presentes en las distintas superficies, si están expuestos al fuego suficiente tiempo se queman y desaparecen. Este fenómeno es conocido como “combustión limpia”, o sea: una zona limpia al lado de otras oscurecidas por los productos de combustión. Casi siempre la “combustión limpia” es producida por el contacto directo con llamas o intenso calor radiado, indican la presencia de intenso calor pero no la zona de origen del fuego.

El investigador puede usar las líneas demarcatorias entre las zonas de “combustión limpia” y aquellas con hollín para determinar la dirección de propagación del fuego y las posibles diferencias de intensidad o duración del proceso de combustión.

Se debe tener especial cuidado en no confundir zonas de “combustión limpia” con otras exfoliadas. Como regla: en las superficies con “combustión limpia” no habrá pérdida de material que, como ya se ha dicho, constituye una característica determinante de las zonas exfoliadas.

## **Calcinación**

Se trata de otro concepto de singular valor para las investigaciones. Es el término habitualmente utilizado para hacer referencia a los cambios que ocurren en las superficies (de yeso o escayola) durante un incendio. La escayola es el yeso calcinado mezclado con agua que se utiliza como estuco.

Los paneles normales de yeso tienen una respuesta al calor más compleja que los de escayola. Primero, la superficie de papel se carboniza y puede arder. El yeso de la cara expuesta al fuego se pone gris por carbonización de los aglutinantes y flexibilizantes orgánicos que contiene. Si se sigue calentando, desaparece el color gris y se carboniza la superficie de papel de la cara posterior. La cara expuesta al fuego se hace más blanca a medida que se va quemando la carbonilla.

Cuando todo el panel se ha puesto blanquecino, quiere decir que ya no queda papel en su superficie, el yeso se deshidrata y se convierte en un sólido disgregable. Estos paneles pueden permanecer verticales sobre la pared, pero también pueden caer si su superficie se calienta demasiado. Los paneles de yeso ignífugos llevan

incorporadas fibras minerales o partículas de vermiculita para aumentar su resistencia al fuego. Las fibras mejoran la resistencia del panel, incluso aunque esté completamente calcinado.

En cambio las usuales alteraciones de color superficiales no tienen un significado especial o definido para el investigador.

## **Cristales/Vidrios**

Resulta muy evidente, que existe relación entre el desarrollo de un incendio y los combustibles presentes en el mismo, con la clase de rotura y depósitos que pueden observarse en los vidrios de las ventanas.

Son numerosas las variables que afectan a los cristales:

- Cantidad de calor desarrollado por el incendio.
- Grados de aislamiento de los bordes de los cristales debido a las juntas.
- Obstáculo que ofrece el marco de la ventana.
- Desarrollo del proceso en contacto con las llamas y posterior enfriamiento.

Para simplificar, en lo que sigue hemos de referirnos al cristal normal o plano.

Se acepta que un incremento de 60° C, o más, entre la parte expuesta de un vidrio y la parte aislada ha de producir roturas largas, con pequeñas ondulaciones que van desde los bordes del cristal hasta su centro.

Si el borde del cristal va montado en un marco que lo protege del calor de radiación del incendio, puede producirse una diferencia de temperatura entre la parte central sin proteger y el borde protegido del cristal, que puede producir roturas a lo largo del mismo, que se unen y pueden producir su rotura total.

Una vez roto, el cristal puede caerse o no del marco.

Si la llama alcanza de repente a un lado del cristal cuyo lado interior no expuesto está relativamente frío, se produce un esfuerzo entre ambas caras y el cristal se rompe desde el interior.

Astilladura es el término que utilizan los investigadores de incendios para describir un entramado complicado de pequeñas roturas en los cristales.

Estas roturas pueden ser rectas o inclinadas y traspasar el cristal de un lado a otro o no.

Teóricamente, la astilladura es el resultado de un calentamiento muy rápido del cristal por una cara, mientras la otra permanece relativamente fría.

No hay ningún texto escrito que confirme esta teoría, pero sí se han publicado resultados de investigaciones que indican que las astilladuras, se pueden producir en los cristales por su enfriamiento rápido en un entorno caliente, mediante la aplicación de agua pulverizada.

En algunas ocasiones y en cristales pequeños, la diferencia de dilatación entre la cara expuesta y la no expuesta puede hacer que el cristal salte del marco.

Las presiones que se generan por un incendio en un edificio, no son generalmente suficientes por sí solas, para hacer que los cristales salten de sus marcos.

El investigador deberá poner el máximo cuidado para no sacar conclusiones exclusivamente de la forma de rotura de los cristales. En ventanas adyacentes se han encontrado cristales rotos de muy distinta forma.

Se cree que los pequeños cráteres o picaduras, que se producen en la superficie de los cristales, pueden ser el resultado de su enfriamiento rápido mediante el agua pulverizada usada en las tareas de extinción.

Podemos decir con razonable certeza que si los vidrios están limpios de hollín es posible que se deba a que estuvieron sometidos a un rápido e intenso calentamiento o que ha existido un contacto directo con las llamas.

La proximidad del cristal a la zona de origen o fuente de calor y las características de la ventilación son factores que afectan la magnitud de las manchas.

La presencia de hollín espeso y grasiento sobre el cristal, como el procedente de residuos de hidrocarburos, se ha interpretado erróneamente como demostración de la existencia de acelerantes líquidos: un investigador experimentado sabe que las manchas pueden derivar de la combustión incompleta de la madera u otros derivados celulósicos.

Luego debe tenerse en cuenta que las manchas no se pueden interpretar exclusivamente como producidas por acelerantes.

### **“Sombra de calor”**

Es un concepto valioso que también es conocido con otras denominaciones.

La sombra de calor se produce cuando un objeto bloquea el recorrido del calor de radiación o convección. El calor por conducción no produce este fenómeno.

El objeto que obstaculiza el recorrido de la energía calorífica puede ser sólido o líquido, combustible o incombustible. Podemos decir que cualquier objeto que absorba o refleje energía calorífica puede ocasionar la aparición de una sombra sobre el material que protege.

La sombra de calor puede modificar, disimular o impedir la producción de marcas y de líneas demarcatorias. Sin embargo, la forma de la sombra de calor puede ayudar, a un investigador experimentado, a reconstruir el punto de origen.

Por último el concepto de “zona protegida” está muy relacionado con “sombra de calor”.

Tenemos una “zona protegida” cuando algún objeto evita que los productos de combustión se depositen sobre el material que protege el objeto o evita que este material combustione.

El objeto que evita que se depositen los productos de combustión puede ser sólido o líquido, combustible y no combustible. Las características de las zonas protegidas sirven de ayuda al investigador de un incendio en el proceso de reconstrucción de los hechos y la determinación de su probable origen.

## Interpretación de Marcas de Incendio

### MARCAS

Los principales objetivos de la rápida inspección del lugar de un siniestro son:

- Reconocimiento.
- Identificación.
- Análisis de las marcas dejadas por el fuego.

Este último punto se realiza para:

- Conocer la propagación del fuego.
- Identificar zonas y puntos de origen.
- Conocer qué combustibles han intervenido y en que cantidad.

Los incendios no son coincidentes porque las circunstancias difieren mucho, son distintos:

- Los edificios.
- La carga de fuego.
- Los factores de ignición.
- Las corrientes de aire.
- La ventilación.
- Muchas otras variables, imposible de detallar.

Esto significa una enorme cantidad de variables, no siempre coincidentes, por lo cual deben ser depuradas, adoptando las que demuestren mayor validez. La experiencia que adquiera el investigador es la mejor herramienta disponible para el desempeño de sus tareas.

### CLASIFICACIÓN

Expresado de otra manera es imposible abarcar todos los tipos de marcas que deja el fuego y como se producen, habrá que considerar los principios básicos y aplicarlos en cada siniestro que se investigue.

Lograr los objetivos mencionados requiere que el investigador conozca la dinámica del desarrollo del fuego y como acontece, las características de la transmisión del calor (conducción, convección y radiación) y las modalidades que implica el movimiento de llamas, calor y humo en un determinado recinto.

Las marcas de fuego se definen como los efectos físicos observables y con posibilidad de ser evaluados que aparecen luego del siniestro. A modo de ejemplo:

- Carbonizado.

- Oxidación.
- Humo.
- Hollín depositado.
- Combustibles asociados y cantidad consumida.
- Cambios de color.
- Fundido.
- Cambios estructurados en los materiales involucrados.
- Distorsión y mucho más.

La producción de líneas y zonas de demarcación definirán marcas de fuego que, a su vez, dependen de una serie de variables:

- Características de los materiales que intervinieron.
- Cantidad de calor liberado por el proceso.
- Temperatura de la fuente de calor.
- Cantidad de tiempo en que los materiales han estado expuestos al calor.
- Ventilación y muchas otras.

A modo de ejemplo: un determinado material puede presentar las mismas marcas de exposición al calor producido por una fuente de baja temperatura durante mucho tiempo que por una fuente de alta temperatura durante poco tiempo. El investigador debe tener esto en cuenta para el análisis de las marcas de fuego.

Otro ejemplo: la zona resultante de la línea de demarcación se ve que dependen de la textura de la superficie. Un material con superficie rugosa ha de sufrir mayores daños que otro con superficie lisa, debido a la mayor turbulencia de los gases calientes.

Es importante saber que las superficies combustibles se oscurecen o chamuscan al iniciarse la pirólisis, se queman o presentan varias etapas de carbonización pudiendo llegar a la pérdida total. En cambio superficies no combustibles (minerales y metálicas) pueden presentar cambios de color, oxidaciones, distorsiones físicas o fundirse.

A continuación indicaremos distintas formas de marcas, las más habituales, a modo de panorama representativo de la enorme cantidad de posibilidades existentes:

## FORMAS

### **I) Situación (ubicación) de las marcas: Paredes, techos y suelos.**

- a) Superficies exteriores.

- b) Contenido del edificio.
- c) Altura: Parte inferior de las marcas. Goteo de las brasas.

**II) Geometría de las marcas de fuego,** asumen una gran variedad de formas para las que adoptamos las siguientes denominaciones:

- a) Forma de V.
- b) Cono invertido.
- c) Reloj de arena.
- d) Forma de U.
- e) Cono Truncado.
- f) Puntero y flecha.
- g) Circular:
  - 1) Parte inferior de superficie horizontal.
  - 2) Marcas irregulares.
  - 3) Forma de zoroide.
- h) Líquidos o sólidos fundidos.
- i) Gases combustibles comerciales.
- j) Combustión en forma de “silla de montar”.

**III) Marcas Lineales.**

- a) Rastro de combustible.
- b) Zonas protegidas del suelo.
- c) Chorros de gas combustible.

**IV) Marcas de zonas.**

- a) Combustión súbita generalizada.
- b) Fuegos que afectan la totalidad de una habitación.
- c) Llamaradas.

**V) Distorsión de materiales.**

- a) Bombillas torcidas.
- b) Elementos constructivos metálicos.

Se reitera que según la fuente de información que se utilice no solamente las denominaciones que anteceden pueden cambiar sino, además, ampliarse y reducirse. Lo más grave es que las diversas opiniones no siempre coinciden y en muchas ocasiones las apreciaciones son diametralmente opuestas.

En la imposibilidad de ser amplios en detalles en los diferentes puntos mencionados hemos de indicar aquellos que consideramos más importantes. En la bibliografía figuran las fuentes de información confiable a la que puede recurrirse en caso necesario.

## CAPÍTULO VII

### OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE PRUEBAS

En el transcurso de una investigación de un siniestro el investigador debe localizar, recoger, identificar, almacenar, examinar y preparar los ensayos de las pruebas físicas que obtenga.

Por lo tanto debe tener amplios conocimientos de las metodologías más usuales y aceptadas para procesar dichas muestras.

Se define como prueba física cualquier objeto físico o concreto que pueda demostrar o descartar un hecho específico.

Las pruebas en el lugar del incendio son decisivas para determinar origen, causa, propagación o responsabilidad del mismo.

El investigador de incendios debe poseer la autoridad necesaria para establecer las pruebas físicas que estime necesario en el lugar del siniestro a los efectos de ser presentadas a un laboratorio u organismo de ensayos para su examen y estudio o para apoyar un hecho u opinión.

Esta decisión estará basada en distintas consideraciones como el alcance de la investigación, las exigencias o prohibiciones legales.

Tener en cuenta que otras personas también pueden obtener pruebas: representantes de compañías de seguros, representantes de los fabricantes, propietarios y ocupantes, etc.

#### **Comparación de Muestras**

Cuando se obtienen pruebas físicas para su examen y ensayos a menudo es necesario recoger otras para comparar.

Esto es especialmente importante cuando se trata de materiales que puedan contener acelerantes líquidos o sólidos. A modo de ejemplo: la muestra para comparación de una prueba física consistente en un trozo de alfombra, que se crea contiene un acelerante líquido, deberá ser otro trozo de la misma tela que no lo contenga.

Las muestras para comparación permiten a los laboratorios evaluar el posible efecto de los productos volátiles de la pirólisis en el análisis, así como estimar las propiedades de inflamabilidad del combustible presente.

Si se sospecha que algún equipo mecánico o eléctrico puede haber sido la causa de la ignición, hay que identificar o recoger otro equipo similar para compararlos.

#### **Aislamiento del Lugar del Siniestro**

El lugar del siniestro se considera la prueba física más importante porque del examen y análisis del mismo se puede establecer el origen del incendio, su causa y la responsabilidad del mismo. La protección del lugar debe comenzar con la llegada de los bomberos.

Una mala protección producirá generalmente la contaminación, pérdida o movimientos innecesarios de pruebas físicas en el lugar de los hechos perdiendo su valor de prueba. Hay que proteger el lugar de la entrada de personas no autorizadas,

El acceso al lugar del incendio debe limitarse únicamente a las personas que deban estar allí.

Al usar mangueras de chorro recto, se rompen techos o ventanas, se derriban paredes o se efectúan tareas de remoción de escombros y salvamento, los bomberos deben tratar de evitar daños innecesarios.

El investigador, en lo posible, evitará el movimiento de eventuales pruebas físicas hasta que estén debidamente documentadas. En ocasiones deberá intervenir directamente para conservar y proteger evidencias. Por ejemplo, deberá rodear con una cuerda o cubrir con una manta las quemaduras en el suelo para evitar que sean pisadas. Tal vez tenga que cubrir con cajas evidencias para protegerlas.

Resumiendo: el investigador debe tomar todas las medidas para conservar y proteger las pruebas que estime necesarias.

Se pueden producir daños a las pruebas por utilizar métodos inadecuados de obtención, almacenaje o transporte. Esto reducirá su valor probatorio.

Los dos casos más habituales son:

1. Contaminación de los recipientes para las muestras: se deben tomar todas las precauciones posibles para utilizar recipientes nuevos incontaminados para luego guardarlos lejos de otros recipientes usados o de zonas contaminadas.

Es excelente medida cerrar los recipientes inmediatamente después que se hayan recibido del fabricante y permanecer cerrados durante su almacenaje y transporte al lugar de los hechos. Se abren para guardar las muestras y se vuelven a cerrar hasta su examen en laboratorio.

2. Contaminación durante la recogida: La mayor parte de las contaminaciones se producen con esta operación. Los acelerantes pueden ser absorbidos por los guantes del investigador o impregnar las herramientas e instrumental que utilicen.

Es importante recoger pruebas con guantes de plástico desechables (como emergencia bolsas de plástico). Para cada nueva obtención de pruebas utilizará otros guantes.

Muchos investigadores usan el mismo recipiente, por ejemplo la tapa de una lata de metal se usa como pala para introducir las muestras en el mismo.

Tener la precaución de no emplear limpiadores en seco o cualquier otro tipo que puedan contener disolventes volátiles.

### **Métodos de Recogida de Pruebas Básicas**

El método de recogida es de suma importancia para lograr una investigación de incendio correcta. Pueden intervenir numerosos factores a tener en cuenta, entre ellos:

- a) El estado físico de la prueba (sólida, líquida, gaseosa).

- b) Forma, peso, tamaño.
- c) Integridad, es decir, si se pueden romper, estropear o alterar.
- d) Volatilidad.

No obstante en todos los casos solicitar instrucciones al laboratorio que intervenga.

Todo debe quedar perfectamente documentado mediante notas, informes escritos, dibujos, diagramas con medidas lo más exactas posibles y fotografías que deben efectuarse antes de que las pruebas físicas se muevan, alteren o desplacen.

El objeto de esta documentación es doble:

1. La documentación debe ayudar al investigador a establecer el origen de las pruebas físicas, posición, estado y relación con la investigación.
2. Servirán para comprobar si las pruebas físicas han resultado contaminadas o alteradas.

Se indicarán pautas de casos de obtención de muestras habituales:

- a) Pruebas típicas de forenses: huellas dactilares y de las manos, líquidos corporales como sangre y saliva, cabellos y fibras, huellas de pies, marcas de herramientas, restos de tierra y arena, madera y aserrín, vidrios, pinturas, metales, cualquier tipo de rastro de combustible. Estas pruebas son también parte integrante de la investigación de incendios. Es conveniente consultar al laboratorio forense que ha de intervenir cuál es el método más apropiado en cada caso.
- b) Pruebas para la detección de acelerantes: un acelerante es un agente, generalmente un líquido inflamable usado para iniciar o acelerar la propagación de un fuego. Pueden encontrarse en fase sólida, líquida o gaseosa. Se recomienda seguir la ASTM E 1387, Standard Test Method for Flammable or Combustible Liquid Residues in Extracts from Samples of Fire Debris by Gas Chromatography.

Es imprescindible tener en cuenta las siguientes características:

- Los acelerantes líquidos son fácilmente absorbidos por la mayoría de los componentes estructurales, acabados interiores y otros restos del incendio.
  - Los acelerantes líquidos flotan en el agua con excepción del alcohol.
  - Tienen una notable persistencia cuando entran en contacto con materiales porosos.
- c) Obtención de muestras líquidas: se deben recoger con jeringas, cuentagotas, pipeta o sifón nuevos, o con el propio recipiente, también con hisopos de algodón siempre que se guarden en recipiente hermético.
  - d) Recogida de pruebas líquidas absorbidas por materiales sólidos: es el caso de tierra o arena. La obtención de las mismas se puede realizar directamente con el recipiente donde se van a guardar o cortándolas, serrándolas o raspándolas. Los bordes intactos, sin serrar o serrados, los extremos, agujeros de clavos, grietas, nudos y otras zonas similares de la madera, la piedra, el mortero o incluso el hormigón, son lugares apropiados para buscar pruebas.

En el caso de acelerante líquido sobre tierra o arena puede estar profundamente absorbido, habrá que tomar muestras a la máxima profundidad posible.

Cuando se trate de materiales porosos como suelos de cemento se pueden utilizar materiales absorbentes como cal, tierra de diatomeas, harina (que no fermente). En este último caso se extiende el absorbente sobre la superficie y se lo deja 30 minutos y luego se lo recoge con un recipiente limpio y hermético. Conviene guardar por separado una muestra del absorbente sin utilizar como muestra para comparación.

e) **Obtención de muestras sólidas:** los acelerantes sólidos pueden ser materiales domésticos corrientes y compuestos químicos peligrosos. Debe tratarse de que las pruebas se mantengan en el estado físico en que fueron encontradas. Algunos materiales incendiarios siguen siendo corrosivos o reaccionan, deben ser manejados con cuidado por personas entrenadas.

f) **Recogida de muestras gaseosas:** Hay varios métodos. Uno supone el uso de aparatos que toman una muestra del aire y la guardan en una cámara o la absorben a través de un filtro de carbón o material absorbente a base de polímeros. Otro método es usar recipientes de diseño especial para obtener muestras de aire. Un método muy simple y eficaz es una botella llena de agua destilada, se deja caer las dos terceras partes del agua en el lugar, entra aire a la botella. Esta se tapa bien y se envía al laboratorio.

g) **Muestras de equipo y componentes eléctricos,** Se deben tomar los recaudos de seguridad para el manipuleo de equipos y componentes. Se busca saber si estaban o no relacionados con la causa del fuego. Los componentes eléctricos afectados por el fuego pueden haber quedado frágiles y deteriorados por lo que deben manejarse con extremo cuidado. Fotos e indicación del lugar de toma de muestras son importantes.

Se usan a menudo como pruebas: cables, cajas, termostatos, relés, conexiones, etc.

Sí el investigador no está familiarizado con los equipos eléctricos pedirá la colaboración de un especialista antes de desmontarlos o probarlos en el lugar de los hechos para evitar que se estropeen e interpretar mejor las evidencias.

Tener en cuenta que los electrodomésticos son habitual causa de incendio. En lo posible retirar todo el aparato o equipo como prueba física cuando se sospeche del mismo.

Obtenida la prueba física se guarda en recipientes adecuados. La elección depende del estado, características físicas, fragilidad, volatibilidad, etc. El objetivo consiste en conservar la integridad de las muestras evitando cualquier alteración o contaminación.

Se pueden usar elementos comunes como: sobres, bolsas de papel, o plástico, frascos de vidrio o envases de metal o estar específicamente diseñados para ciertos tipos de ensayo. Es conveniente la consulta al laboratorio que ha de intervenir para que de acuerdo a los métodos y procedimientos que haya de utilizar, indique lo más apropiado.

En general se puede aconsejar lo siguiente:

**Pruebas de acelerantes líquidos y sólidos:** se deben usar únicamente estos cuatro tipos: latas metálicas, frascos de vidrio, bolsas especiales para pruebas y bolsas corrientes de plástico para pruebas.

Como el objetivo es evitar la evaporación y contaminación del acelerante el recipiente utilizado debe ser totalmente hermético.

• **Latas metálicas:** deben ser nuevas. Las pinturas corrientes pueden falsear los resultados, Sólo se deben llenar hasta los dos tercios, dejando espacio para los posibles vapores que desprendan las pruebas, que se deberán examinar y analizar. Las ventajas es que son usuales, baratas y duraderas evitando la evaporación de los líquidos volátiles. Entre las desventajas podemos citar:

- No se puede ver la prueba sin abrir la lata.
  - Ocupan más espacio.
  - Se oxidan si se guarda mucho tiempo.
  - Si se guarda nafta a más de 38° C pueden producir presión de vapor suficiente para hacer saltar la tapa y se pierda la muestra. En estas condiciones es preferible envases de vidrio.
- **Frascos de vidrio:** es importante que las tapas de los frascos no estén forradas de partes pegadas ni tengan juntas de goma que se pueden reblandecer e incluso disolver, sobre todo si se usarán para líquidos y sus vapores, produciendo fugas o la pérdida de la muestra.

También en este caso los frascos se deben llenar hasta los dos tercios.

Las principales ventajas de los frascos de vidrio es que son corrientes, económicos y permiten ver la muestra sin abrirlos, no se deterioran aunque se guarden mucho tiempo.

El principal inconveniente es que se rompen con facilidad.

**Bolsas especiales para pruebas:** a diferencia de las bolsas comunes no contienen productos químicos que pueden alterar los valores del ensayo, poseen muchas formas y tamaños, son baratas y permiten ver la muestra sin abrirlas y son fáciles de guardar.

Sus principales inconvenientes son: se rompen fácilmente, a veces no cierran bien, tendencia a degradarse o descomponerse con algunos acelerantes sólidos y líquidos.

**Bolsas corrientes de plástico:** tienen el inconveniente de que por su composición química pueden producir resultados erróneos con los ensayos. Deben usarse como última instancia.

Tiene la ventaja de que se encuentran de cualquier forma y tamaño, permitiendo ver la muestra sin abrirlas.

Las principales desventajas son su fácil rotura o penetración y no pueden conservar hidrocarburos y alcoholes.

Las pruebas o evidencias se deben rotular al recogerlas indicando:

- a) Nombre del investigador.
- b) Fecha y hora de la operación.
- c) Código del siniestro.
- d) Descripción de la muestra, tamaño y cantidad.

e) Lugar donde fue tomada.

Se tendrá la precaución de que la etiqueta no se rompa, pierda, quite o altere fácilmente.

En cuanto al transporte se recomienda que el investigador entregue en persona las pruebas físicas para su examen y/o ensayos, esto reduce al mínimo las posibilidades de que las mismas se deterioren, extravíen o sean sustraídas.

Se deben tomar todas las medidas posibles para resguardar la integridad de las muestras, manteniendo el investigador la posesión y control de las mismas.

Muchos profesionales acompañan las evidencias con un informe donde se indica al laboratorio aquello que precisan conocer e incluso, las circunstancias del siniestro.

El envío por terceros requiere tomar todas las precauciones posibles para conservar la integridad de las muestras. Se usan cajas de cartón o madera fuertemente selladas y envueltas en papel fuerte que incluya la nota al laboratorio. Esta disposición tiene por objeto que en el laboratorio lean las características del envío sin necesidad de abrir la caja de muestras.

Antes del envío se recomienda que se fotografíe desde diversos ángulos el paquete cerrado y solicitar recibo de despacho y una confirmación firmada de la recepción del paquete.

Tener en cuenta los componentes eléctricos con sensibles partes electromecánicas. Ejemplos: disyuntores, relés o termostatos, no se deben enviar sin consultar previamente al laboratorio el modo de hacerlo.

En el caso de pruebas volátiles es importante protegerlas de temperaturas extremas para no afectar los resultados de los ensayos. En general cuanto menor es la temperatura mayor se conservan pero sin llegar al congelamiento, salvo que se desee evitar la contaminación microbiana.

Las principales causas de la degradación de las pruebas son el calor, la luz del sol, la humedad y la degradación biológica. Lo ideal es almacenar en lugares secos, oscuros y lo más frío posible.

Los laboratorios pueden efectuar numerosos ensayos según los materiales involucrados y lo que se necesita examinar. Los procedimientos deben estar normalizados para poder comparar con otros laboratorios o centros de ensayos, sin olvidar qué variaciones pueden producirse por varios factores, entre ellos:

- Capacidad de los aparatos de ensayos, su estado, mantenimiento y calibración.
- Idoneidad del personal que interviene.
- Calidad de la muestra o prueba a ensayar.
- Protocolo adecuado de ensayos.

En el caso de pruebas decisivas que pueden deteriorarse durante los ensayos, conviene invitar a las partes interesadas a que estén presentes. Al respecto se puede consultar la norma ASTM E-860, Standard Practice for Examining and Testing Items That Are or May Become Involved in Product Liability Litigation (Práctica normalizada para los exámenes y ensayos de objetos que están afectados por demandas de responsabilidad civil).

Los principales ensayos que suelen efectuarse son:

- ☑ Cromatografía de gases: separa las mezclas en sus distintos componentes, los representa gráficamente y da la cantidad de los mismos. Suele seguirse la metodología indicada en la ASTM E 1387, Standard Test Method for Flammable or Combustibles Liquid Residues in Extracts from Samples of Fire Debris by Gas Chromatography.
- ☑ Espectrometría de masas: se usa junto con la cromatografía y permite analizar con más detalle los componentes identificados.
- ☑ Espectrometría por rayos infrarrojos.
- ☑ Absorción atómica.
- ☑ Fluorescencia a los rayos X.
- ☑ Punto de inflamación - Vaso cerrado TAG (ASTM 56).
- ☑ Punto de inflamación e ignición - Vaso abierto Cleveland (ASTM D93).
- ☑ Punto de inflamación - Vaso cerrado Pensky-Martens (ASTM D 93).
- ☑ Punto de inflamación e ignición - Vaso abierto TAG (ASTM D 1310).
- ☑ Temperatura de autoignición de productos químicos líquidos (ASTM E 655).
- ☑ Calor de combustión de hidrocarburos mediante bomba calorimétrica (Método de alta precisión) - ASTM D 2382.
- ☑ Características de combustión superficial de materiales de construcción (ASTM E 84).
- ☑ Cantidad de calor y humo visible liberado por distintos materiales y productos. Calorímetro de consumo de oxígeno (ASTM E 1226).
- ☑ Propiedades de ignición de los plásticos (ASTM D 1929).
- ☑ Tensión de resistencia dieléctrica (MILSTD-202 F-Método 301).
- ☑ Resistencia del aislamiento (MILSTD 202 F - Método 302).

Para lograr resultados correctos, los laboratorios, necesitan una cantidad mínima de muestras. El investigador deberá conocer, dichas cantidades mínimas, consultando a los mismos.

Para investigar aparatos, equipos eléctricos u otros productos se pueden usar las normas ASTM (UL) Underwriters Laboratories y de otros organismos.

Otro método consiste en ensayar un aparato eléctrico o producto igual al siniestrado para determinar si ha sido o no capaz de causar el siniestro, con la precaución de usar la misma marca y modelo.

Las pruebas no deben destruirse sin contar con la correspondiente autorización. Se guardan por muchos años y en los casos criminales hasta que se dicta la sentencia. Se tendrá en cuenta los posibles litigios civiles, que pueden derivar de un siniestro, aunque hayan concluido los juicios criminales.



## CAPÍTULO VIII

# EXPLOSIONES

Si las investigaciones de incendios son complejas y requieren conocimientos multidisciplinarios, como se ha visto, las investigaciones de explosiones lo son aún más.

Empezando porque no se ha logrado una definición precisa sobre qué es una explosión.

Para las investigaciones de los incendios y explosiones, una explosión es la conversión repentina de energía potencial (química o mecánica) en energía cinética, con la producción y liberación de gases a presión o la liberación de un gas que estaba a presión. Estos gases a alta presión realizan un trabajo mecánico como alterar y proyectar materiales cercanos.

**Concepto básico: Las Explosiones son un fenómeno de la Dinámica de los Gases.**

Por eso la explosión (falla) de un depósito por la presión hidrostática de un fluido no compresible, como el agua, no es una explosión debido a que esa presión no ha sido motivada por un gas.

El investigador debe tener en cuenta que hay numerosos factores que determinan los efectos de una explosión y la naturaleza de los daños producidos. Esos factores son, entre otros, el tipo, cantidad y forma del combustible; el tamaño y forma del recipiente o edificio que lo contiene; el tipo y resistencia de los materiales de que está hecho el recipiente o edificio y del tipo y cantidad de ventilación existente.

En esta nota se explican las técnicas y términos del análisis de explosiones que se han desarrollado fundamentalmente a partir de los análisis de explosiones con fuentes de combustible difusas, como los combustibles industriales y gases combustibles, polvos y vapores de líquidos inflamables en edificios de construcción corriente.

El análisis de explosiones de explosivos en fase condensada (sólidos o líquidos), sobre todo los detonantes (de alta potencia), puede requerir también conocimientos especiales que van más allá del alcance de este texto.

En principio podemos clasificar las explosiones como mecánicas (físicas) y químicas.

**Explosiones mecánicas:** son aquellas en las que un gas a alta presión produce una reacción exclusivamente física. Esa reacción no supone cambios en la naturaleza química básica de la sustancia que hay en el recipiente. Una explosión puramente mecánica es la rotura de un recipiente de gas o de un depósito a alta presión, que produce la liberación del gas almacenado, que puede ser aire comprimido, dióxido de carbono, oxígeno, agua en estado de vapor y otros.

El ejemplo clásico de una explosión mecánica con características catastróficas es una BLEVE (explosión de vapores expandidos de líquidos en ebullición). Es una de las más comunes con que se enfrenta un investigador.

Cuando en una explosión el recipiente colapsa en pocos y grandes trozos, se trata de una BLEVE. Cuando lo hace en múltiples y pequeños trozos, se presume una explosión convencional.

**Explosiones químicas:** la generación de gases a alta presión es el resultado de las reacciones exotérmicas que hacen cambiar la naturaleza química del combustible. Las reacciones químicas que se producen como resultado de explosiones se suelen propagar en un frente de reacción que se desplaza a partir del punto de la explosión.

Las explosiones químicas pueden ser de combustibles sólidos o de mezclas explosivas de combustibles y oxidantes, pero las más corrientes con las que se encontrará el investigador, son reacciones de propagación en las que han intervenido gases, vapores o polvos mezclados con el aire. Estas combustiones se llaman reacciones de propagación porque se producen progresivamente a través del reactivo (combustible), con un frente de llamas bien definido que separa la parte del combustible que ha reaccionado de la que no lo ha hecho.

Las explosiones químicas más frecuentes son motivadas por la ignición de hidrocarburos combustibles, se denominan “explosiones por combustión”. Hay combustibles y aire como oxidante (comburente). Producen elevadas presiones por la rapidez del proceso generándose subproductos de combustión y grandes volúmenes de gases calientes.

A su vez las reacciones de combustión se clasifican como deflagraciones o detonaciones, según la velocidad de propagación del frente de llamas a través del combustible. Las deflagraciones son reacciones por combustión en las que la velocidad de reacción es menor que la del sonido en el medio combustible sin reaccionar. Las detonaciones son reacciones por combustión en las que la velocidad de reacción es mayor que la del sonido en el medio combustible sin reaccionar.

Se pueden distinguir varios subtipos de explosiones por combustión, según el combustible afectado. Las más corrientes son:

- a) De gases inflamables.
- b) De vapores de líquidos inflamables y combustibles.
- c) De polvos.
- d) De explosivos de baja potencia (deflagraciones).
- e) De explosivos de gran potencia (detonaciones).
- f) De humo y productos inflamables de la combustión incompleta (explosiones de contratiro).

También debemos mencionar:

- a) Explosiones eléctricas y
- b) Explosiones nucleares que por requerirse conocimientos específicos no han sido consideradas.

**Daños producidos por una explosión:** se clasifican en leves, graves y mixtos. La diferencia en los daños producidos es más bien función de la velocidad de aumento de presión y de la resistencia del recipiente o edificio en el que se produce la explosión, que de la presión máxima alcanzada.

**Daños leves producidos por explosiones.** Este tipo de daños se caracteriza porque las paredes se abomban o se caen, prácticamente intactas, al lado del edificio. Los tejados se pueden elevar ligeramente y

volver casi a su posición original. Las ventanas saltan de sus marcos, a menudo sin que se rompan los cristales. Se producen escombros generalmente grandes y a poca distancia. Los daños leves producidos por explosiones se deben a un aumento lento de la presión.

**Daños graves producidos por explosiones.** Este tipo de daños se caracteriza porque los muros se desprenden del edificio produciendo escombros pequeños y pulverizados.

Dentro del edificio, las paredes, techos y otros elementos estructurales se agrietan o desprenden y el edificio puede hundirse totalmente. Se encuentran restos a gran distancia, hasta varios centenares de metros. Los daños graves producidos por explosiones se deben a un aumento rápido de la presión.

### Efectos de las explosiones

Hemos dicho que una explosión en esencia es un fenómeno de dinámica de los gases que se manifiesta como un frente esférico en expansión de ondas de calor y presión.

Clasificamos los efectos de las explosiones en:

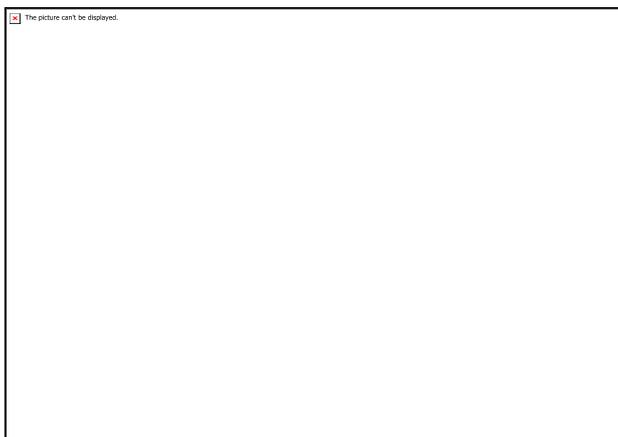
- |  |   |                              |
|--|---|------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Efecto metralla</li> <li>b) Efecto del calor</li> <li>c) Efecto sísmico</li> </ul> | } | <b>Por la onda expansiva</b> |
|--|---|------------------------------|

La onda expansiva se produce en 2 Fases según la dirección de las fuerzas con respecto al punto de origen de la explosión: Fase de presión positiva y Fase de presión negativa.

**Fase de presión positiva.** La fase de presión positiva es la parte de la onda expansiva de la explosión durante la cual los gases en expansión se alejan del punto de origen. Esta fase es más potente que la negativa y a ella se deben la mayoría de los destrozos causados por la presión.

**Fase de presión negativa.** Como la expansión rapidísima de los gases en la fase de expansión positiva de la explosión los aleja de su punto de origen, el frente desplaza, comprime y calienta el aire que lo rodea. En el epicentro u origen se crea una zona de bajas presiones (con relación a la presión ambiente). Cuando se disipa la presión positiva, el aire vuelve rápidamente a la zona de origen donde había menos presión, creando la fase de presión negativa.

Esta fase puede causar daños secundarios y desplazar pruebas físicas hacia el punto de origen de la explosión. El movimiento de los escombros durante la fase de presión negativa, puede ocultar el punto de origen. Normalmente esta fase produce mucha menor presión que la positiva, pero puede ser suficiente para hacer que se hundan edificios ya debilitados por la fase de presión positiva.



Evolución típica de la presión en una detonación

En teoría la onda expansiva es esférica, igual en todas direcciones pero, en la práctica todos los obstáculos que encuentra hacen que cambie su dirección, forma y fuerza.

### **Velocidad de aumento de presión y presión máxima**

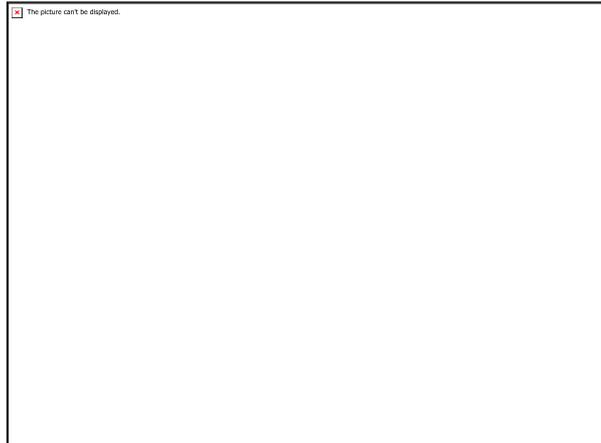
Una velocidad de aumento de presión relativamente baja, producirá daños de tipo desplazamiento o abombamiento, es decir, los típicos daños leves. Primero se rompen las partes más débiles del edificio donde se ha producido la explosión, como las ventanas o uniones estructurales. Al salir la onda al exterior, se reducen los efectos totales de la explosión.

En explosiones en que la presión aumenta muy rápidamente, se producirán mayores destrozos en el recipiente o edificio y sus restos serán lanzados a mayor distancia, pues no hay tiempo suficiente para que se amortigüen los efectos de la onda expansiva. Estos son los típicos daños graves causados por la explosión.

Si el aumento de presión es más lento, el efecto de alivio tendrá una gran influencia sobre la presión máxima alcanzada. En la NFPA 68, *Guide for Venting of Deflagrations* (Guía para el alivio de deflagraciones) se ofrecen ecuaciones, datos y orientaciones para calcular el efecto teórico producido por el alivio de la presión producidos por una deflagración.

**a) Efecto metralla:** Cuando los contenedores, recipientes o edificios que sujetan o impiden la propagación de la onda expansiva se rompen, a menudo lo hacen en pedazos que pueden salir lanzados a gran distancia. Estos trozos se suelen llamar metralla y pueden causar graves daños materiales y personales, a veces hasta muy lejos del origen de la explosión.

Además la metralla puede afectar con frecuencia a los cables eléctricos, tuberías de gas o de otros combustibles inflamables o depósitos, aumentando la magnitud e intensidad de los incendios producidos tras la explosión o causando otras explosiones.



Trayectorias ideales de productos de una explosión según su dirección inicial.

**b) Efecto térmico:** A veces es difícil saber qué ocurrió primero, si el incendio o la explosión.

Todas las explosiones químicas producen gran cantidad de calor. Los datos térmicos dependen de la naturaleza del explosivo así como de la duración de la temperatura máxima.

Las detonaciones producen temperaturas muy altas de muy poca duración, mientras que las deflagraciones producen temperaturas inferiores pero de mucha mayor duración. La duración e intensidad del calor afectan en gran medida a los daños personales y materiales producidos por una explosión.

**c) Efecto sísmico:** Se deben a que la onda expansiva arroja equipos y estructuras al piso. En explosiones pequeñas, este efecto es leve pero en aquellas más grandes pueden producir nuevos daños.

### Explosiones con cráter

La existencia de un cráter indica la explosión de una fuente de combustible concentrado en contacto con él o muy próximo.

Los cráteres pueden ser de distinto tamaño, según la magnitud y fuerza del material que ha explotado. Normalmente pueden ir desde algunos centímetros hasta más de 8 m de diámetro y están formados por un hueco de tierra, suelo o paredes pulverizados situado en el centro de una zona menos afectada.

Las explosiones con cráter se caracterizan generalmente porque generan altas presiones a gran velocidad.

En general se acepta que, para que se produzcan explosiones con cráter, la velocidad de la onda expansiva deberá ser superior a la del sonido (detonación), a no ser que el cráter esté producido por metralla procedente de un recipiente roto.

Las explosiones en las que intervienen muchos explosivos se identifican fácilmente por su epicentro o cráter muy centralizado. Sobre todo los explosivos de gran potencia producen aumentos de presión tan rápidos en las detonaciones, que dispersan todo lo que hay a su alrededor produciendo cráteres o zonas muy localizadas de grandes destrozos.

### Explosiones sin cráter

Se producen casi siempre que los combustibles están dispersos al explotar, producen una presión moderada y onda expansiva a velocidad subsónica (deflagración). Los gases combustibles LPG, butano, propano, etc. no producen cráteres porque generalmente están contenidos en grandes recipientes o recintos cerrados. Tampoco producen cráter las explosiones de líquidos combustibles o inflamables derramados.

Aunque las explosiones de polvos suelen ser las más violentas y dañinas, generalmente se producen en zonas cerradas o poco dispersas, como elevadores de cereales, plantas de procesos y minas de carbón. Al ser la zona más grande, no se suelen producir cráteres pronunciados.

Las explosiones de humo ocurren en volúmenes grandes con gases dispersos. La velocidad de propagación es subsónica (deflagración). Tampoco producen cráteres.

### **Interpretación de los daños causados por explosiones**

Es complicado porque intervienen numerosos factores:

- a) Relación combustible/aire – Velocidad de combustión.
- b) Densidad de vapor del combustible de las llamas y de combustión.
- c) Efecto de turbulencia.
- d) Volumen donde ocurre la explosión.
- e) Fuente de ignición: situación e importancia.
- f) Salida de gases al exterior.
- g) Resistencia estructural.

La magnitud de la información disponible motiva que solamente citemos algunos puntos de particular interés:

Las explosiones que se producen por mezclas de gases o vapores en su límite inferior de explosividad (LIE) o próximas al mismo, o en su límite superior de explosividad (LSE), son menos violentas que las que se producen a concentraciones óptimas (es decir, por lo general ligeramente por encima de la mezcla estequiométrica). La razón es que una relación de combustible y aire alejada de la estequiométrica, produce llamas a menor velocidad y presiones máximas inferiores.

Las mezclas explosivas cerca de LIE no suelen producir incendios porque se consume la totalidad del combustible. Las cercanas a LSE casi siempre producen incendios.

### **Velocidad de las llamas y Velocidad de combustión**

Usualmente se consideran sinónimos lo cual es un importante error de concepto. Citando literalmente la NFPA N° 68. *Guide for Venting of Deflagrations*:

“La velocidad de la llama es la velocidad de una llama que se propaga libremente desde un punto fijo y se obtiene sumando la velocidad de combustión y de traslación de frente de llamas. La máxima velocidad laminar de la llama del metano y del propano es de 3,5 y 4 m/s (11,5 y 13,1 pies/s), respectivamente.

La velocidad de combustión es la velocidad de propagación de las llamas con relación a la de los gases sin quemar que se mueven por delante de ellas. La velocidad fundamental de combustión es la de la llama laminar en las condiciones nominales de composición, temperatura y presión de los gases sin quemar. La velocidad fundamental de combustión es una característica intrínseca de cada combustible y, por tanto, un valor fijo, mientras que la velocidad de las llamas puede variar mucho según la temperatura, presión, volumen y forma del recipiente o edificio, concentración de combustible y turbulencias.

La velocidad de combustión es la velocidad a la que el frente de llamas se mueve hacia la mezcla sin quemar, transformando químicamente el combustible y el comburente en productos de la combustión. Es inferior a la velocidad de las llamas. La velocidad de transición es la suma de la velocidad del frente de llamas causada por la expansión en volumen de los productos de la combustión debida al aumento de temperatura y al aumento en el número molar, más la velocidad debida al movimiento de la mezcla gases-aire antes de la ignición. La velocidad de combustión del frente de llamas se puede calcular a partir de la velocidad fundamental de combustión en condiciones normales de temperatura, presión y composición de los gases sin quemar.”

### **Densidad de vapor: del gas/vapor combustible**

La densidad de vapor del gas o vapor combustibles puede tener un importante efecto sobre la naturaleza de los daños producidos por la explosión en el edificio afectado. Esto es especialmente cierto en viviendas y edificios similares.

Los gases y vapores más pesados que el aire (con densidad de vapor superior a 1,0), como los procedentes de los líquidos combustibles y los LPG, tienden a depositarse en zonas bajas.

Los más ligeros que el aire, como el gas natural, tienden a subir y a concentrarse en las zonas altas. Por ejemplo, marcas de quemaduras posteriores a una explosión en zonas donde se hayan creado bolsas de gas entre las vigas del techo, pueden indicar que había gases más ligeros que el aire.

Debido a su gran movilidad y tendencia a escapar hacia arriba, es menos probable que los gases más ligeros que el aire creen situaciones peligrosas que los gases más pesados, que pueden acumularse en los sótanos, pozos y depósitos.

Las pruebas a gran escala de la distribución de los gases inflamables en habitaciones, han demostrado que aparecen concentraciones próximas al valor estequiométrico del gas entre el lugar de la fuga y (1) el techo, si se trata de gases más ligeros que el aire, o (2) el suelo si son más pesados.

También se ha visto que una fuga de gas más pesado que el aire a nivel del suelo, crea una mayor concentración a ese nivel y el gas se va difundiendo lentamente hacia arriba.

Lo mismo, pero en sentido contrario, sucede con fugas de gas más ligero que el aire producidas a la altura del techo. La ventilación, tanto natural como mecánica, puede cambiar el movimiento y mezcla del gas y hace que se propague a las habitaciones adyacentes.

## **TURBULENCIAS**

Aún con pequeñas cantidades de combustible y con la mezcla cerca del L.I.E. (Límite Inferior de Explosividad), se pueden producir grandes destrozos si interviene la turbulencia, porque aumenta la velocidad de la llama, lo que se traduce en el aumento de la presión y de la velocidad de combustión.

La forma del recinto/recipiente afecta la naturaleza de la turbulencia, de igual forma que el contenido, por ejemplo, la existencia de obstáculos en el camino de la onda expansiva, aumenta la turbulencia, y en consecuencia, la gravedad de la explosión, en columnas, tabiques, máquinas, etc.

Es interesante destacar que ventiladores o ventilación artificial aumentan las consecuencias de una explosión.

No es igual una explosión en un volumen de 20 m<sup>3</sup> que en otro de 200 m<sup>3</sup> aunque la velocidad de las llamas y la máxima presión sean similares

Una explosión en el extremo de un corredor largo y angosto será muy distinta que en una habitación cúbica (a igualdad de volumen).

Es un axioma: Cuanto menor es el volumen del lugar, mayor será la presión y la violencia de una explosión (a igualdad de mezcla combustible/aire) como, así también, los efectos y consecuencias.

Otro factor decisivo es la fuente de ignición que cuando se ubica en el centro del recinto afectado produce la máxima velocidad de incremento de presión.

Expresado de otra manera: cuanto más cercana se encuentra la fuente de ignición de las paredes del recinto, antes llegará el frente de llamas a los muros. Al transferirle su calor se enfría, reduciendo su energía, por lo tanto, disminuye la velocidad de aumento de presión y, en consecuencia, la violencia de la explosión.

La energía de la fuente de ignición tiene una relación escasa con el desarrollo de la explosión, salvo en el caso que se utilice un detonador o explosivo que logre un elevado incremento de la presión hasta hacer que una simple deflagración se convierta en detonación.

Lo anterior explica que el alivio posible en el recinto es determinante para el número y tamaño de puertas y ventanas, variando las consecuencias entre una destrucción total hasta simples y leves movimientos de la estructura (paredes y techos). En oposición, es factible que una cañería de acero, aunque esté abierta en ambos extremos, explote con violencia en el centro.

Los alivios previstos constituyen una de las mejores medidas preventivas a utilizar, teniendo en cuenta que el sentido de escape que se adopte no cause daño en sectores vecinos. Concepto importante: “En las detonaciones los efectos de un alivio son muy reducidos porque la gran velocidad de la onda expansiva no permite que las aberturas reduzcan las presiones”.

Se conoce como un elevado peligro que el desplazamiento de gases combustibles derivados de fugas bajo nivel se desplazan a mucha distancia, en forma subterránea, tanto los gases más livianos como los más pesados, hasta entrar en un sector dando lugar a atmósferas inflamables. Técnicamente se conoce esta situación como “gases fugitivos” porque escaparon de las cañerías o conductos que las contenían.

La situación, debiendo actuar, es compleja y de elevado riesgo potencial porque, por ejemplo, gases combustibles como el natural y el propano, son inodoros. En algunos procesos industriales se los odoriza artificialmente adicionando productos químicos aromáticos como el tiopano, el metilmercaptano, entre otros, para poderlos detectar por el olor. Sin embargo es posible que ocurra con “lavado” debido a materias absorbentes o adsorbentes que neutralizan el odorizante.

Los gases fugitivos pueden entrar en los edificios a través de alcantarillas, conductos eléctricos y telefónicos e, incluso, a través de las paredes de los sótanos y cimientos. Hay detalles que ponen en evidencia estas fugas, por ejemplo, césped u otra vegetación amarillenta o muerta indican la probabilidad de que debajo de esa zona haya fugas de gases.

Se denominan ‘explosiones múltiples’ cuando el desplazamiento de gases forma “bolsones” en desorden.

La explosión primaria de un bolsón provoca las explosiones secundarias de bolsones cercanos. Estas explosiones son frecuentes y desde el punto de vista de una investigación debe considerarse que los testigos del hecho dicen que sólo ocurrió una explosión aunque las pruebas físicas muestran distintos epicentros. Ante esta evidencia se está ante “explosiones múltiples”

Citamos: “La comprobación de los odorizantes forma parte de las investigaciones de una explosión debida o que pueda ser debida a gases inflamables, sobre todo si se sospecha que haya habido una fuga no detectada por las personas presentes. Se debe comprobar si el gas contenía un odorizante. En la investigación directa se puede observar las manchas de los tubos. Para obtener resultados más precisos, en el laboratorio se utiliza la cromatografía de gases”.

## EXPLOSIONES DE POLVOS

Materiales sólidos finamente divididos y dispersos en el aire pueden causar explosiones muy violentas y destructivas, incluso materiales que no son normalmente combustibles como el aluminio, la aspirina, la leche, el ácido ascórbico (Vitamina C).

La lista de materiales propicios indica: productos agrícolas, aserrín, carbón y derivados (tanto vegetal como mineral), tintas y pigmentos; magnesio, titanio, plásticos y resinas (goma sintética). Un caso típico y frecuente es la explosión de silos.

Para mayores detalles se recomienda consultar la NFPA, Guide for Venting or Deflagration.

“Como la reacción de combustión se produce en la superficie de la partícula de polvo, el aumento de presión generado por la combustión depende en gran medida del área de esas partículas dispersas. Para una masa dada de polvo, su superficie total y por consiguiente la violencia de la explosión, aumenta a medida que disminuye el tamaño de las partículas. Cuanto más fino sea el polvo, más violenta es la explosión. En general, se produce riesgo de explosión por concentración de polvos combustibles cuando están formados por partículas de 420 micras de diámetro o menos”.

La concentración de polvos es decisiva para la combustibilidad y violencia de la onda expansiva.

Igual que para los gases y vapores inflamables, los polvos requieren una concentración mínima para que ocurra la reacción de combustión. La concentración mínima puede variar de 20 gramos/m<sup>3</sup> hasta 2000 gramos/m<sup>3</sup>, siendo el valor más usual 1000 gramos/m<sup>3</sup>.

Se diferencian de la mayoría de los gases y vapores en que los polvos no tienen un límite máximo de concentración confiable, La velocidad de la reacción depende más de la relación superficie / peso que de su concentración

Pero igual que los gases y vapores, la velocidad de aumento de la presión y la presión máxima producidas en una explosión de polvos son mayores si la concentración previa estaba en el punto de mezcla óptima o cerca de él. La velocidad de combustión y la presión máxima disminuyen si la mezcla es muy rica o muy pobre. La velocidad de aumento de la presión y la presión total son muy bajas cerca del límite inferior de explosividad (L.I.E.) y muy altas con mezclas ricas.

El mecanismo y las consecuencias de una eventual turbulencia son similares a las mencionadas para gases y vapores. Un ejemplo común es cuando se arrojan cereales, desde un nivel elevado sobre un recipiente medio vacío.

La humedad reviste fundamental importancia. Cuando aumenta también lo hacen la energía mínima necesaria para la ignición y la temperatura de la misma; incrementándose cerca del límite. Por encima del límite de humedad, los polvos en suspensión no arden.

La temperatura de ignición de la mayoría de los polvos varía entre 320-590° C. La energía mínima de ignición es superior para los polvos con respecto a los gases (vapores combustibles).

También se presentan para los polvos “explosiones múltiples”. La explosión inicial o primaria suele ser menos grave que las secundarias debido a que con cada explosión se producen más polvos en suspensión, además las vibraciones estructurales producidas por una explosión se propagan más rápidamente que la onda expansiva y, por consecuencia, se produce más polvo. En los silos de cereales estas explosiones secundarias se transmiten de una zona a otra, de un edificio a otro.

## **EXPLOSIONES DE HUMO (CONTRATIRO)**

Es a causa de numerosos accidentes en bomberos. Un incendio en un recinto cerrado hace escasear el oxígeno y aparecen altas concentraciones de partículas calientes en suspensión, aerosoles, monóxido de carbono y otros gases inflamables debido a la combustión incompleta. Cuando al abrir una puerta o ventana se introduce aire se quemara con rapidez provocando daños.

## **EXPLOSIVOS**

Clasificación primaria

- a. Explosivos de baja potencia.
- b. Explosivos de gran potencia.

Debe tenerse en cuenta que esta división no se refiere a los daños causados.

a. Decimos que los explosivos de baja potencia se caracterizan por la deflagración (onda expansiva subsónica), por la velocidad de reacción lenta y porque al explotar surgen presiones bajas. Es el caso de la pólvora sin humo, pólvora rápida, combustibles sólidos (tipo cohetes) y la pólvora negra.

b. Los de gran potencia se caracterizan por un mecanismo de propagación de la reacción. Ejemplos: dinamita, geles, TNT, entre otros. Producen efectos devastadores, con elevada velocidad de aumento de la presión y altísima presión de detonación (alrededor de un millón de psi) localizada en el centro, con cráteres y destrozos. Citamos:

“Los efectos producidos por las explosiones en fase difusa (combustible-aire) y los explosivos sólidos, son muy distintos. En una explosión en fase difusa (generalmente una deflagración), los daños estructurales suelen ser uniformes y omnidireccionales y generalmente se encontrarán pruebas muy dispersas del fenómeno, como quemaduras, chamuscado o ampollas. Por el contrario, la velocidad de combustión de un explosivo sólido es mucho mayor que la velocidad del sonido. Por tanto, la presión no se compensa dentro del perímetro de la explosión y cerca del explosivo se generan presiones altísimas.

La presión y el nivel de destrozos resultante disminuyen rápidamente a medida que la onda expansiva se aleja del centro de la explosión. En el lugar de la explosión habrá escombros, astillas y otros residuos producidos por las altas presiones. Lejos de la fuente de la explosión habrá normalmente muy pocas pruebas de quemado o chamuscado, excepto si ha habido metralla caliente o trozos de material ardiendo”.

### **Investigación de Explosiones**

La investigación de siniestros que involucran explosiones requieren que el investigador posea formación y experiencia adecuados, o sea, especial.

Los propósitos de la investigación de explosiones son similares a la de incendios, pero mucho más complicados. Se debe:

- Determinar el origen.
- Combustible involucrado.
- Definir la causa y la responsabilidad del siniestro.

El examen del lugar de los hechos en las explosiones es fundamental y superan al caso de incendios.

La planificación y un enfoque sistemático son decisivos. No tenerlos puede hacer difícil y aún imposible la investigación de una explosión.

El primer deber del investigador es asegurar el lugar de la explosión. Las primeras personas en llegar deben establecer y mantener el control físico del edificio y zonas circundantes. Se debe prohibir que entren en el edificio personas no autorizadas o que toquen los restos de la explosión, por alejados que estén del lugar de los hechos, porque las pruebas de una explosión, sea accidental o provocada, pueden ser muy pequeñas y resultar alteradas o desplazadas por la gente que pasa.

Incluso hay pruebas que pueden quedar pegadas a los zapatos. Si se acordona bien el lugar de los hechos, se evitarán posibles daños personales a los espectadores no autorizados o curiosos que intenten entrar en zonas poco seguras.

Un valor usual del “acordonamiento” a implementar, considera una vez y media la distancia del trozo de escombros más alejado que se encuentre. Si apareciesen otros restos más lejos, deberá ampliarse el perímetro en resguardo.

Los puntos más importantes son:

- Descripción del lugar de los hechos.
- Sistemas o actividades presentes

- Condiciones y hechos que pueden ser la causa
- Posición de todos los combustibles oxidantes.
- Condiciones anormales o peligrosas
- Toda sospecha debe ser registrada
- Tomar con urgencia declaraciones de Testigos.
- Observar los registros legales
- Averiguar si hay antecedentes registrados

Condiciones meteorológicas.

Averiguar si hubo cambios recientes de equipos, procedimientos y condiciones de funcionamiento. Es prioritario contar con los planos correspondientes.

El investigador debe conformar un equipo que observará desde el perímetro exterior hacia el interior buscando el epicentro.

Es recomendable observar cada sitio más de una vez, pero no con la misma persona. Esto evitará pasar por alto cualquier detalle.

El lugar donde se investiga se puede marcar por cualquier medio y luego de fotografiar indicios o pruebas, etiquetar, trasladar y guardar las evidencias.

En el caso de investigación de explosiones rigen las mismas pautas para a investigación de incendios ya vistas, pero ampliadas en cuanto a la seguridad en el lugar de los hechos. Por ejemplo, los edificios afectados por una explosión pueden tener fallas estructurales con la posibilidad de un derrumbe.

Ya se ha dicho que en explosiones con combustible gaseosos o polvos las explosiones secundarias son usuales, por lo tanto los primeros en llegar al lugar de los hechos, antes de comenzar a investigar, taponarán las fugas de gas, aislarán los derrames de líquidos inflamables, verifican si hay tóxicos y, de haberlos, neutralizarlos y utilizar todos aquellos elementos de protección personal que se crean necesarios, previendo las contingencias mas desfavorables.

En los lugares donde se hayan producido explosiones de bombas o explosivos, existen otros peligros. El investigador debe buscar otros dispositivos o explosivos que no hayan detonado. El procedimiento en la investigación de explosiones por bombas o provocadas, contempla la posibilidad de que existan explosivos secundarios preparados específicamente para que exploten cuando llegue la policía o los bomberos al lugar del siniestro.

Por eso, en estos casos, a prioridad será localizar otros explosivos. De encontrar alguno sin detonar no tocarlo o moverlo, proceder a evacuar y acordonar el sector. Deben intervenir especialistas en desactivar explosivos.

En la evaluación inicial se determinará si hubo incendio; explosión o ambos, en cuyo caso ver qué ha ocurrido primero.

Si al investigar se cree que ha existido un explosivo colocado se debe dar intervención a la autoridad. Las pruebas de una explosión no son evidentes, por ejemplo: una débil explosión de gases queda disimulada

Una tabla muy útil permite comparar características en función de los combustibles y el daño causado:

<b>CARACTERÍSTICAS DE ALGUNAS EXPLOSIONES TÍPICAS</b>							
0 = Nunca 1 = Raras veces 2 = A veces 3 = Con frecuencia 4 = Casi siempre 5 = Siempre							
Características Típicas	Gases más ligeros que el aire	Gases más pesados que el aire	Vapores de líquidos	Polvos	Explosivos	Humos	BLEVE
Daños leves	3	4	4	2	2	5	2
Daños graves	2	1	1	2	3	0	2
Explosión secundaria	3	3	2	4	0	1	0
Bolsas de gases/vapores/polvos	3	2	2	2	0	0	0
Deflagración <sup>A</sup>	4	4	4	4	1	5	4 <sup>B</sup>
Detonación	1	1	1	1	4	0	1 <sup>B</sup>
Gases subterráneos	2	2	2	0	0	0	0
BLEVE	2	3	5	0	0	0	5
Incendio post-explosión	3	3	4	3	1	5	3
Incendio pre-explosión	2	2	2	3	2	5	4
Explosiones con cráter	0 <sup>C</sup>	0 <sup>C</sup>	0 <sup>C</sup>	0	4 <sup>D</sup>	0	2
Energía mínima de ignición <sup>E</sup> (mj)	0.17-0.25	0.17-0.25	0.25	10-40	<sup>E</sup>		<sup>F</sup>

<sup>A</sup> En determinadas circunstancias, una deflagración puede terminar en detonación.  
<sup>B</sup> La resistencia del recipiente puede hacer que la onda expansiva se propague a velocidad menor que el sonido.  
<sup>C</sup> Los gases y vapores pueden producir cráteres si están en recipientes pequeños y si los materiales sobre los que explotan estaban muy comprimidos o dispersos.  
<sup>D</sup> Todos los explosivos de gran potencia y algunos de baja potencia producen explosiones con cráter si los materiales sobre los que explotan estaban muy comprimidos o dispersos.  
<sup>E</sup> La energía de ignición varía mucho. La mayoría de los modernos explosivos de gran potencia están hechos de modo que son insensibles a la ignición. La energía de una detonación suele llegar hasta nueve veces la magnitud de la energía mínima de ignición.  
<sup>F</sup> Las BLEVEs no son explosiones con combustión, por lo que no necesita ignición.

Fuente: Handbook Fire Protection. NFPA

A modo de ejemplo: si las pruebas indican que se han producido daños graves, cabe suponer que la explosión no ha sido debida a humos.

### Generalidades

Ya se ha indicado cómo el investigador analizando la naturaleza de los daños y comparándolos con las típicas marcas producidas por los combustibles, puede estimar si se trata de:

- a) Gases más ligeros que el aire.
- b) Gases más pesados que el aire.
- c) Vapores de líquidos.
- d) Polvos.
- e) Explosivos comerciales.
- f) Explosiones de humo.
- g) Bleve.

Se debe tratar de identificar lo antes posible la fuente de ignición, que en el caso de explosiones suele ser complicada. Por ejemplo: la fuente de ignición puede ser un detonador o mecanismo pirotécnico, pero pueden quedar restos de cables y del propio mecanismo,

Igual que en la investigación de incendios el investigador debe tomar notas, fotografías, dibujar esquemas, etc., utilizando la técnica de recogida y conservación de pruebas que hemos considerado.

Tendrá en cuenta los efectos típicos de una explosión:

- a) Onda expansiva en fase positiva.
- b) Onda expansiva en fase negativa.
- c) Impactos de proyectiles.
- d) Daños térmicos.
- e) Daños sísmicos.

Debe examinar con atención el lugar de los hechos y recoger cualquier fragmento de materiales extraños y escombros del cráter.

Esos fragmentos pueden requerir un análisis en el laboratorio forense para su identificación pero, si son fragmentos de un recipiente o contenedor o partes de un dispositivo explosivo improvisado, pueden resultar vitales para la investigación.

Citamos: “El investigador debe establecer si los daños producidos por el fuego o el calor han sido causados por un incendio anterior o por los efectos térmicos de la explosión.

Debe examinar los escombros que hayan sido arrojados lejos del punto de origen para determinar si están quemados. Si estos escombros estuvieran quemados, puede ser indicativo de que la explosión estuvo precedida por un incendio.

Probablemente, el síntoma más corriente de un aumento de presión son los cristales de las ventanas arrojados a cierta distancia de las ventanas del edificio.

Los residuos de humo y hollín en los cristales de las ventanas u otros escombros, revelan que a la explosión le siguió durante algún tiempo un fuego, mientras que si los residuos de cristales o escombros, lanzados a gran distancia del edificio, están perfectamente limpios, indican que la explosión precedió al fuego”.

En el caso de siniestros con bombas o explosión de recintos o equipos, puede haber evidencias importantes como por ejemplo: trozos de materiales en los cuerpos de las víctimas o entre sus ropas.

Se deben tomar las prendas para observarlas y, eventualmente analizarlas y guardar cualquier material obtenido durante las operaciones.

También anotarán el estado y posicionamiento de todos los componentes estructurales dañados/desplazados, como techos, suelos, tejados, cimientos, pilares, puertas, ventanas, pasarelas, escaleras, barandillas, etc.

Es interesante la siguiente tabla: “Criterios sobre daños materiales” para determinado aumento de presión:

<b>CRITERIOS SOBRE DAÑOS MATERIALES</b>
---

Aumento de Presión (psi)	Daños
0.03	Rotura ocasional de ventanas grandes de cristal a presión.
0.04	Fuente ruido (143 dB). Caída de cristales por el ruido.
0.10	Rotura de ventanas pequeñas por el esfuerzo.
0.15	Presión típica de la caída de cristales.
0.30	“Distancia segura” (probabilidad del 95% de que no se produzcan daños graves por debajo de este valor. Límite de misiles. Algunos daños en el techo de la casa: 10% de los cristales de las ventanas rotos.
0.4	Pequeños daños estructurales.
0.5-1.0	Rotura de todos los cristales de las ventanas y en algún caso, daños en los marcos. Una fuente cita caída de cristales a 0.147 psi.
0.7	Pequeños daños a la estructura de la casa.
1.0	Derrumbe parcial de las casas que las hace inhabitables.
1.0-2.0	Destrozo de paneles corrugados de amianto. Fallo de los paneles corrugados de aluminio/acero. Fallo de los paneles de revestimiento de madera (construcción normal)
1.3	La estructura de acero de los edificios ligeramente doblada.
2.0	Hundimiento parcial de muros y tejados de las viviendas.
2.0-3.0	Destrozo de los paneles de pared o bloques de hormigón no reforzado (1.5 psi según otra fuente)
2.3	Límite inferior de daños estructurales graves
2.5	Destrucción del 50% de la mampostería de la casa.
3.0	Estructura de acero retorcida y arrancada de los cimientos.
3.0-4.10	Hundimiento de los edificios con estructura de paneles de acero. Rotura de los depósitos de gasolina. Explosión de depósitos de madera.
4.0	Rotura del revestimiento de edificios industriales ligeros.
4.8	Caída de edificios de hormigón armado.
5.0	Caída de postes de madera.
5.0-7.0	Destrucción casi total de las casas.
7.0	Vuelco de vagones de ferrocarril cargados.
7.0-8.0	Rotura por efecto tijera o flexión de tabiques de ladrillo (de 20.3 x 30.5 cm de grosor) no reforzados. Estallan los paneles laterales de la estructura de acero de los edificios. Vuelco de vagones de ferrocarril cargados.
9.0	Vagones de ferrocarril cargados, totalmente destruidos.
10.0	Probable destrucción total de edificios.
30.0	Caída de las torres de acero.
88.0	Cráteres.

La distancia y la dirección de restos de materiales, con relación al epicentro de la explosión, puede ser crítico. Por eso se debe documentar en un plano todas las direcciones de restos importantes. Esto permitirá reconstruir las trayectorias seguidas, confirmando el epicentro.

Es común efectuar el análisis de la dinámica de explosión basada en el estudio de la trayectoria de los restos a partir del centro o núcleo, como si fuese una esfera, con fuerza decreciente de la explosión a medida que aumenta la distancia al epicentro. Hacer todos los diagramas de “dinámica” que sea necesario, incluso abarcando varias áreas desde las cercanas al origen, muy importantes cuando hay “cráter”, hasta abarcar áreas mayores, especialmente cuando no hay “cráter”.

Las explosiones múltiples requieren mayor cantidad de esquemas para intentar la interpretación de las mismas.

El movimiento de los restos más pesados como paredes, suelos y tejados, generalmente es menor en las sucesivas explosiones que en la primera, La primera explosión con más fuerza tiende a ventilar el edificio, con lo que a fase de presión positiva de las explosiones sucesivas es menor.

Sin embargo, esto sucede sólo cuando las explosiones secundarias son de la misma fuerza o menor que la primera.

Las explosiones de polvos son una notable excepción a este fenómeno, pues las explosiones sucesivas suelen ser más potentes que la primera.

De acuerdo a lo que hemos indicado, el investigador tiene pautas prioritarias que satisfacer:

1. Identificar el origen o epicentro de la explosión.
2. Determinar el combustible que, reiteramos, requiere comparar la naturaleza y tipo de destrozos con los combustibles que se conoce hay en el lugar del siniestro. De no haber coincidencia cabe pensar en un combustible externo (intencional). Transcribimos de la Norma NFPA 921:

“Por ejemplo, si se identifica el epicentro de la explosión como un cráter de 1,8 metros de hormigón pulverizado en el centro del suelo, hay que desechar como combustible una fuga de gases y estudiar únicamente los combustibles que pueden dar lugar a explosiones con cráter.

Para identificar el combustible pueden ser útiles los análisis químicos de muestras de escombros, hollín, tierra o aire. Otras técnicas como la cromatografía de gases, la espectrografía de masas o posteriores análisis químicos de las muestras recogidas, pueden facilitar la identificación de posibles explosivos o combustibles líquidos.

Las muestras de aire tomadas en la cercanía de la zona de origen se pueden utilizar para detectar gases o vapores de líquidos combustibles. Por ejemplo, el gas natural comercial es una mezcla de metano, etano, propano, butano y nitrógeno. La presencia de etano en el aire puede demostrar que ha habido gas natural, en vez de, por ejemplo, gas de alcantarillas o de limonita, que es sólo metano”.

3. Conocido el combustible hay que identificar la fuente. Tomemos un caso particular: si el combustible por “2)” era un gas más ligero que el aire la fuente será una fuga en la tubería de servicio o en el mal funcionamiento de algún equipo.

Nota: ante incidentes como el mencionado, uno de los más comunes, se recomienda la consulta de la Norma NFPA (National Fuel Gas Code — Apéndice D) o el Fuel Gas Code Handbook.

Este punto es el más difícil, porque las fuentes pueden ser numerosas, especialmente en las fugas de gases. Suele dependerse de las declaraciones de testigos y tener en cuenta:

- a) La energía mínima de ignición de combustible.
- b) La energía de ignición de la posible fuente.
- c) La temperatura de ignición del combustible.
- d) La temperatura de la fuente de ignición.
- e) La posición de la fuente de ignición o respecto al combustible.
- f) La presencia simultánea del combustible y la fuente en el momento de la ignición.

4. Identificado el origen, el combustible y la fuente de ignición, el investigador debe determinar qué acercó el combustible a la fuente de ignición en el origen, o sea las causas.

Hay varias técnicas para analizar este punto, dependiendo su elección de las características del siniestro:

- a. Análisis de la curva de tiempos. se establece una secuencia de los acontecimientos anteriores y simultaneas con la explosión, puede aplicarse la teoría de la “máxima posibilidad”
- b. Análisis del tipo de daños.
- c. Análisis de los escombros Suele optarse por considerar únicamente los más grandes.
- d. Análisis de los daños estructurales (al edificio), se elaboran diagramas de “iso-destrozos”.
- e. Establecer una relación coherente entre la fuerza de una explosión y los destrozos producidos
- f. Análisis de los objetos y edificios afectados.
- g. Relación con los efectos térmicos, pudiéndose llegar a la elaboración de “diagramas isotérmico” (daños producidos por el calor).

# ANEXOS

## ANEXO A

### EJEMPLOS PRÁCTICOS – SINIESTROS SIMPLES

#### Ejemplos prácticos de elaboración de Informes de Investigación sobre Siniestros simples

El objetivo de estos Casos Prácticos es demostrar que la mayor parte de los incendios pueden ser resueltos con la Metodología de Procedimiento que hemos desarrollado.

Contenido:

- a) Investigación en el Lugar del Incendio
- b) Investigación del Comportamiento del Fuego
- c) Punto de origen
- d) Puntos comienzo de la Combustión. Fuentes de calor.
- e) Observaciones de los Bomberos
- f) Observaciones desde el Exterior
- g) Observaciones desde el Interior
- h) Pruebas
- i) Incendios en Vehículos
- j) Declaraciones de Testigos

**a) – INVESTIGACIÓN EN EL LUGAR DEL INCENDIO**

**I. Observación “In situ”**

Día de verano por la tarde.

En el 3º Piso de una residencia universitaria, fuego en una sola habitación, extinguido rápidamente.

**Observaciones**

Mancha de humo y marcas de fuego más evidentes en la parte superior de un aparador cerca de una ventana.

**Evidencias**

Sobre el aparador rizador de pelo eléctrico con carcasa de plástico totalmente fundida. También libros quemados frente al rizador pero en la parte opuesta no.

Cortinas de plástico sobre el rizador se quemaron.

Causa probable: el incendio comenzó en el rizador.

### **Acciones del Investigador**

Tomó abundantes fotos.

Se llevó el rizador. Observó que era del tipo de enchufe directo a la red. El termostato interior del control falló. La unidad se sobrecalentó, fundió la carcasa exterior que inició el incendio.

### **Informe del Investigador**

Punto de origen: Parte superior del aparador

Fuente de calor: Rizador eléctrico de pelo.

Causa: Sobrecalentamiento por falla del termostato.

Categoría: Accidental.

Fotos y aparato fueron evidencias usadas en el juicio.

## **b) – INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO**

### **2. Carencia de oxígeno**

Durante dos días no se observaron personas en una casa antigua, de 2 plantas.

Calefacción: dos estufas de madera

Temperatura en la zona: bajo cero.

#### **Observaciones**

Las ventanas frontales estaban cubiertas con plástico para aislar muy manchadas con restos de humo. Las traseras, también aisladas no.

En el comedor alrededor de una estufa señales de fuego.

Al forzar la puerta para entrar se vio que toda la familia había perecido, dos adultos y tres niños muertos por asfixia en el piso superior donde se encontraban las estufas.

Todo tenía burletes y sellado con masilla.

La casa era un contenedor estanco.

La causa del incendio según la investigación fue una silla tapizada colocada cerca de una estufa, consumió libros, revistas y periódicos, incluso papel decorativo en las paredes pero no se extendió por el limitado contenido de oxígeno.

Se generaron productos de combustión mortales.

Calor, humo y gases tóxicos ascendieron al piso superior y produjeron las muertes.

### **Informe del Investigador**

Punto de origen: silla tapizada.

Fuente de calor: estufa (por convección)

Causa: Calefactor cerca de un mueble combustible.

Categoría: Accidental.

## **c) – ESCENARIO DE UN INCENDIO, PUNTO DE ORIGEN.**

### **3. Edificio en construcción**

En zona residencial en pleno invierno.

Departamentos dúplex en construcción, sin puertas con ventanas clavadas. Esto permitió un perfecto tiro y rápida combustión.

**Observaciones**

Había dos puntos de origen separados:

- calentador a kerosén volcado sobre heno.
- En el primer piso en una pila con restos de madera, pero no se encontró ninguna fuente de calor cerca.

**Causas**

En interrogatorios posteriores se comprobó divergencias entre propietarios e inquilinos.

La existencia de dos fuentes de origen, la ausencia de fuente de calor y las declaraciones del propietario, encargado y futuros ocupantes indicaron que el incendio fue intencional.

**Informe del Investigador**

Puntos de origen: Sótano, montón de heno.

Primer piso: pila con diversos restos de madera.

Fuente de calor:

- Sótano: calentador de kerosén.
- Contacto directo con llama.

Causa: Ignición deliberada.

Categoría: Intencional.

**4. Explosión de gas.**

La alarma indicó que el garaje de una vivienda voló.

La pared posterior del garaje había tenido un medidor de gas.

**Observaciones**

El medidor estaba roto, el gas ardía y alimentaba el fuego. Cerca yacía una persona quemada. El incendio se extinguió con rapidez.

**Causa**

Dilema del investigador:

- ¿la fuga de gas produjo la explosión?
- ¿Un fuego produjo la fuga y posterior explosión?

En conjunto, con expertos de la empresa de gas, se llegó a que la parte interior del garaje había explotado y la superior y el techo se desplomaron a consecuencia de ello:

Esto indicaba que el gas explosivo era más pesado que el aire. Si hubiese sido G.N. se hubiera concentrado en la parte superior y las consecuencia serían inversas.

En la inspección se encontró una conducción rota de G. N. Arrancada de una conexión con los filetes de rosca desgarrados.

Entre los escombros se encontró un tanque de propano sin la válvula que apareció más lejos. El propano es más pesado que el aire. Al explotar produjo daños en la instalación de G.N. No fue posible reconstruir los hechos.

El herido declaró: el tanque de propano tenía una pequeña fuga, lo llevó al garaje para repararlo, aflojó mal la válvula y el propano comenzó a salir con gran rapidez. Había un pequeño calefactor cerca.

La explosión ocurrió cuando intentaba escapar.

**Informe del Investigador**

Punto de origen: calefactor gas.

Fuente de calor: llama piloto del calefactor.

Causa: liberación de vapores explosivos en el interior.

Categoría: accidental.

## LAS SUPOSICIONES / CONCLUSIONES BASADAS EN ANÁLISIS SUPERFICIALES SUELEN SER ERRÓNEAS.

### 5. Líquido inflamable

Incendio en una tarde de verano con elevada temperatura.

Al llegar los bomberos observaron humo muy oscuro y llamas rojas saliendo por la ventana de la cocina.

El incendio fue extinguido con rapidez.

#### **Observaciones**

Las señales del incendio iban hasta una alacena situada fuera de la cocina.

La puerta de la alacena estaba cerrada y se consumió la parte superior de la misma.

Frente a la puerta había una señal irregular ovalada de líquido inflamable.

Dentro del armario se halló una lata rota de había contenido líquido inflamable.

Los ocupantes declararon que entre otras cosas había un recipiente con fluido para mecheros y una bolsa de carbón vegetal.

#### **Evidencias**

El propietario sacó la bolsa de carbón y el combustible de mechero para hacer la cena. Colocó el carbón en la parrilla, lo roció con combustible y lo prendió. Luego removió el carbón retiró la bolsa y la lata y las puso en el interior de la alacena. Al remover el carbón un trozo cayó dentro de la bolsa. Dentro del armario la bolsa se prendió, inflamando los combustibles próximos y acelerando el proceso.

#### **Informe del Investigador**

Punto de origen: esquina de alacena de cocina.

Fuente de calor: trozo de carbón incandescente que entró en la bolsa de carbón vegetal y fue la causa.

Categoría: accidental.

## d) – FUENTE DE CALOR – IGNICIÓN

### 6. Ignición por rayos solares

En una tarde de verano, muy soleada, se declaró fuego en el sótano de una vivienda de dos plantas.

Al llegar los bomberos observaron una combustión libre que producía humo blanco grisáceo. Apagaron enseguida el fuego.

#### **Observaciones**

Las señales de humo y calor conducían hasta una mesa situada contra la pared del sótano junto a un lavarropa y a un secador. Las señales encima de la mesa eran evidentes, aún había restos de ropa y cajas de carbón con detergente. El fuego formó una amplia marca en V en la pared y penetró a través del techo hacia una escalera.

#### **Acciones**

Fue difícil encontrar la fuente de calor. Los interruptores no estaban conectados. Se verificó que las máquinas no estaban funcionando.

Ningún inquilino era fumador.

#### **Causa**

El investigador descubrió una botella de vidrio transparente sobre una repisa de la ventana, justo encima de la mesa. Verificó las condiciones climatológicas y la posición del sol antes del incendio a la hora de inicio.

Confirmó que los rayos solares, incidieron sobre la ventana y se concentraron sobre la mesa, a través de la botella. El calor inició el proceso de incendio de los combustibles.

### **Informe del Investigador**

Punto de origen: parte superior de una mesa.

Fuente calorífica: energía solar.

Causa: concentración de rayos solares a través de una botella.

Categoría: accidental.

## **7. Sustancias incompatibles (Energía Química)**

Un incendio destruyó totalmente un supermercado.

### **Observaciones**

Los investigadores encontraron una botella de aceite rota sobre una estantería. Abajo cajas de detergente en polvo para lavado, que contiene pequeñas cantidades de cloro.

### **Causa**

El aceite de pino reaccionó lentamente con el cloro del detergente en polvo derramado durante las horas de trabajo. Esto no fue observado ni el derrame controlado:

El fuego se descubrió a las tres de la mañana del día siguiente con todo el interior del edificio en llamas y el techo a punto de caerse.

### **Informe del Investigador**

Punto de origen: Estantería con aceite de pino y jabón compuesto en polvo.

Fuente de calor: química

Causa: Reacción por mezcla de productos químicos incompatibles, con desprendimiento de calor.

Categoría: Accidental

## **8. Fusible manipulado, (Energía eléctrica)**

Fuego en el sótano de una vivienda unifamiliar.

### **Observaciones**

Los bomberos sólo vieron humo gris, que indica combustibles ordinarios.

### **Evidencias**

Las señales de humo y fuego condujeron a una caja de fusibles en el sótano donde había carbonización. Las llamas saliendo de la caja prendieron fuego a ropas colgadas cerca.

### **Acciones de Investigador**

Se desmontaron los fusibles y se examinaron.

En uno de ellos se cortó el casquillo de latón se dobló hacia abajo y formó un puente desprotegiendo el circuito.

Interrogados los ocupantes que estaban usando varios aparatos antes del incendio dijeron que se escuchó un zumbido antes que algunos aparatos dejaran de funcionar.

Pocos después olieron humo y descubrieron fuego en el sótano.

También se supo que instaladores contratistas tuvieron problemas por fusión de fusibles cuando trabajaban.

Era evidente que los manipularon para poder trabajar sin interrupción y demora.

### **Informe del Investigador**

Punto de origen: caja de fusibles en el sótano

Fuente de calor: Fusible manipulado en corto circuito.

Causa: Fusible manipulado.

Categoría: Accidental + Conducta imprudente.

## **9. Manta eléctrica.**

En una residencia, un fuego se extendió, por la tarde, a varias habitaciones.

### **Observaciones**

El investigador siguió el rastro de las señales de humo y fuego hasta una cama situada en la esquina de una habitación.

El ocupante de la misma que no se encontraba era un fumador empedernido: Esta era la causa aparente.

### **Acciones de Investigador**

Al inspeccionar la cama encontró debajo de un grueso almohadón los rastros de una manta eléctrica con el cordón enchufado.

### **Causa**

El ocupante no desenchufó la manta por la mañana al retirarse.

### **Informe del Investigador**

Punto de origen: pies de la cama.

Fuente de calor: manta eléctrica.

Causa: sobrecalentamiento

Categoría: accidental.

## **10. Fuego en una lámpara incandescente.**

Se incendió el 2º piso de una vivienda unifamiliar de dos plantas con abundante humo.

### **Observaciones**

Las señales de humo y fuego condujeron a los investigadores a un armario de ropa en un dormitorio en la planta alta, en cuyo interior parte de la ropa estaba calcinada. Hilos de cobre colgaban de techo en un lugar donde había un aplique.

### **Evidencias**

Tres niños que se encontraban en la casa en el momento del incendio negaron haber jugado con fósforos o haber fumado en el interior de armario.

Uno de los niños declaró que fue al armario para buscar un traje de baño y no estaba seguro de haber apagado la luz.

### **Acciones del Investigador**

Encontró los restos de un aplique colgante pero sin rastros de calentamiento interno.

Al limpiar el suelo encontró un trozo de lámpara con tela calcinada pegada.

### **Informe del Investigador**

Punto de origen: aplique de armario colgante.

Fuente de calor: lámpara incandescente.

Causa: contacto de ropa con la lámpara prendida.

Categoría: accidental.

### **11. Fuego en una cocina de gas.**

Incendio en un restaurante horas después del cierre.

Al llegar los bomberos la cocina estaba envuelta en llamas con intenso humo negro.

Extinguido el fuego ocurre una explosión, se procede a cerrar el suministro de gas. El fuego se extinguió con rapidez.

#### **Observaciones**

Los investigadores encontraron que el punto de origen fue un contenedor de grasa y otros residuos de cocina. La grasa ardiendo produjo el humo negro.

El contenedor estaba al lado de un quemador de la cocina en posición “máxima” y el mando roto.

No había ninguna otra fuente de ignición.

#### **Acciones del Investigador**

Al interrogar al encargado y empleados del negocio declararon que perdía dinero pesa a su buen prestigio.

Los hechos apuntaban a posible intencionalidad.

#### **Informe del Investigador**

Punto de origen: contenedor de grasa colocado directamente sobre un quemador de cocina a gas.

Fuente de calor: quemador de gas.

Causa: grasa inflamada por el quemador

Categoría: Intencional.

## **e) OBSERVACIONES DE LOS BOMBEROS**

### **12. Retraso en la respuesta**

Ante una amenaza de bomba en una emisora de radio ubicada al Sur a las 6:00 de la mañana salió una dotación de bomberos.

A las 6:18 se recibió una alarma de incendio en un almacén situado al Norte.

#### **Observaciones**

Un investigador comenzó de inmediato y encontró las siguientes pruebas:

1º) La 1º llamada retrasó la llegada a la 2º llamada en varios minutos.

2º) El fuego se originó en un sector sin protección de rociadores que estaba fuera de servicio en reparaciones.

#### **Causa**

Un supervisor había despedido a un operario que inició el fuego por despecho.

#### **Informe del Investigador**

Punto de origen: Material de embalaje ubicado en el interior del almacén.

Fuente de calor: Fósforos

Causa: Ignición deliberada con empleo de un acelerante (líquido inflamable)

Categoría: Intencional. El operario despedido admitió ser autor de la falsa alarma a los bomberos y luego inició en incendio.

### 13. Fuegos separados

Los bomberos concurrieron a un incendio en un edificio de viviendas de 6 plantas. Encontraron y extinguieron el fuego en 3 sitios distintos: frente y atrás del 3° Piso. Parte trasera del 6° Piso.

#### Observaciones

El investigador arribó en pleno combate de incendio y estas fueron las primeras observaciones:

Observación	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fuego en el frente y atrás del 3° Piso, separados 20 metros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fuegos separados pueden ser intencionales.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fuego en la zona trasera de 6° Piso, sin rastros del 4° y 5° Piso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se investiga si hay posibilidad de propagación natural.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Humo gris mezclado con humo negro, llamas rojas y amarillo-naranja en el frente del 3° Piso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Indica presencia de hidrocarburos y combustibles ordinarios.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Puertas exteriores cerradas, sin echar llave. Sin forzar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Posibilidad de acceso de extraños.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Muchas ventanas abiertas en los departamentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Justificado en caluroso día verano. No así en invierno cuando ocurrió en incendio.</li> </ul>

#### Origen

En un departamento frontal del 3° Piso se halló un punto de origen: un sofá con relleno de goma pluma y tapizado con plástico al que podía deberse el humo negro y las llamas rojas.

Los rastros de humo y fuego establecieron que el fuego se extendió por todo el departamento frontal, salieron por la puerta abierta a un corto pasillo alcanzaron el departamento trasero incendiándolo y de allí los gases calientes ascendieron por una tubería penetrando en el departamento trasero del 3° piso incendiándolo.

Como resultado un fuego separado del foco de origen por 2° pisos y todo el largo del edificio.

#### Conclusiones del Investigador

Punto de origen: Sofá en la sala de un departamento frontal del 3° Piso.

Fuente de calor: Cortocircuito en el cordón de una lámpara de mesa.

Causa: el cordón en cortocircuito prendió la tapicería del sillón.

Categoría: accidental.

### 14. Intencionalidad muy evidente.

A las 3 de la mañana el Servicio de Incendio concurrió a un siniestro en un almacén de ropa ubicado en la P.B. de un edificio de 2 plantas. El piso superior estaba desocupado.

#### Observaciones

El investigador concurre con la 1° Dotación y observó un fuego intenso en el interior de los escaparates del almacén. Llamas rojas salían a través de las ventanas abiertas de la P. Alta y humo negro, sin llamas, desde el techo. La información que obtuvo se resume:

Observación	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fuegos en PB y PA</li> <li>▪ Llamas rojas / humo negro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Posiblemente provocados (por la separación)</li> <li>▪ Combustión de hidrocarburos. Era un depósito de ropa.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Humo saliendo por el techo</li> <li>▪ Las puertas frontales y traseras debieron ser forzadas por los bomberos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Indica un incendio rápido.</li> <li>▪ Normal en un depósito por la noche.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intenso olor a nafta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inusual en un almacén de ropa ¿Acelerante?</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las escaleras a PA con llamas intensas y difícil control.</li> <li>▪ Se propagaban las llamas al usar mangueras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poco común ¿el acelerante se colocó en las escaleras?</li> <li>▪ Otro indicio de acelerante</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aberturas en el techo estaban abiertas y sin tapas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Esto explica la salida de humo y la propagación vertical del fuego</li> </ul>

El investigador enseguida calificó el fuego como intencional.

**Causa**

Las informaciones obtenidas indicaban la presencia de un incendiario muy detallista.

En el almacén colocó una serie de latas rectangulares con nafta, separadas una de otra tal que la acción de un chorro de agua por manguera produzca un “efecto dominó” propagando el fuego.

Una carbonización en línea recta hasta la escalera era evidencia del reguero de combustible dispuesto por el incendiario. En la escalera, además, se colocan bolsas de plástico impregnadas con nafta colocadas alternativamente en los escalones.

Se encontró la ruinoso situación económica del establecimiento. El dueño y el incendiario fueron juzgados y condenados.

**Informe del Investigador**

Punto de origen: Planta Baja y Escalera.

Fuente de calor: Combustión Líquido (nafta)

Causa: Combustión de varios recipientes y bolsas impregnadas con nafta.

Categoría: Intencional.

**15. Observaciones “Secundarias”**

A las 22 horas de una noche de verano concurren los bomberos al incendio de una vivienda unifamiliar. Los residentes no se encontraban en la misma, el aviso fue dado por un vecino.

**Observaciones**

Resumen de observaciones del personal que intervino.

Observación	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fuego en PB y PA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Posibles fuegos separados, no concluyente</li> </ul>

▪ Llamas amarillo/naranja y algunas rojas	▪ Indicación de combustibles comunes e hidrocarburos
▪ Olor a nafta en el interior	▪ ¿Acelerante? Explicaría las llamas rojas y el humo negro.
▪ Muebles desordenados con los cajones extraídos y el contenido desparramado	▪ Posible robo con incendio para enmascarar
▪ Las cortinas de la sala estaban corridas pero destruidas por el fuego	▪ Otro indicio de intencionalidad, aunque normal en verano (los residentes no estaban). Se intentó ocultar el inicio del incendio.

### **Acciones del Investigador**

Declaró el lugar escenario de posible delito.

Citaron a los residentes que estaban de vacaciones. Concurrieron al otro día. Declararon que faltaban objetos y equipos valiosos.

Una vecina declaró haber escuchado un vehículo una hora antes del incendio.

Se averiguó que los propietarios llevaban varios meses tratando de vender la casa sin éxito.

El investigador supuso que uno o más propietarios regresaron a la casa, en forma subrepticia, corrieron los visillos y cortinas, recogieron todos los objetos y equipos de valor, desparramaron muebles y ropa para aparentar un robo rociaron nafta con un bidón que luego apareció en el sótano (?) prendieron fuego y regresaron al lugar de vacaciones.

Sometidos a juicio se los declaró culpables.

### **Informe del Investigador**

Punto de origen: Fuegos separados en PA y PB.

Fuente de calor: combustible líquido derramado.

Causa: propagación del fuego por el derrame.

Categoría: Intencional.

## **f) – INVESTIGACIÓN DEL INCENDIO DESDE EL EXTERIOR DEL EDIFICIO**

### **16. Huellas de neumáticos**

En una noche de verano, el servicio de incendio concurrió a un edificio de consultas médicas. Encontraron todas las puertas bajo llave. Una sala de espera estaba envuelta en llamas. La puerta cerrada impidió la propagación al resto del edificio.

El color de las llamas y humo indicaban los combustibles comunes esperados.

### **Evidencias**

Había dos circunstancias anómalas:

<b>Observación</b>	<b>Evaluación</b>
▪ Una ventana al exterior esta rota, los vidrios en el interior	▪ Posible entrada ilegal o rotura por calor.
▪ En el piso había cascotes del tamaño de una pelota de tenis	▪ Las piedras podrían haber sido arrojadas a través de la ventana.

### **Acciones del Investigador**

El examen exterior del edificio descubrió dos huellas de bicicleta, una más profunda que otras. Se fotografiaron y croquizaron.

Analizando los cristales rotos en el piso no se observan manchas de humo, pero del lado expuesto al fuego sí.

Evidentemente la rotura se produjo antes que el fuego comenzara.

Siguiendo las señales de humo y fuego, el Investigador determinó el punto de origen en una papelerita al lado de un escritorio, pero la fuente de ignición más cercana estaba a 2 metros.

### **Informe del Investigador**

- Punto de origen: papelerita en una sala de espera
- Fuente de calor: desconocida, puede haber sido un fósforo o encendedor.
- Causa: provocado deliberadamente.
- Categoría: delito intencional.

### **Comentario de acuerdo a la investigación policial**

Una vecina vio a un joven llevando en el cesto de la bicicleta, piedras. Las huellas de las piedras coincidía con las encontradas y la tierra encontrada coincidía con la del terreno próximo al escenario.

El joven aceptó su culpabilidad. Dijo que tiró piedras para divertirse, luego penetró para robar.

Al no encontrar nada, prendió un fósforo y se fue.

## **17. Fuego en el techo**

En una tarde de verano los Bomberos concurren a un incendio desencadenado en un garaje.

Advirtieron fuego en el ático y sobre el techo.

### **Observaciones**

Comenzaron a actuar primero en el ático observando que el fuego se movía de abajo hacia arriba por un agujero del techo, tipo tejado.

El personal que combatía el fuego desde el exterior manifestó que la zona afectada era muy extensa.

Aparentemente el fuego perforó el tejado desde el ático. Al examinar en las cercanías, se descubrió un bidón del tipo para residuos situado en la dirección del viento hacia el garaje, que aún contenía fuego. La tapa poseía agujeros bastante grandes.

Como conclusión el Investigador interpretó que ascuas incandescentes del fuego del bidón llegaron al techo (a 6 metros) perforándolo e introduciéndose en el ático.

### **Informe del Investigador**

- Punto de origen: cubierta exterior del tejado
- Fuente de calor: ascuas de fuego desde un bidón en el exterior
- Causa: bidón cercano al edificio y viento favorable
- Categoría: accidental.

## g) – INVESTIGACIÓN DESDE EL INTERIOR DEL EDIFICIO

### 18. Casa rodante

A primeras horas de la mañana, los Bomberos que concurrieron al siniestro en una casa rodante, la encontraron totalmente en llamas muy ruidosas, de varios colores, que salían por la puerta, ventanas y un sector del techo desplomado.

#### **Observaciones**

Extinguido el incendio el Investigador observó que el aluminio exterior estaba fundido en gran parte. Las paredes interiores fueron prácticamente consumidas por el fuego. El piso fue lo que tuvo menos daños.

#### **Acciones**

Una pista del origen del fuego la dió el plástico fundido y las profundas señales de carbonización en los elementos de madera, mostraban el recorrido del fuego.

Observando en dirección opuesta descubrió un agujero en el suelo del ambiente tipo sala. Cerca del mismo el aluminio fundido cayó en el suelo pero algo más lejos, las placas de aluminio, en parte, permanecían en el sitio. A medida que se alejaba del agujero, el aluminio intacto llegaba a mayor altura hasta alcanzar el techo en un lugar donde no se había desplomado.

El Investigador, observando un detalle, encontró que la carbonización presente en los bordes, era la típica de un recorrido descendente del fuego.

De un sofá que estaba casi encima del agujero, sólo quedó madera carbonizada y los resortes más cercanos blandos, mientras que los más alejados mantenían su elasticidad.

Al interrogar a los ocupantes, comprobó que eran empedernidos fumadores y que la noche anterior al incendio estuvieron viendo T.V. en la sala.

#### **Informe del Investigador**

- Punto de origen: sofá en la sala
- Causa y fuente calorífica: cigarrillo
- Categoría: accidental.

### 19. Propagación del fuego a través del suelo

En una residencia de dos plantas se produjo un incendio en una fría mañana de invierno. Los Bomberos no observaron llamas pero sí humo gris oscuro que se filtraba alrededor de las ventanas exteriores.

Extinguieron el fuego en la sala de estar en P.B. y en el pasillo del 1º piso. En uno de los dormitorios se halló el cadáver de una anciana sobre la cama.

#### **Evidencias**

Como resumen de las observaciones que obtuvo el Investigador de los Bomberos que intervinieron:

Observación	Evaluación
-------------	------------

▪ No había llamas pero sí mucho humo	▪ Fuego de rescoldo con poco oxígeno
▪ Humo color gris oscuro	▪ Combustibles poco usuales en combustión prolongada.
▪ Ventanas muy manchadas por humo	▪ Acumulación lenta de calor
▪ Fuego en la sala de P.B. y en el corredor del 1° piso	▪ ¿Evidencia fuegos separados?
▪ La escalera entre P.B. y 1° piso no estaba afectada	▪ Anormal ¿fuegos separados?
▪ Agujero en el piso de la sala	▪ Verificar la dirección de la perforación
▪ Ocupante muerto	▪ Posiblemente asfixiado por el humo del fuego de rescoldos

Las señales de calor, humo y llamas conducían directamente al agujero en la sala.

Encima del agujero el techo estaba dañado pero no perforado. Las señales eran las típicas en forma de abanico debidas a la subida del humo y llamas. Los bordes del agujero indicaban que el fuego procedía desde abajo.

El examen del suelo y viguetas en el sótano condujeron a la verdadera “combustión baja” y punto de origen, indicando también, como se propagó el fuego desde P.B. al 1° piso, sin afectar la escalera de comunicación y sin perforar el techo de la sala.

### **Causa**

El fuego comenzó en un cable eléctrico atravesado por una grampa entre las dos viguetas de madera que soportaban el 1° piso.

Se propagó horizontalmente entre las dos viguetas hasta un conducto de lavandería que llevó humo y llamas hasta el 1° piso. El conducto sirvió de ventilación al sótano, luego ninguna otra parte del mismo resultó afectada. Sin embargo, el suelo fue atravesado por el fuego entre las dos viguetas, alcanzando la sala.

### **Informe del Investigador**

- Punto de origen: cable eléctrico sobre el techo del sótano.
- Fuente de calor: electricidad.
- Causa: instalación eléctrica defectuosa (cable perforado)
- Categoría accidental.

## **20. Escasez de contenido**

Incendio en un departamento de lujo.

Concurrieron los bomberos a un incendio en un departamento de lujo, forzaron la entrada, lograron la extinción con cierta dificultad. Vieron la sala totalmente en llamas y propagado a la cocina y dos dormitorios.

### **Observaciones**

Muchos indicios de intencionalidad:

Humo negro y denso. Llamas rojas. Olor a nafta.

Desde el punto de origen el fuego se propagó en dos direcciones, lo que indica un acelerante.

Persianas cerradas posiblemente para retrasar el descubrimiento del fuego.

Dificultad en extinguir. Propagación del fuego debajo de la puerta de la cocina. Señales de fuego en línea recta en la sala, desde la cocina a los dormitorios.

Se consideró escenario de intencionalidad por cierre con llave de puertas. Puertas sin forzar. Los inquilinos estaban ausentes. Al regresar el incendio estaba extinguido.

### **Acciones del Investigador**

Averiguó lo siguiente:

El ocupante coleccionaba cuadros. No se encontró ninguno, ni rastro de ellos.

Las manchas de humo en las paredes eran uniformes o sea, los cuadros se retiraron antes del incendio.

Finalmente el residente confesó que inició el incendio, luego de retirar los cuadros. Esperaba con el seguro, saldar deudas.

### **Informe del Investigador**

- Área de origen: sofá de la sala.
- Fuente de calor: cerilla
- Causa: provocado deliberadamente con nafta.
- Categoría: intencional.

## **h) PRUEBAS**

### **21. Alteración de Pruebas**

Un incendio afectó todas las dependencias de un departamento en un edificio de 3 plantas. Los indicios de intencionalidad eran tales que el Oficial a cargo solicitó de inmediato una investigación.

Un ocupante del departamento solicitó varias veces permiso para ingresar a retirar algunos bienes. El Oficial se negó, observando que sus ropas desprendían olor a nafta. Por fin, dirigiéndose a otro Oficial, logró entrar.

Se detuvo al inquilino y sus zapatos envueltos en la ropa fueron enviados a Laboratorio.

El Abogado defensor argumentó que las ropas se impregnaron con combustible de los zapatos contaminados al ingresar al departamento.

El acusado fue absuelto al no poder probarse que el contacto con la nafta fue antes del incendio.

### **Conclusiones**

- 1) Debe impedirse el desplazamiento de personas desautorizadas en el escenario del siniestro.
- 2) Los ocupantes están desautorizados como cualquier otra persona.
- 3) Todos los Oficiales y Bomberos deben tener en cuenta este hecho.

## j) – INCENDIO DE VEHÍCULOS

### 22. Incendio en semi-remolque

Concurrieron los bomberos al incendio en una ruta, de un semi-remolque y observaron lo siguiente:

Observación	Evaluación
▪ Incendiado totalmente	▪ Propagación rápida y/o demora en dar la alarma
▪ Llamas amarillo-naranja, mezcladas con azules	▪ Combustión de materiales ordinarios y gases de algún tipo
▪ Dificultosa extinción	▪ Típico de líquidos inflamables
▪ Pequeñas explosiones seguidas de aumento de la intensidad del fuego	▪ ¿Contenedores de líquidos inflamables?
▪ Olor inusual	▪ ¿Líquido inflamable?

#### Observaciones

El Investigador no encontró punto de origen en el remolque.

La causa eran cajas de bebidas alcohólicas, por eso las llamas azules, el olor inusual y las explosiones.

El conductor declaró que observó el incendio por el espejo retrovisor.

Cuando paró y abrió las puertas del remolque, éste estaba en llamas.

#### Acciones

El Investigador hizo un recuento aproximado de los restos comparándolos con el comprobante de carga, observando que faltaba la mitad.

Interrogado el conductor, confesó que detuvo el camión en la ruta, descargó la mitad de la carga y luego prendió fuego con papeles y licor derramado.

#### Informe del Investigador

- Origen: interior del semi-remolque
- Fuente de calor: papeles y licor derramado
- Causa: cerilla
- Categoría: intencional

### 23. Incendio en un automóvil

Los bomberos concurrieron a sofocar un incendio de un automóvil estacionado frente a la vivienda del propietario, a las 7 horas de la mañana.

La zona ocupantes estaba totalmente en llamas de color rojo-naranja. Al llegar las ventanas colapsaron y comenzó a salir humo gris-negro.

El propietario declaró que fue despertado cuando el incendio comenzó y no había usado el vehículo desde el día anterior.

#### Observaciones

El Investigador consideró que el humo y llamas tenían el aspecto propio de los combustibles normales en un auto.

El colapso de las ventanillas indicó tiempo prolongado de combustión reforzado por espeso recubrimiento de humo en los cristales (lado interno). La parte externa del auto apenas resultó afectada. El techo estaba deformado por encima de la posición del conductor. El compartimiento del motor no se vio afectado en absoluto.

En el maletero había ligeras señales de fuego en la zona por donde se propagó el incendio desde el asiento trasero. El contenido del maletero estaba en orden.

El compartimiento de pasajeros estaba severamente dañado, pero de manera uniforme. Las manecillas y eleva-cristales habían sufrido aproximadamente los mismos daños en ambas puertas delanteras.

Los muelles del asiento delantero mantenían su elasticidad. El incendio parecía haberse originado en el asiento delantero o cerca de él, pero no aparecían visibles fuentes de calor o punto de origen alguno.

### **Acciones**

El Investigador estaba seguro que el incendio había sido intencional. Al continuar con el interrogatorio del propietario, se descubrió que éste había denunciado recientemente al repartidor de periódicos, porque éste le había robado dinero.

Cuando fue interrogado, el joven admitió que casi pierde su trabajo por la denuncia y que en venganza, le prendió fuego al coche.

El automóvil no estaba cerrado, con lo que alrededor de las 6 a.m., cuando repartía los periódicos, entró en éste donde encontró una caja de pañuelos de papel en el asiento delantero. Lo esparció por el asiento y los prendió con una cerilla.

Este caso fue descubierto porque el fuego se investigó en forma tan detallada como en un incendio de edificio. El Investigador practicó inspecciones interior y exterior e interrogó a los testigos y propietario.

Al no encontrar la fuente de calor en el punto de origen, continuó profundizando en la investigación hasta encontrar la categoría del fuego.

No se precipitó en llegar a conclusiones erróneas, como que el fuego –sin signos de utilización de acelerante- había sido debido a fumar negligentemente.

### **Informe del Investigador**

- Origen: asiento delantero
- Fuente de calor: caja de pañuelos descartables
- Causa: cerilla
- Categoría: intencional.

## **h) – DECLARACIONES DE TESTIGOS**

### **24. Fuego en un Bar**

A las 3 a.m. los Bomberos concurren al incendio de un Bar en una construcción de una sola planta con vivienda en la parte posterior.

La extinción fue dificultosa.

Observación	Evaluación
-------------	------------

▪ Fuego asomando por la ventana con llamas amarillo-naranja, mezcladas con rojas, Humo gris vetado de negro	▪ Presencia de combustibles habituales con hidrocarburos.
▪ Había dos ocupantes en el exterior envueltos con mantas	▪ Aparentemente se habían retirado del edificio antes que comenzara el incendio.
▪ Puerta lateral del bar, abierta	▪ Posible entrada ilegal.
▪ Dificultades en la extinción	▪ Posible presencia de sustancias combustibles

### ***Acciones del Investigador***

Aparentemente, el fuego se inició detrás de la barra, a nivel del piso. Como punto de origen encontró una papelerera de plástico fundida con restos de colillas y servilletas de papel y fuerte olor a kerosén.

El examen de la puerta entreabierta lateral, reveló signos de forzamiento y estaba trabada con una herramienta plana para mantenerla abierta.

Se confirmó que el kerosén estaba vertido detrás de la barra. Se determinó que en este punto de origen, se prendió el combustible intentando aparentar un fuego accidental debido a las colillas. No había huellas en el exterior.

Interrogados todos aquellos involucrados, una camarera declaró que se había peleado con su novio y éste, muy alterado, formuló amenazas.

### ***Informe del Investigador***

- Área de origen: debajo de la barra, en una papelerera.
- Fuente de calor: kerosén derramado.
- Causa: cerilla / encendedor
- Categoría: intencional.

Como Fuente de estos Casos Prácticos se utilizó el Libro “Investigación y Origen de los Incendios” de Phillips y Mc Fadden. Ed. MAPFRE.

**ÍNDICE DE “CASOS PRÁCTICOS” (CP)**

Se colocan para facilitar la consulta:

a) INVESTIGACIÓN EN EL LUGAR DEL INCENDIO	
1) Observación “in situ”	CP-1
b) INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO	
2) Carencia de oxígeno	CP-2
c) ESCENARIO DE UN INCENDIO – PUNTO DE ORIGEN	
3) Edificio en construcción	CP-3
4) Explosión de gas	CP-4
5) Líquido inflamable	CP-5
d) FUENTE DE CALOR – IGNICIÓN	
6) Ignición por rayos solares	CP-6
7) Sustancias incompatibles – Energía Química	CP-7
8) Fusible manipulado – Energía eléctrica	CP-8
9) Manta eléctrica	CP-9
10) Fuego en lámpara incandescente	CP-10
11) Fuego en cocina de gas	CP-11
e) OBSERVACIONES DE LOS BOMBEROS	
12) Retraso en la respuesta	CP-12
13) Fuegos separados	CP-13
14) Intencionalidad muy evidente	CP-14
15) observaciones “secundarias”	CP-15
f) INVESTIGACIÓN DEL INCENDIO DESDE EL EXTERIOR DEL EDIFICIO	
16) Huellas de neumáticos	CP-16
17) Fuego en el techo	CP-17
g) INVESTIGACIÓN DESDE EL INTERIOR DEL EDIFICIO	
18) Casa rodante	CP-18
19) Propagación del fuego a través del suelo	CP-19
20) Escasez de contenido	CP-20
h) PRUEBAS	
21) Alteración de pruebas	CP-21
i) INCENDIO DE VEHÍCULOS	
22) Incendio en semi-remolque	CP-22
23) Incendio en automóvil	CP-23
j) DECLARACIONES DE TESTIGOS	
24) Fuego en un bar	CP-24

**EJEMPLOS PRÁCTICOS – SINIESTROS COMPLEJOS**

En algunos casos la investigación se complica, pudiendo requerir mucho tiempo, incluso meses, y apoyo multidisciplinario. Transcribimos a continuación, unas interesantes investigaciones sobre tres casos “complejos”.

# 1) Informe Técnico sobre análisis del incendio ocurrido en un Edificio elevado (efectuado por el Autor)

**Hora de comienzo del siniestro:** 11.50 horas. Epoca de invierno, día soleado, temperatura 10° C, humedad relativa 70%.

**Lugar:** 3er. Subsuelo

**Ocupación:** Sala Grupo electrógeno; Sala Tableros y controles y Medidores de gas. Estacionamiento.

## Sistemas y Equipos de Protección contra Incendios existentes:

- **Estacionamiento:** Sistema de rociadores automáticos de agua (sprinklers). No intervinieron en el siniestro. El fuego no llegó hasta ellos.
- **En todo el sector hay Extintores portátiles (matafuegos)** en mayor cantidad que las exigencias reglamentarias, bien distribuidos y señalizados, según Norma IRAM 10005 Parte II.
  - En su mayoría son de Anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>) y el resto, Polvo Químico ABC. La capacidad es correcta.
  - Según nuestras observaciones los equipos poseen adecuado control y mantenimiento a cargo de una conocida Empresa que posee el Sello IRAM.
  - Se utilizaron unos 30 matafuegos en intentar el primer control del siniestro.
- **Sala del Grupo Electrógeno:** cuenta con una instalación de alarma y detección.
  - Los detectores ubicados en el interior de la Sala son del tipo fotoeléctrico inteligente (de humo, activados por efecto Tyndall)
  - También hay un sistema de extinción automático que utiliza un agente extintor de acción física denominado INERGEN, compuesto de: 50% de Argón, 40% de Nitrógeno y 10% de CO<sub>2</sub>. Se verificó que la cantidad de agente extintor para la inundación total del sector, teniendo en cuenta las características del mismo, es correcta de acuerdo a las normativas existentes (NFPA).
  - Se cuenta con un disparador manual ubicado a la derecha del acceso al sector y otro sobre uno de los cilindros (existente).
  - El estado observado del disparador en el acceso no permite determinar si fue activado o bien desubicado durante las maniobras de extinción y control. Está la posibilidad que se encontrara en dicho estado desde antes del incendio.
  - **Sala de Tableros y Controles y Medidores de Gas:** Este sector no fue afectado por el incendio. Sólo se aprecian rastros del intenso humo desarrollado y del agua utilizada para la extinción del fuego.
  - Se aprecia que los cilindros de INERGEN correspondientes a la Sala de Control, cuentan con su respectiva carga presurizada correctamente.

- La instalación de alarma y detección fue chequeada luego del siniestro por una Empresa especializada que verificó la respuesta normal del sistema de INERGEN para la Sala de Control y Medidores de gas.
- De los dos cilindros de INERGEN correspondiente a G.E., uno se encontraba en la batería, el manómetro indica presión, pero no la correspondiente. El restante no hemos obtenido datos sobre si fue retirado para su recarga y/o control. Por lo tanto, no se encontraba en el lugar cuando ocurrió el siniestro.
- El cilindro existente posee disparador manual que no fue activado.

### **Actuación del Personal del Edificio:**

Tenemos conocimiento anterior con respecto a que el Personal del edificio recibe sistemática e intensa capacitación sobre el uso correcto de equipos portátiles y mangueras para la extinción de incendios.

El hecho de que una elevada cantidad de extintores fuera usada sin lograr éxito, debe atribuirse a que el fuego adquirió una potencia tal, que superó las posibilidades de los equipos de extinción existentes, aunque se hayan usado correctamente por personal entrenado.

El uso de la instalación de agua maniobrando lanzas con apertura en niebla, logró afortunadamente la extinción aunque hubo riesgos como:

- a. Contacto eléctrico accidental.
- b. La apertura de la puerta por el personal actuante significó una grave posibilidad de “flash-back” (retroceso de fuego), por cuanto el recinto se encontraba lleno de humo y con elevada temperatura interior, al extremo que quien efectuó la maniobra de apertura recibió quemaduras leves en las manos. Este fenómeno muy usual, también es llamado “contratiro”.

### **Reporte histórico de la Central de Incendio**

Citando textualmente un párrafo significativo del informe elaborado el mismo día del siniestro:

“A las 11.50 horas entra en alarma la Central de Incendio proveniente del Grupo Electrónico. La secuencia muestra después, que a las 11.52 horas, entra en conflicto la Central mostrando: puesta a tierra; respuesta inválida de los detectores y de los elementos de campo que comandan las sirenas de disparo.

Entre las 11.50 y las 11.52 horas se corta la comunicación de los elementos de campo con la Central, interrumpiendo la secuencia de la señal de disparo que tendría que haber enviado la Central hacia la batería de tubos.”

Esta declaración es importante porque establece tiempos ciertos. Puede interpretarse de la siguiente forma:

- Por una causa a determinar a las 11.50 horas, la Central recibe la señal emitida por la activación de los detectores de humo situados en el recinto del Grupo Electrónico, dando la alarma.
- A las 11:52 horas, se interrumpe la señal, lo cual es debido a la velocidad de la combustión. Esto se aprecia al observar fundidos los detectores en el recinto.

**Lugar / Causa de Inicio del Siniestro:** A principio fue difícil determinarlo con exactitud, partiendo de que el G.E. se encontraba detenido, pero luego, analizando los videos de

Seguridad CCTV que obtuvieron imágenes del lugar del siniestro en la fecha y horario de ocurrencia, se pudo comprobar que en el pasillo y frente al Sector del G.E. que corresponde a la Sala de Tableros y Controles, había dos personas (personal contratista del rubro Aire Acondicionado). Estaban efectuando tareas utilizando un equipo de amolado, entre las 11.37 horas y el momento de inicio del siniestro. Se puede considerar que la causa de ignición ocurre con la mencionada actividad.

- Se considera que habiendo combustible apropiado, las chispas de una amoladora poseen energía suficiente para iniciar una combustión.
- El fuego tuvo una rapidez de evolución incompatible con los materiales presentes normalmente en el recinto. En el lado derecho externo de la Sala G.E., se observan huellas de humo en una abertura que corresponde a combustible líquido.
- Un incendio de origen eléctrico hubiera tenido menor velocidad y las marcas serían distintas.
- Las características del sector agravaron el desarrollo del fuego debido a:
  - Reducido volumen. Techo muy bajo que concentró el intenso calor y el humo.
  - Prácticamente cerrado sin comunicación al exterior, salvo la puerta que se encontraba cerrada y aberturas rejilla de ventilación.
- El revestimiento acústico no es el apropiado, posee características de fácil combustibilidad y generación de humos tóxicos en gran cantidad.
- Las declaraciones de personas que intervinieron en el control, manifiestan irritación ocular y molestias respiratorias que indican la presencia de cianuro en el humo. Afortunadamente, el tiempo de exposición fue breve como para causar efectos significativos.
- Además, el revestimiento acústico posee una superficie rugosa para incrementar el efecto de atenuación del ruido. Esto motiva que una misma fuente de calor ha de producir mayores daños con respecto a la misma superficie lisa, debido a la turbulencia que producen los gases calientes en las superficies irregulares.
- Se tomaron dos muestras representativas de los productos de combustión que se intentará analizar en un laboratorio especializado.

Actualmente existen en el mercado Placas Ignífugas Fonoabsorbentes – Clase I – hechas de espuma ignífuga con terminación superficial en forma de cuñas anecoicas con alto poder absorbente (evita la reverberación de los sonidos) y condiciones ignífugas para casos de alto riesgo de fuego, como Salas de Calderas.

Se aclara que estos materiales son recientes y no existían al tiempo de construcción del Edificio.

**Temperatura desarrollada durante el siniestro:** De acuerdo a las informaciones recibidas de quienes participaron en el operativo de extinción, hubo coincidencia en asignar a las llamas el color amarillento hacia anaranjado, lo cual indica un fuego Clase A, que corresponde al revestimiento existente.

Hay que tener en cuenta que la violencia del fuego produce la licuación parcial del material. Esto corrobora la observación de los operadores: “vieron flotar algo negro sobre el agua utilizada para extinguir el fuego”.

Cuando realizamos nuestra inspección, aún estaban impregnadas las paredes con el líquido mencionado. No se apreció olor a gas-oil, tampoco se encontró evidencia al observar superficialmente las muestras recogidas del lugar.

- El color atribuido a las llamas permite afirmar que la temperatura debió haber oscilado entre 940° C y 1080° C.

- A su vez el color del humo fue negro lo cual corresponde a plásticos espumados, como es el caso que nos ocupa.
- La temperatura indicada es elevada pero hay que tener en cuenta que en algunos puntos del G.E. aparecieron placas delgadas de metal fundidas.
- La violencia de la combustión se aprecia por el estado en que quedó el recinto, en algunos puntos, p.ej., techo, prácticamente en el centro, resulta evidente una concentración de llamas.
- Las maniobras de extinción con niebla de agua también contribuyeron a borrar señales y marcas. Esto es común en todo siniestro.
- Además, todas las declaraciones coinciden en afirmar que no hubo explosiones de ningún tipo, ni fuertes ni débiles, tampoco olor a gas.

El depósito cúbico de gas-oil para el funcionamiento del G.E. está en buenas condiciones y cuenta con un reborde de mampostería de seguridad. Solo se apreció una leve pérdida por un accesorio (manguera), Debe tenerse en cuenta que un fuego de gas-oil ofrece un color de llama rojo y no. como en nuestro caso amarillo naranja, aún cuando el humo es negro como el observado.

#### **Actuación de la instalación fija automática de la Sala del Grupo de Emergencia:**

- El sistema de detección respondió en cuanto a la alarma hasta que a los 2 minutos la intensidad del fuego fundió los elementos interrumpiendo la señal.
- El disparo debió haberse producido en el acto aun cuando algunos instaladores establecen un pequeño retardo. De ser así constituye un error de instalación.
- Puede afirmarse con certeza que de haberse disparado la instalación totalmente el incendio se hubiera extinguido sin inconveniente.

#### **Motivos por el cual no se produjo la descarga del gas extintor:**

Porque la generación de la combustión no fue humo dentro del ambiente. Lo que se generó fue una gran llamarada lo cual determine que en menos de 2 minutos, la instalación donde estaban conectados y soportados los Detectores se fundiera literalmente. Esto produjo que la Central de Incendio al entrar en corto circuito se bloqueó y dejó de operar normalmente.

#### **PUNTOS DESTACABLES DEL INFORME.**

Colocados de manera aleatoria y no según su importancia:

- El sistema de alarma y detección de la Sala G.E. funcionó correctamente.
- Los sistemas de alarma y detección y extinción automática por INERGEN correspondientes a la Sala de Tableros, Control y Medidores de gas, fueron chequeados y se encuentran operativos.
- La intensidad y rapidez del fuego superó las posibilidades de los extintores portátiles. Además la ubicación del sector, la intensidad del fuego y, sobre todo, el intenso humo dificultaron la maniobra.
- Los equipos portátiles de extinción se encuentran bien controlados y mantenidos por la empresa a cargo de dicho servicio (posee Sello IRAM habilitante).
- Se estima que el decidido accionar y pronta respuesta del personal que intervino en el control del incendio impidió la propagación del siniestro evitando consecuencias de magnitud imprevisible. Asignamos esta clasificación basándonos en que el humo pudo,

de no ser controlado el siniestro con rapidez, impedir total o parcialmente el accionar de la brigada de incendio.

Como atenuante debe destacarse que el sistema de rociadores automáticos de agua (sprinklers) hubiera mantenido a resguardo el Estacionamiento pero solo dicho sector. Como agravante hay que tener en cuenta que la Sala de Tableros. Control y Medidores de gas se encuentra protegida con una adecuada instalación de extinción automática de INERGEN pero para incendios en el interior de la Sala pero no tendrá eficacia para un siniestro desde el exterior.

- Eventuales operaciones de soldadura a fallas de la instalación eléctrica no pudieron ser fuente de ignición de una rápida combustión como la ocurrida.
- La rapidez del fuego y su elevada temperatura no son compatibles con los materiales que se observaron en la Sala del G.E.
- Ni gas combustible o gas-oil han sido el combustible que desarrolló el siniestro.

Otra prueba fehaciente de la intensidad y rapidez de las llamas se observa en las evidentes señales de exfoliación que es similar a un "descascamiento", marcas blandas debajo del revestimiento carbonizado separado por la diferencia de dilatación a temperaturas elevadas. Sin embargo la exfoliación no significa una prueba de la existencia de un acelerante líquido.

Debe destacarse que el carbonizado de las superficies fue intenso pero de escasa duración.

El enfriado rápido de una masa de mampostería puede ocasionar la exfoliación, por ejemplo el agua utilizada para la extinción de incendios. Estimamos que este es nuestro caso.

También son prueba de la duración de un incendio las características de las marcas producidas por humo y el hollín. Cuando la limpieza de las mismas es sencilla y rápida la duración del fuego ha sido breve. Así ocurrió con la limpieza de la Sala de Tableros y Controles.

- Se nos informó que no hay antecedentes de anteriores siniestros en el sector.

## **RESUMEN DEL INFORME**

Se han tenido en cuenta la detenida observación del lugar y las imágenes captadas por las Cámaras de Seguridad CCTV, como hemos mencionado.

- Punto de origen: revestimiento acústico en el interior de la Sala del Grupo Electrónico.
- Fuente de calor: Desconocida (probablemente debida a las tareas que se estaban efectuando a poca distancia en la instalación de aire acondicionado, por ejemplo: chispas de amolado ó algún combustible líquido.
- Causa: No determinada
- Categoría: No determinada.

Este resumen podrá tener sustanciales modificaciones de obtenerse mayor información con la interrogación de las personas que efectuaban tareas como contratistas.

Las cámaras de seguridad CCTV tenían por objeto la observación del sector de estacionamiento para evitar robos, detectar colisiones de vehículos y otros incidentes.

Aunque están alejadas del lugar del incendio, permitieron la identificación de las personas involucradas, aunque no el detalle de las maniobras que realizaban.

## 2) Informe Técnico sobre Investigación de Siniestro en un Buque Motor

### Contenido:

- Características del B/M
- Incendios anteriores
- Personal declarante
- Cronología del siniestro
- Maniobras de extinción
- Observación de las consecuencias
- Sistema de extinción fijo a base de CO<sub>2</sub>
- Interpretación y conclusiones
- Biografía
- Anexo: Registros Gráficos.

### Características de la Nave

**Nombre:**

**Propiedad:**

**Uso:** Buque roll-on roll-off para transporte de contenedores en cabotaje sudamericano.

**Construido por:**

**Normas:** American Bureau of Shipping (ABS)

**Documentación:** en regla.

**Características:**

Eslora Total	127.60 m
Eslora entre perpendiculares	118.40 m
Manga moldeada	22.20 m
Puntal a cubierta superior	11.50 m
Puntal a cubierta principal	6.60 m
Calado máximo	6.00 m
Porte bruto	5.800 ton.
Desplazamiento máximo	11.500 T
Tonelaje de arqueo total	3.491 ton.
Tonelaje de arqueo neto	2.830 ton.
Capacidad de carga en cubierta superior	379 TEUS
Capacidad de carga en cubierta principal	79 TEUS
Capacidad de bodega garaje	41
Tripulantes	20 hombres
Velocidad	12.5 nudos
Apto para transporte de maquinarias agrícolas y equipos rodantes.	

El tipo de construcción es transversal, posee doble fondo de 2/3 de la eslora y tiene nueve (9) mamparos estancos transversales. Posee proa bulbo, hélice transversal en proa, rapa y ascenso en popa, casillaje a popa, cubierta corrida y dos grúas de 25 y 35 toneladas a 24 m.

Su propulsión está compuesta por un motor principal diesel lento sobrealimentado marca SULZER, perteneciente al modelo 8 ZL 40/48, número de serie 90539, de 5220 HP a 560 RPM, de ocho cilindros en línea, dos tiempos, simple efecto, reversible, con un turbo soplante marca BROWN BOVERI, modelo VTR 401-2P, con arranque automático.

Se encuentra acoplado a una caja reductora marca LOHMAN modelo GCH 850 con una relación 4.05:1 con cojinete de empuje y acoplamiento elástico marca PNEUMAFLEX modelo KAG 320, a eje intermediario de acero forjado de 309 mm y portahélice de 376 mm, que acciona una hélice de cinco palas fijas de bronce manganeso de 4.400 mm de diámetro y 3.540 mm de paso.

El resto de maquinaria auxiliar responde a las especificaciones técnicas y al plano de arreglo general oportunamente aprobados por el Registro Clasificador ABS y la Prefectura Naval Argentina.

### **Características principales de bodega y cubierta de carga:**

Altura de bodega y entrepuente	4.40 m
Volumen de bodega	4.592 m <sup>3</sup>
Volumen de entrepuente	7.754 m <sup>3</sup>
Superficie bodega	4.065 m <sup>2</sup>
Superficie entrepuente	1.774 m <sup>2</sup>
Medidas tapa escotilla	11.10 x 4.70 m
Medidas tapa utilizables	10.50 x 3.90 m
Altura utilizable a bodega	2.08 m
Angulo pendiente rampa	37°
Ascenso	46.10 m x 6.70 m

### **Incendios anteriores**

2003 – Principio de incendio en un camarote de marinero, sin consecuencias.

09-07-2007 – Sala de máquinas, similar al que estamos considerando. Las reparaciones necesarias debidas a este siniestro fueron complementadas en su totalidad y aprobadas por la Autoridad Marítima y Registro Clasificador.

### **Personal declarante**

Se han tenido en cuenta las declaraciones del Capitán del B/M, del jefe de Máquinas y del 2do. Oficial de Máquinas.

### **Cronología del Siniestro**

Siniestro: día y hora que comenzó

Situación geográfica: Navegando en aguas de Brasil.

Cantidad de Tripulantes embarcados: 20 hombres

Condiciones mar/viento: mar fuerza 3 /viento 3, recibido por la banda de Babor (Bb).

Maniobras de extinción: (según declaraciones)

Hasta el momento del siniestro, todo el viaje transcurrió normalmente, incluyendo el funcionamiento de las máquinas.

Antes de zarpar de Río de Janeiro, se realizaron reparaciones en el motor principal y auxiliares, trabajos de calderería y limpieza del pique de popa.

Se citan textualmente las declaraciones del Capitán del barco:

“Cerca de las 15:10 horas, del día ....., me llama por teléfono el Oficial de Guardia del puente, informando que deberían bajar rotaciones del motor principal, concurriendo en ese momento al puente.

Estando en el punte, llama el Jefe de Máquinas, informando que tenía problemas de alta temperatura en el sistema de fluido térmico y baja presión en la bomba del mismo y que iba a parar máquinas. Inmediatamente llama el Jefe de Maquinas nuevamente, informando que había un principio de incendio en el sistema de fluido térmico, en lo que es el cuarto de calderas.

En ese momento acciono la alarma general de incendio, produciéndose en ese instante un "black-out" y tomando conocimiento a través del primer Oficial de cubierta que el personal de máquinas había hecho abandono de la misma. Todo esto sucedió en un lapso de cinco minutos.

Verificando que ningún tripulante se encontraba en la sala de máquinas, doy la orden de disparo de CO2 a máquinas, previo cierre de combustible y ventilaciones, enviando DISTRESS a través de equipos Inmarsat, BLU, VHF y por el mismo equipo a través de mensajes MAYDAY, el cual es contestado por el buque..... de bandera de Islas Caimán, el cual me informa que se aproxima a la zona.

Acto seguido procedo a bajar a cubierta principal utilizando las escaleras exteriores del lado de Bb, estando ya la cubierta principal con muy alta temperatura, pues el calor me quemaba los pies y transportando la EPIR dado que previamente se le ordenó al Timonel que bajara a cubierta principal, llevando ambos equipos SART y chalecos salvavidas.

A los minutos de llegar a cubierta observo que se prende fuego el bote de la banda de Bb, con fuego muy intenso en toda la zona y no teniendo posibilidad y elementos para controlar ese fuego, en ese momento decido el abandono efectivo del buque, arrojando al agua la balsa salvavidas de Proa de 6 personas, la balsa salvavidas banda de Estribor con capacidad para 16 personas, las cuales quedan amarradas al costado del buque, decidiendo arriar el bote de Estribor, embarcado en el mismo, 14 tripulantes y permaneciendo a bordo para el arriado final, el Contramaestre y yo (el Capitán).”

Se citan textuales declaraciones del Jefe de Máquinas:

“Se navega en liviano a un 30% aproximadamente del nominal de carga desde la zarpada de Río de Janeiro, hasta 24 horas más tarde de la zarpada que se pasa a pesado, llegándose a un 50% del nominal de carga.

El día ..... en mi guardia de 0800 /1200 hs, entrego la guardia sin novedad al 2do. Oficial de Máquinas.

A las 1500 hs recibo el llamado del 2do Oficial, informándome alta temperatura en fluido térmico y baja presión del circuito de circulación del mismo, solicitando autorización para pasar de pesado a liviano, indicándole que proceda con la maniobra y que baje máquinas.

A las 1520 hs, bajo a la máquina, bajando más revoluciones, trasladándome al sector calderas y verifico y autorizo que se efectúen maniobras alternativas para utilizar el sistema de circulación de termo pack (caldera auxiliar) iniciadas por el Oficial de guardia.

A 1524 hs solicito al Capitán autorización para dejar el motor principal regulando. Me dirijo de nuevo al sector calderas y a las 1525 hs veo un gran fuego desde plataforma de auxiliares,

en lo que sería la base del economizador y se procede a armar líneas de lucha contra incendio y al mismo tiempo, informo al Capitán del incendio. Minutos más tarde el sofocón produce "black out" y no entra en funcionamiento el generador de emergencia (estando temporizado a 20 segundos), encontrándose en servicio los generadores 1 y 3.

En ese momento ante la gran cantidad de humo y el intenso fuego y priorizando la seguridad, el personal de máquinas y dadas las pocas posibilidades de reponer alguno de los generadores para combatir el fuego, ordeno el abandono de la sala de máquinas.”

Se destacan además, las siguientes afirmaciones:

- El economizador funcionaba normalmente.
- El estado de la caldera de fluido térmico era normal pero no estaba en servicio.
- La grampa del economizador estaba en contacto con la atmósfera, bypaseando los gases de escape.
- El funcionamiento del sistema de cierres de ventilación era correcto y se probaban periódicamente.
- Hubo fallas en el instrumental de medición de temperaturas en el circuito de circulación de fluido térmico.

## **Maniobras de extinción**

Luego de accionarse la alarma general, las cuadrillas se juntan en el punto de reunión de cubierta principal, pero ante la rapidez del fuego y el "black out" producido, no se pudo hacer nada. Debido a las reparaciones en el motor principal, el buque iba a la velocidad de ablande, quedando al garete sin gobierno.

Ante el avance del fuego en popa banda babor y altura bote salvavidas misma banda, el cual se había prendido fuego y no teniendo medios para combatir eficazmente el incendio de tal magnitud y ante el riesgo que podría correr la vida de la tripulación, se imparte la orden de abandonar la nave previo fondeo de la misma con el ancla de Estribor, 8 grilletes al agua, siendo la tripulación rescatada por el barco de auxilio.

Se estima que el sistema de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) se encontraba en condiciones operativas.

En el mes de febrero se había efectuado el control de peso de los cilindros de CO<sub>2</sub>. El Capitán declaró que previo al siniestro, los cierres de ventilación funcionaban correctamente.

## **Observaciones de las consecuencias (no se incluye material fotográfico)**

Las marcas y señales externas (fotos 1 y 2) corresponden a la generalización del proceso ígneo, producido por la ventilación que ocasionó el fuerte viento por Bb, llegando a alcanzar, en el nivel de timonera, una temperatura de 1200° C aproximadamente.

En el sector propio de inicio del incendio se observó que el mismo se desarrolló por el fluido térmico, escapando por fallas de la junta en la válvula de entrada al intercambiador y suciedad habitual propia del sector, no observando, en la minuciosa inspección realizada, ninguna marca o señal anómala, salvo aquellas producidas por las llamas y el humo del siniestro.

En las fotos 3, 4 y 5 se aprecia en detalle la mencionada válvula cuya falla consideramos origen del siniestro. En el intervalo de tiempo entre la obtención de las fotos 3 y 4, se observa que se efectuó un giro del volante de la válvula siniestrada.

El color rojo oscuro de las llamas, observadas por quienes intervinieron en el incendio, corresponde a líquidos inflamables, combustibles y subproductos de hidrocarburos. El humo color negro tiene la misma interpretación, o sea, que es coincidente.

La temperatura del siniestro en función del color de las llamas pueden estimarse entre 740 y 900° C, pero se observa en las fotos 3 y 4, que el volante de la válvula fallada está parcialmente fundido, lo cual corresponde, para fundición gris, a una temperatura entre 1.350 y 1.400° C. esto se atribuye al “efecto soplete” del combustible escapando a presión por la falla.

### **Sistema de extinción fijo a base de anhídrido carbónico (CO2)**

La instalación de CO2 fue disparada por orden del Capitán. Cabe aceptar que su funcionamiento fue normal dado que protegió eficazmente una gran parte de la sala de máquinas. Como los gases de combustión, humo, hollín, encontraron camino fácil a través del recinto donde se encuentran los cilindros de CO2, éstos quedaron en un estado que hace imposible comprobar el funcionamiento de los mismos.

En cuanto al disparo de CO2 y la no extinción del fuego debe mencionarse que el CO2 actúa por disminución del porcentaje habitual de oxígeno hasta un valor donde la combustión no es posible (21% O2 a 9% O2).

La irrupción del fuego en el recinto de cilindros de CO2 indica que la estanqueidad del local de la batería de CO2 no era correcta. Por lo tanto, no se llegó al valor de concentración necesario para extinguir el fuego –foto 6.

### **Interpretación y conclusiones**

Puede resumirse en lo siguiente:

1. Punto de origen: válvula del calentador del fluido térmico.
2. Fuente de calor: fluido térmico en combustión.
3. Causa: falla del material de la junta de la válvula.
4. Categoría del incendio: accidental, ó sea que la causa no indica un acto humano deliberado de iniciar un incendio.

El nivel de confianza lo definimos como concluyente, dado que la hipótesis desarrollada ha sido contrastada y luego de haber soportado las pruebas obtenidas, se eliminan todas las demás alternativas, incluso las razonables.

Finalmente, cabe mencionar que el estado de conservación del buque debe considerarse correcto, según lo apreciado en las recorridas efectuadas sobre los sectores no afectados por el siniestro.

### **Bibliografía**

Manual de Protección contra Incendios – NFPA – MAPFRE – Sección 8, Capítulo 37.  
Normas NFPA 302, 303, 306, 307, 312, 1405.

### **Comentarios sobre esta Investigación**

Es interesante destacar los siguientes aspectos:

- Las investigaciones en ambientes específicos como en este caso, un navío carguero, requieren conocimientos especiales referidos al medio náutico. Al

transcribir las declaraciones y en la investigación propiamente dicha, se han mantenido términos y abreviaturas de uso habitual.

- Lo anterior justifica que se cuente, cuando sea necesario, con un colaborador que posea amplios conocimientos sobre la temática, incluso para los interrogatorios.
- Los Investigadores recién pudieron efectuar las inspecciones una vez que – después de varios días- el buque llegó a puerto.
- Sin embargo, el personal del B/M y luego las Autoridades, mantuvieron aislada la escena del siniestro, en todo lo posible. Ello facilitó notablemente las inspecciones realizadas.
- Las tareas en navegación, por su índole, implican como rutina, un registro detallado de las mismas, con incumbencias y responsabilidades perfectamente definidas, lo cual facilitó la determinación del origen, fuente de calor y causa del incendio.
- El Autor ha tenido intervención directa en esta investigación.

### 3) Investigación de la NFPA de una Explosión de un Tanque de GLP (Propano)

Adaptación de Artículo publicado por TED LEMOFF. Especialista de NFPA

#### Datos Básicos

El 9 de Abril de 1988, siendo las 11.28 PM aproximadamente, exploto un tanque de 68.000 litros) de GLP (Propano) en la Granja HERRIG BROTHERS FEATHER CREEK en Albert City, Estados Unidos, en el condado Buena Vista en Iowa.

La explosión dio muerte a 2 Bomberos Voluntarios y lesionó a otras 7 personas del Servicio de respuesta ante Emergencias. Varios edificios también fueron dañados por la explosión.

Esto sucedía poco después de media hora en que un vehículo todo terreno, conducido por un menor sin la autorización de su propietario, averiara 2 tuberías de propano, sobre el nivel del suelo y el fuego resultante, envolvió el tanque.

La explosión que tuvo lugar en la granja es la de tipo BLEVE (Explosión por la Expansión de Vapores de Líquidos en Ebullición). Fragmentos del tanque arrojados por esta explosión, fueron los que mataron a 2 Bomberos Voluntarios.

La granja ubicada en 4.000 m<sup>2</sup> de terreno en la zona rural de Iowa albergaba alrededor de 50.000 pavos distribuidos en 7 corrales.

Sus 2 copropietarios y 2 empleados de medio tiempo, se ocupaban del manejo de la granja. Antes del incidente, el vehículo todo terreno, era utilizado únicamente con fines comerciales.

La zona de Albert City donde estaba ubicada la granja, puede ser extremadamente fría durante los meses de invierno, con una temperatura promedio durante el día, en el Mes de Enero, de  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Los calentadores ambientales y los hornos suministraban calor a los corrales de pavos. El combustible para estos calentadores y hornos, era provisto por un sistema de manipulación y almacenamiento que incluía un tanque con capacidad de 68.000 litros de Propano.

Este tanque, que fue fabricado en 1964, fue instalado en la granja en 1988. Cuando el sistema fue instalado, la Ley de Iowa disponía que la instalación debía estar regulada por lo establecido en la edición 1979 del Código NFPA 58 "Manipulación y Almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo". Al momento del incidente el tanque contenía aproximadamente 37.850 litros de Propano.

El plano del terreno muestra los Edificios y Estructuras principales de la granja.

#### Componentes y trazado del Sistema

El tanque de Propano de acero al carbono, medía alrededor de 13 metros por 2,70 metros de diámetro. Estaba colocado, aproximadamente a 24 metros al norte del eje de una de las calles.

El tanque estaba apoyado sobre 2 soportes de hormigón, con la parte inferior del mismo ubicada alrededor de 1,2 metros sobre el nivel del suelo.



- Plano del Terreno de ubicación de la Granja (no a Escala) en Albert City - IOWA

#### Referencias:

1. Corrales de Pavos (desde 1a a 1g)
2. Galpón de Maquinas
3. Oficina
4. Taller
5. Depósito para acopio de alimentos
6. Tanque de GLP de aprox. 68.000 litros de Propano
7. Vaporizadores a fuego directo
8. Punto de transferencia del camión de abastecimiento de combustible

Las tuberías sobre el nivel del piso se extendían en 2 direcciones:

1- Las líneas de vapor y líquido paralelas utilizadas para suministrar el Propano, se extendían hacia el Oeste alrededor de 40 metros. Estas líneas terminaban en el punto de transferencia del camión de abastecimiento de combustible. Estas líneas no fueron afectadas en este incidente.

2- Las líneas paralelas de vapor y líquido también se extendían al Norte, desde el tanque, hasta aproximadamente 11 metros, hacia 2 vaporizadores a fuego directo. La línea de líquido estaba ubicada al Este de la línea de vapor. El equipo todo terreno, embistió a estas dos.

Ni el tanque, ni las tuberías ubicadas sobre el nivel del suelo, estaban protegidas contra impactos por una valla o alguna otra barrera destinada a prevenir daños por parte de vehículos.

No existían indicadores que advirtieran a los vehículos que se mantuvieran alejados del área inmediatamente adyacente al tanque.

Los vaporizadores a fuego directo eran componentes del sistema que utilizaban calor para transformar el Propano líquido del tanque en gas, que era conducido por las cañerías hacia los calentadores ambientales y los hornos.

El primer componente en la línea líquida conducía al vaporizador, era una válvula de exceso de flujo de 3". Esta válvula estaba roscada a una cañería de empalme de 3" soldada a la estructura inferior del tanque. Esta válvula de exceso de flujo estaba conectada a una válvula interruptora manual por una cañería de 2" de diámetro

Dos cojinetes (adaptadores diseñados para permitir la unión de cañerías de diámetro diferentes) conectaban la válvula interruptora a una cañería de acero al carbono Schedule 80 de 3/4" (conducto de salida) que se extendía hacia el soporte de hormigón que sostiene el tanque y luego salía hacia abajo.

La cañería de salida luego salía hacia el Norte, extendiéndose hacia los vaporizadores sobre una serie de soportes de acero colocados simétricamente.

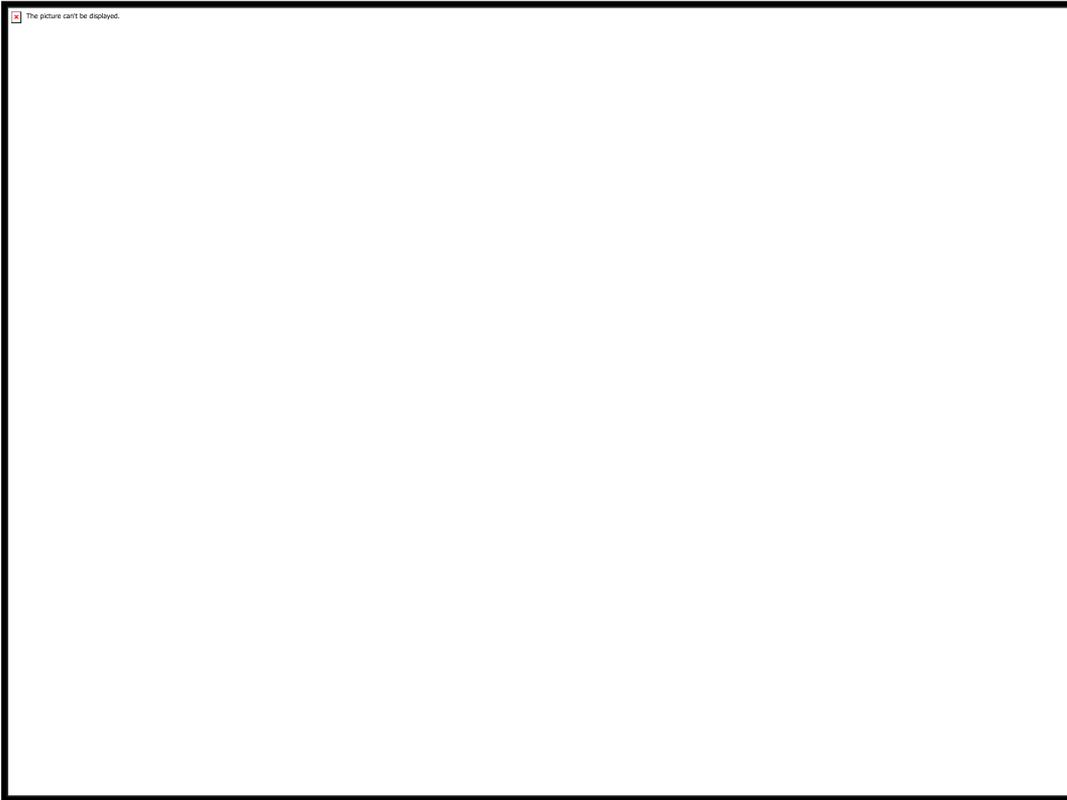
Estos soportes colocaban el conducto de salida a alrededor de 0.90 metros sobre el nivel del suelo en su curso total de 11 metros desde el tanque a los vaporizadores.

La línea de vapor afectada en este incidente salía del tanque de manera vertical desde una válvula de exceso de flujo de 2" en la boca de inspección situada sobre la parte superior del tanque.

Una pequeña sección de la cañería conectaba esta válvula de exceso de flujo con una válvula de salida. La línea de vapor entonces se extendía en dirección norte hasta más allá del lateral del tanque y luego se extendía hacia abajo hasta la misma elevación de la línea de líquido.

Desde este punto, la línea de vapor se extendía paralela a la línea del líquido sobre la misma serie de soportes de acero hasta que ambas líneas llegaban a los vaporizadores.

La tubería desde los vaporizadores hacia los distintos edificios fue colocada bajo tierra.



#### Referencias:

1. Tanque de aprox. 68.000 litros de Propano. (presión nominal: 250 psi)
2. Tubería y válvula de alivio de presión de 250 psi (3 de cada una). Aproximadamente 17,5 Kg/m<sup>2</sup>
3. Boca de Inspección
4. Ver Nota 4
5. Válvula de exceso de flujo de 2"
6. Válvula de exceso de flujo de 2"
7. Herrajes para conectar a las mangueras de abastecimiento de combustible desde el camión
8. Válvula de exceso de flujo de 3"
9. Válvula de exceso de flujo de 3"
10. Soporte de tubería de acero estructural y hormigón en el punto de transferencia del camión de abastecimiento de combustible
11. Nivel del suelo
12. A 19 A 20
13. Aprox. 1 metro
14. Nivel del suelo
15. Cimientos de soporte de hormigón
16. Ubicación de la abertura de la tubería que permitía que el Propano líquido fluyera desde el tanque
17. Vaporizador a fuego directo sobre cimiento de hormigón (2 de cada uno)
18. Nivel del suelo
19. Tubería subterránea hacia corrales de pavos

#### Operación del Sistema

Durante las operaciones normales, el propano líquido era extraído del tanque por medio de una válvula de exceso de flujo de 3", pasando la cañería de salida de 3/4" hacia los vaporizadores.

Estos vaporizadores calentaban el propano líquido para convertirlo en gas. Después de pasar por el regulador de presión, el gas Propano era conducido por las cañerías subterráneas hacia los diferentes calentadores ambientales y hornos ubicados en los edificios de la granja.

En los días de baja temperatura se necesitaban tanto como 3.785 litros de Propano para calefaccionar los edificios y estructuras de la granja.

Las entregas del camión de abastecimiento de combustible tenían una frecuencia semanal durante los meses de invierno.

### **Descripción del Incidente - Hechos previos al incidente**

En la noche del incidente, ocho adolescentes, estudiantes de secundaria (incluyendo al hijo de uno de los copropietarios) se reunieron en la granja para una fiesta.

De acuerdo a uno de los copropietarios de la granja, los jóvenes habían asistido a reuniones sociales similares en la granja en otras fechas, pero sin el conocimiento ni el consentimiento de los propietarios. Ningún propietario vivía en la granja.

Aproximadamente a las 11:00 pm, uno de los jóvenes comenzó a conducir un vehículo todo terreno alrededor de la granja con un pasajero.

El vehículo todo terreno fue conducido hacia el este entre el tanque de Propano y el corral de los pavos cuando enviste las dos cañerías de Propano, que se encontraban sobre el nivel del suelo (las líneas de líquido y de vapor), y que se extendían entre el tanque de Propano hacia los vaporizadores a fuego directo a aproximadamente 11 metros hacia el norte del tanque. El vehículo todo terreno averió ambas líneas de líquido y de vapor.

La línea de líquido (que tenía un diámetro interno de 3/4 pulgadas fue separada en su totalidad del tanque en el sector donde estaba conectada a una válvula interruptora manual directamente debajo del tanque.

Una válvula de exceso de flujo que protege la línea de líquido no funcionó correctamente, y el Propano se derramó fuera del tanque en el punto de la rotura.

Como el Propano líquido se esparció fuera del tanque, rápidamente se transformó en vapor. El Propano debe haberse derramado también de la línea de vapor averiada.

El Propano de las cañerías dañadas forma una nube, y al cabo de unos pocos minutos este vapor de Propano se inflamó.

Aunque la fuente de ignición no estaba finalmente estabilizada, la fuente probable fueron los vaporizadores a fuego directo. El fuego, alimentado por la línea líquida averiada, comienza a arder vigorosamente debajo del tanque.

Dos de los adolescentes se dirigieron a la casa de un vecino, que se encontraba aproximadamente a 1/2 milla de la granja, para informar lo que había pasado.

### **Respuesta a la Emergencia**

Veinte miembros del departamento de Bomberos Voluntarios de Albert City y dos subjeses del condado de Buena Vista fueron los primeros en llegar a la granja.

Al llegar, siendo las 11:21 pm, los bomberos observaron llamas que se originaban en las dos ubicaciones primarias: desde abajo del tanque para el lado oeste y desde la válvula de alivio de presión ubicada en la parte superior del tanque.

Un bombero informó “que el sector oeste del tanque (cerca de la línea de líquido averiada) fue envuelto en llamas” (agregado con énfasis).

Otro declaró que “el tanque de Propano estaba envuelto en llamas por completo y que éstas se elevaban de 68 a 91 metros en el aire”.

Debido al fuego los Bomberos no intentaron alcanzar la válvula interruptora manual sobre la cañería averiada.

De este modo, los Bomberos no podían detener la liberación de Propano y el fuego continuó ardiendo fuera de control.

Los Bomberos declararon que el ruido de las válvulas de alivio “era como estar parado cerca de un avión con propulsión a chorro con sus turbinas a máxima potencia”.

El Jefe de Bomberos de Albert City le dijo a uno de los Subjefes del condado de Buena Vista que el plan era dejar que el fuego se extinguiera solo y al mismo tiempo llevar agua debajo de los edificios adyacentes.

Dos Bomberos equipados con mangueras se ubicaron en diferentes lugares cerca del edificio ubicado a aproximadamente 90 pies (27 metros). Los bomberos no intentaron rociar el tanque con agua.

En lugar de ello planearon rociar agua del camión de bomberos hacia los edificios circundantes, esperando así evitar que los edificios se incendiaran.

Debido a que no había fuente de agua para los bomberos, uno de los camiones fue enviado para obtener más agua.

El tanque explotó a las 11:28 pm aproximadamente.

Uno de los subjefes del condado de Buena Vista que respondieron a la emergencia declaró que vio como el tanque se expandió antes de la explosión, e inmediatamente después de haber observado la explosión del tanque, escuchó otra explosión fuerte.

El tanque y las tuberías conectadas a él estallaron en al menos 36 pedazos.

Una de las piezas más grandes fue despedida en dirección noroeste, golpeando y matando a dos bomberos voluntarios que se encontraban a 33 metros del lateral noroeste del tanque. La pieza del tanque que golpea a dos de los bomberos le pasó cerca al jefe de incendios.

Otra pieza grande del tanque fue expulsada en dirección norte, pasándole cerca de otros dos bomberos. Siete de los empleados del servicio de respuesta a emergencias sufrieron heridas como resultado de la explosión. Estos iban desde raspaduras y magullones hasta quemaduras graves.

Esta explosión fácilmente podría haber causado la muerte de una cantidad mayor de bomberos.

### **Hechos que llevaron a la BLEVE en la granja**

Una vez que el propano derramado se incendió, el fuego, alimentado por la línea de líquido averiada, envolvió al tanque. Como el fuego ardía, las llamas recalentaron las paredes del tanque.

Por debajo del nivel de líquido, el calor se transfiere al líquido. Por encima del nivel del líquido, el acero se recalienta haciendo que se ablande. Después de aproximadamente 10 minutos de iniciado el fuego, la presión aumentó causando que las válvulas de alivio se abrieran para liberar el exceso de presión del tanque.

Alrededor de 18 minutos después, cuando la pared del tanque recalentado perdió la fuerza suficiente y no pudo resistir más las fuerzas inducidas por la presión, comenzó la fractura.

Debido a que no había propano líquido cerca de la parte superior del tanque para absorber el calor, la falla se originó más probablemente en un punto sobre el nivel del líquido donde la pared del tanque tenía mayor temperatura.

Inmediatamente después de la fractura inicial en la pared del tanque, en pocos momentos sucedieron los siguientes eventos.

El propano que quedó dentro del tanque empezó a escaparse hacia la atmósfera circundante, donde se vaporizó casi instantáneamente.

Como los líquidos y los vapores escaparon, la pared del tanque continuó rompiéndose, permitiendo que aún más propano se escapara.

El propano se incendió y se produjo la explosión. Los fragmentos del tanque fueron expulsados en todas direcciones.

## DISPERSIÓN DE LOS FRAGMENTOS DEL TANQUE Y DAÑO A LA PROPIEDAD

### **Dispersión de los fragmentos del tanque**

La BLEVE dispersó los fragmentos del tanque en todas direcciones. Cuatro piezas grandes causaron la mayor parte de la destrucción. Una de las piezas más grandes del tanque (de aproximadamente 8 metros de largo por 3 metros de diámetro) fue expulsada hacia el este, a través del final de la pared de unos de los corrales de pavos y cayó dentro del corral.

Esta pieza, que representa casi la mitad del tanque, ocasionó la destrucción del lado oeste del corral de pavos. Un segundo fragmento de grandes dimensiones voló hacia el norte, causando la destrucción de otro corral de pavos.

Otras dos piezas de gran tamaño votaron en dirección noroeste y cayeron entre un taller y et depósito de acopio de alimento.

Las fragmentaciones en pocos pero grandes trozos, son una de las principales evidencias que se trata de una BLEVE.

Una de estas piezas es la que probablemente causó la destrucción del taller de dos pisos. Piezas más pequeñas del tanque volaron en varias direcciones.

Algunas de estas piezas fueron descubiertas en los campos sembrados que rodean la propiedad.

### **Daño a la Propiedad**

La explosión cause daños a los edificios de la granja por aproximadamente U\$D 240.000.

## ANÁLISIS DEL INCIDENTE

### **Deficiencias en la instalación y diseño**

El sistema de manipulación y almacenamiento de propano fue instalado en la granja en el año 1998.

Cuando el sistema de tanque fue instalado, la ley en Iowa disponía que dicha instalación debía estar regulada por lo establecido en la edición 1979 de la norma 58 de la NFPA manipulación y almacenamiento de gas licuado de petróleo.

Como se trata más abajo, el sistema de propano instalado en la granja no cumplía con la NFPA 58 en dos aspectos importantes que contribuyeron a que se produjera el incidente: las tuberías sobre el nivel del suelo no estaban protegidas contra potenciales daños de vehículos, y la tubería de salida del propano líquido que se extendía hacia abajo desde una válvula de sobre flujo, tenía un diámetro demasiado angosto.

### **Falta de Protección contra daños Vehiculares**

El artículo 3120 ( c ) de la edición 1979 del NFPA 58 establecía: " Donde existe la posibilidad que vehículos produzcan daños materiales en contenedores de gas LP (Gas licuado de petróleo), o sistemas de los que ellos forman parte, se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar esos daños". (Artículo 3.2.4.2, NFPA 58-2001).

Además el artículo 3165 establecía que "[a] las tuberías sobre el nivel del suelo deberán estar bien sostenidas y protegidas contra daños materiales. (Artículo 3.2.15.7, NFPA 58-2001).

El área donde estaba colocado el tanque y sus tuberías sobre el nivel del suelo estaban rodeadas en su sector sur por una calle pública sobre el este y el oeste por caminos de grava. Durante los meses de riguroso invierno las entregas del camión de abastecimiento de combustible tenían una frecuencia semanal. Además, había un vehículo todo terreno (VTT) guardado en la granja.

A pesar de la exposición continua del tanque y sus tuberías sobre el nivel del suelo a daños potenciales de vehículos, ni el tanque de propano, ni sus tuberías estaban protegidas por una valla o alguna otra barrera física destinada a prevenir tales daños.

La falta de protección a las tuberías para el sistema de propano en la granja permitió que el VTT chocara contra las tuberías que corrían desde el tanque a sus vaporizadores, rompiéndolos y liberando el propano que se prendió fuego.

### **Tamaño inadecuado de las tuberías de salida desde la válvula de sobre flujo FV3**

La línea de líquido que corría del tanque a los vaporizadores estaba equipada con una válvula de sobre flujo que fue diseñada para que se cerrara automáticamente cuando el flujo que circula a través de la válvula excediera un índice predeterminado- índice de cierre.

Esta válvula en particular tenía un índice de cierre de aproximadamente 360 por minuto. En el caso de rotura completa en la tubería de salida hacia abajo desde la válvula de sobre flujo, la válvula debería haber cerrado y reducido en gran medida el flujo de propano de la tubería averiada.

Sin embargo, cuando el VTT partió la línea de líquido, hubo una falla en el cierre de la válvula de sobre flujo debido a que la capacidad de flujo del sistema de tubería de salida de  $\frac{3}{4}$  era menor que el índice de cierre de la válvula de sobre flujo.

Esto ha sido reconocido por el Comité de Gas LP de la NFPA, y la edición 2001 fue revisada para requerir la capacidad de cerrar a distancia todas las válvulas de contenedores de propano por encima de una medida mínima.

Esto también se aplicó a todas las instalaciones existentes, con 10 años para renovar dichas instalaciones.

### **RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN DEL SINIESTRO SEGÚN LA METODOLOGÍA QUE HEMOS ADOPTADO.**

Punto de origen:

Incendio: cañería sobre nivel

Explosión: tanque GLP (propano) tipo BLEVE

Fuente de calor: escape de gas por rotura accidental de cañerías.

Causa: Calentamiento del tanque de GLP (propano)

Categoría: Accidental, más conducta imprudente no intencional.

**Comentario:** La presente investigación es una muestra evidente de la meticulosidad de las observaciones que se realizan según criterios de la NFPA, sobre todo cuando se trata de un accidente mayor con pérdida de vidas y de bienes.

Resulta manifiesto la intervención de un equipo multidisciplinario en la elaboración del Informe.

## ANEXO B

### EL COLOR DE LAS LLAMAS Y LOS HUMOS SU IMPORTANCIA EN LA INVESTIGACIÓN DE INCENDIOS

Los bomberos y/o los Investigadores de Incendios deben observar las características del siniestro al llegar al lugar del mismo y durante el despliegue de las operaciones evaluando las condiciones existentes.

Además, a medida que la situación avanza, la secuencia de acontecimientos debe recordarse. Por ejemplo, existe una gran diferencia entre:

5. Una llama lenta que asome por una ventana de un tercer piso, que de manera repentina se extienda a varias más del mismo piso.
6. Intensas llamas asomando por varias ventanas en un piso superior seguido de un lento retroceso apartándose de ellas.

En el primer caso, el cambio repentino se debe a la existencia de un combustible con características de líquido inflamable. En el segundo caso, el cambio indica la transición de la segunda a la tercera fase de la combustión.

Las observaciones realizadas desde el exterior del edificio, se agrupan en dos categorías:

1. Características de las llamas y humo visibles.
2. Características del edificio siniestrado.

#### LLAMAS

Distinguir, con la mayor precisión posible, cada punto en que las llamas sean visibles. Observar si están confinadas en el interior o salen al exterior por las ventanas, tejado o portales. Verificar qué partes del edificio se encuentran afectadas por el fuego y la posición de la zona más castigada.

Si las llamas son visibles en distintos puntos dentro del edificio, determinar si se encuentran relacionadas entre sí. Por ejemplo, las zonas envueltas en llamas puede que estén situadas una encima de otras en el mismo lateral del edificio, también pueden encontrarse en el mismo nivel y en zonas opuestas.

Zonas en llamas ampliamente separadas, pueden o no indicar la intencionalidad; sin embargo, esta información inicial resulta más importante para el posterior examen del Investigador del interior del edificio y su determinación del foco o focos de origen.

#### Color de las llamas

Los colores de las llamas visibles proporcionan indicios de la naturaleza de los materiales implicados y de la intensidad del fuego.

Los colores no son exclusivos, es decir, al arder varias sustancias pueden producir el mismo color de llama. Sin embargo, al utilizar estos conocimientos con factores tales como contenidos usuales de edificios, señales del fuego y tipos de residuos o escombros, puede llegar a determinarse qué materiales se queman.

La siguiente tabla puede ser tomada como referencia:

### Color de las llamas y su significado

<i>Color</i>	<i>Significado</i>
<i>Amarillo</i>	Combustible ordinario. Materiales clase "A", tales como ropa, madera, papel.
<i>Naranja</i>	Combustibles ordinarios en los estados finales de la combustión
<i>Rojo</i>	Líquidos inflamables, líquidos combustibles y subproductos de los hidrocarburos.
<i>Blanco</i>	Metales, tales como magnesio, aluminio y otros.
<i>Verde</i>	Cobre y nitratos
<i>Azul</i>	Alcohol y gas natural con una mezcla apropiada de aire.

Asimismo, la temperatura de un incendio es indicada, aproximadamente, por el color y la brillantez de la misma.

### Color de llama según Temperatura

<i>Color de la llama</i>	<i>Temperatura</i>	
Rojo tenue	900 °F	480 °C
Rojo (visible a la luz del día)	975	525
Rojo sangre	1050	565
Rojo cereza oscuro	1175	635
Rojo cereza intermedio	1250	675
Rojo cereza	1365	740
Rojo brillante	1550	845
Rojo salmón	1650	900
Naranja	1725	940
Limón	1825	995
Amarillo claro	1975	1080
Blanco	2200	1205
Azul – blanco	2550	1400

Se aprecia como cambia el color de las llamas, a medida que aumenta la generación de calor y la intensidad del fuego. El color sufre una transición de rojo tenue (llamas más frías) a naranja y amarillo y, finalmente, a blanco en el punto más caliente.

Realmente esta transición es más de brillantez que de color como en la anterior Tabla. Cuanto más fulgurantes y blancas sean las llamas, más temperatura e intensidad posee el fuego.

Con un poco de experiencia, los bomberos y Especialistas pueden distinguir con facilidad el color y brillantez de las llamas, debidos al material e intensidad respectivamente.

Observar color y fulgor de las llamas en cada punto donde sean visibles. En particular, verificar la presencia de llamas rojas (existencia de hidrocarburos) en zonas por debajo del tejado. Adviértase también, la presencia de colores inusuales distintos al naranja y amarillo producidos por combustibles ordinarios.

Junto con la brillantez mencionada, la velocidad de la llama puede indicar dos tipos de combustibles y el posible empleo de acelerantes. Observar las llamas visibles, especialmente en ventanas y puertas abiertas y aberturas del techo. Determinar si son lentas y sin fuerza (indicativo de insuficiente oxígeno o tiro mínimo), ó muestran considerable cantidad, saliendo lejos de las aberturas del edificio (llamas crepitantes, debidas a un fuerte tiro y una combustión rápida). Particularmente, adviértase la anormal rapidez de propagación de las llamas, superior a la velocidad normal debida al tipo de estructura afectada.

## HUMOS

Al igual que en el caso anterior, sus colores ayudan a determinar el tipo de material que está involucrado en la combustión.

Hay detalles que muchas veces escapan al análisis de situación que los Bomberos e Investigadores tienen al arribar a un siniestro, por ejemplo, la DENSIDAD que presenta el humo, es indicativa de las proporciones que tiene el incendio. Asimismo, su sola presencia es una característica esencial que desde el punto de vista operativo tiene singular importancia: **APARECE ANTES DE QUE LAS LLAMAS SEAN VISIBLES.**

Esto último nos da la ventaja de poder actuar y/o accionar los sistemas contra incendios, ya sean éstos manuales o automáticos, con lo que en muchos casos se ha logrado detener las combustiones en sus estados iniciales, impidiendo directamente la generación de los incendios.

### Colores de humo y su significado

<i>Color</i>	<i>Significado</i>
Gris – blanco	Combustibles ordinarios en fases iniciales del fuego.
Gris oscuro	Combustibles ordinarios en las últimas fases.
Negro	Hidrocarburos, anormal en fases iniciales a menos que el contenido del edificio incluya cantidades sustanciales de materiales con base de hidrocarburos.
Amarillo – gris	Combustión lenta y muy arraigada, generalmente acompañada por densas manchas de humo sobre las ventanas y poco o ningún movimiento del humo, en cuyo caso hay posibilidad de que exista contratiro.

En general, cuanto más pronto se observe el color del humo, más significativo resulta. A medida que progresa el fuego, resultan afectados combustibles de distinto tipo.

Por ello, más que un color definido, podrá observarse una combinación de colores vaga y oscura. Adicionalmente, al comienzo del fuego, la presencia de humo, espeso y negro

(indicativo de combustión de hidrocarburos), puede significar que arden líquidos inflamables o combustibles.

En las últimas fases, el humo negro puede que sólo indique que han sido afectados los materiales del techo.

### Colores del humo producido por distintas sustancias combustibles

<i>Combustible</i>	<i>Colores del humo</i>
Heno, compuestos vegetales	Blanco
Fósforo	Blanco
Benzina	Blanco a gris
Nitrocelulosa	Amarillo a amarillo trigueño
Azufre	Amarillo a amarillo trigueño
Ácidos sulfúrico, nítrico y clorhídrico	Amarillo a amarillo trigueño
Pólvora	Amarillo a amarillo trigueño
Cloro	Amarillo verdoso
Madera	Gris a pardo
Papel	Gris a pardo
Tela	Gris a pardo
Yodo	Violeta
Aceite de cocinar	Pardo
Nafta	Pardo a negro
Diluyente de laca	Negro – parduzco
Aguarrás	Negro a pardo
Acetona	Negro
Querosén	Negro
Aceites lubricantes	Negro
Goma	Negro
Alquitrán	Negro
Carbón	Negro
Plásticos espumados	Negro

Nota: trigueño (entre moreno y rubio)

Apreciar el color y densidad del humo y la situación de las mayores concentraciones. Si el humo es la única señal visible de fuego, observar la velocidad del humo que sale del edificio y si es posible, la velocidad con la que se mueve dentro del mismo.

Por otra parte, respecto a los productos residuales de una combustión, en primer lugar, los incendios presentan siempre combustiones INCOMPLETAS, con gran generación de productos nocivos entre los que se destacan los asfixiantes químicos, asfixiantes simples y una cantidad de otros gases comunes a todos los incendios y sumamente peligrosos para quienes se encuentre expuestos a ellos.

Sólo mencionaremos que los productos residuales peligrosos presentes en la combustión, son en general INVISIBLES e INSÍPIDOS y NO TIENEN PROPIEDADES INDICATIVAS dentro del área de los incendios, ya que se encuentran “camuflados” por otros olores y dentro del humo. Por tal motivo, son causa de la mayor parte de las muertes en los incendios.

Tener en cuenta que los plásticos no tienen un color definido de llamas y humos, porque depende de la fórmula química, cantidad de oxígeno, tipo de enlace, etc.

Esta indicación orientativa en función del color que se observa en llamas y humos, tiene utilidad en dos aspectos:

1. Faz operativa: da una idea del peligro que se enfrenta y sus riesgos.
2. Faz investigación: constituye un sólido aporte para la investigación y pericias de incendios, en los que secuencias gráficas, de haberse podido obtener, han de ser muy importantes.

También indicaremos que las tablas mencionadas se utilizan desde hace mucho tiempo. En nuestro caso se han reproducido las que figuran en: “A Pocket Guide to Arson Investigation” (Boston, Factory Mutual Engineering Corp.) y en el Libro “Investigación del Origen y Causa de los Incendios” de Calvin Phillips y David Mc Fadden (Instituto Tecnológico de Seguridad MAPFRE – Itsemap –Editorial MAPFRE).

## CONCLUSIONES

- La práctica ha demostrado la utilidad de conocer la interpretación de los colores que asumen las llamas y el humo. La experiencia es fundamental.
- Dado que las personas no perciben de igual forma los colores, se desarrollan criterios individuales que siguen las pautas generales.
- En las investigaciones de siniestros son decisivas las primeras observaciones, por lo tanto, las declaraciones de los Bomberos que concurren e intervienen en un incendio, son la mejor ayuda que puede tener un Investigador.
- Se cuenta con instrumentos de última generación para la observación de colores que permiten optimizar los resultados, pequeños y de sencilla maniobra.
- Antecedentes destacados de singular valor pueden apreciarse en el libro “Flames Their Structure Radiation and Temperature”, de Gaydon and Wolfhard, Ed. Chapman & Hall, G.B.

## ANEXO C

# METODOLOGÍA PARA ELABORACIÓN DE INFORMES SOBRE INVESTIGACIÓN DE SINIESTROS

### DATOS BÁSICOS.

- Fecha del siniestro
- Secuencia horaria
- Características de la edificación
- Ocupación
- Condiciones Metereológicas

### OBSERVACIONES “IN SITU”

- Internas y externas
- Color, aspecto y ubicación de llamas y humos
- Variaciones en función del tiempo
- Observaciones efectuadas por:
  - Bomberos
  - Personal del Establecimiento
  - Testigos
  - Investigador

### ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UNA CAUSA PROBABLE (ACCIONES)

- Tomar fotos
- Recoger muestras de evidencias
- Efectuar todas las entrevistas necesarias

### INFORME DEL INVESTIGADOR

Debe basarse objetivamente en los siguientes puntos:

- Lugar de origen del siniestro
- Fuente de calor
- Causa
- Categorías:
  - Accidental
  - Accidental con acciones imprudentes
  - Intencional ó Desconocida

El presente temario debe ser considerado como una Guía Orientativa y puede ser modificado según las características específicas de cada siniestro, ampliando aquellos puntos significativos, a juicio del investigador.

## BIBLIOGRAFÍA

### Básica:

- NFPA 921 – GUÍA PARA LAS INVESTIGACIONES SOBRE INCENDIOS Y EXPLOSIONES (Ed. 1995 – Ed. MAPFRE).

### Complementaria:

- FLAMES, THEIR STRUCTURE, RADIATION AND TEMPERATURE – GAYDON AN WOLFHARD (CHAPMAN Y HALL LTD-Londres G.B.)
- INVESTIGACIÓN DEL ORIGEN Y CAUSA DE LOS INCENDIOS - CALVIN PHILLIPS Y DAVID MC FADDEM
- MANUAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS – (NFPA – MAPFRE)
- SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS, Ing. OSCAR N. MARUCCI (Ed. AD-HOC)
- REVISTAS Y PUBLICACIONES DEL INSTITUTO ARGENTINO DE SEGURIDAD
- UNIFORM FIRE CODE (INTERNATIONAL FIRE CODE INSTITUTE)
- ASTM E 1387, STANDARD TEST METHOD FOR FLAMMABLE OR COMBUSTIBLE LIQUID RESIDUES IN EXTRACTS FROM SAMPLES OF FIRE DEBRIS BY GAS CHROMATOGRAPHY.
- NORMA ASTM E-860, STANDARD PRACTICE FOR EXAMINING AND TESTING ITEMS THAT ARE OR MAY BECOME INVOLVED IN PRODUCT LIABILITY LITIGATION
- NORMAS ASTM (UL) Underwriters Laboratories
- NORMA NFPA 101 LIFE SAFETY CODE (IRAM – Ed. 2000)
- FIRE PROTECTION HANDBOOK. NFPA (Capítulos 5 y 18)
- ANALYSIS AND INTERPRETATION OF FIRE SCENE EVIDENCE (teórico) ADMIRAL AND FURTON. FORENSIC SCIENCE TECHNIQUES SERIES
- EXPLOSIONS COURSE PREVENTION PROTECTION, W. BARTKEECHT (teórico). SPRINGER – VERIAG BERLIN HEIDELBERG
- NFPA N° 68. GUIDE FOR VENTING OF DEFLAGRATIONS
- EL LENGUAJE DEL CUERPO – ALLAN Y BÁRBARA PEACE (Ed. AMAT)

## BREVE CURRÍCULUM DEL AUTOR

Ingeniero Mecánico egresado de la UBA (1961) e Ingeniero Laboral (UTN – Regional Buenos Aires); Master en Higiene Industrial (I.A.S. 1990).

Se desempeña como Director del CECOF – Centro de Estudios para el Control del Fuego dependiente del I.A.S.; es Asesor Independiente y Auditor Senior de Bureau Veritas Buenos Aires; Responsable de Higiene y Seguridad en el Trabajo, de varias Empresas.

Ex Profesor en las Universidades Nacionales de Buenos Aires, Mar del Plata, Salta, Comahue, Tucumán, Pontificia Universidad Católica.

Actualmente ejerce la docencia como Profesor en la Universidad de Morón; Universidad del Ejército; Colegio Profesional de Ingeniería; Sociedad de Medicina del Trabajo de la Provincia de Buenos Aires; Universidad de Rosario y Universidad Favaloro.

Ha dictado Cursos y Seminarios en Instituciones y Entidades relacionadas de Uruguay, Chile, Venezuela, Panamá, España, Ecuador y Colombia.

Profesor Invitado a la “Semana Tecnológica 2001”, en Salamanca, España.

Profesor del Curso de Formación de Auditores en Higiene y Seguridad-Método I.A.S.

Ha publicado Libros sobre la Especialidad, entre los que se destacan: “Seguridad contra Incendios” (Universidad Tecnológica Nacional); “Seguridad contra Incendios” (Editorial Ad Hoc); “Incendios en Plásticos”.

Tiene más de 200 artículos publicados en diversos medios nacionales y extranjeros, especialmente referidos a Seguridad contra Incendios.

Ha recibido Distinciones y Premios por su meritoria trayectoria, entre los que se destacan: “Premio Mejor Trabajo del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de la Nación” (1995); “Distinción ALASEHT” (Bienio 1996/97) otorgado por la Asociación Latinoamericana de Seguridad e Higiene en el Trabajo; Premios I.A.S. al Mejor Trabajo (1974 y 1982); Premio Anual del Consejo Profesional de Ingeniería (2002). Premio “Teófilo Roscardi” (2003) Consejo Profesional de Ingenieros Mecánicos y electricistas (COPIME).

Becado por la Fundación MAPFRE para realizar un trabajo de Investigación en España (Noviembre 1997) sobre Planes de Emergencia Externos en Instalaciones Nucleares de España.

Disertante en el Foro Temático sobre “Seguridad contra Incendios” – 8º Congreso Argentino de Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Comunidad, I.A.S., Abril del 2004.

Ex Presidente del Colegio Profesional de Higiene y Seguridad de la República Argentina.

Presidente Honorario del VII Congreso Ibero Americano de Medicina, Seguridad e Higiene en el Trabajo y Medio Ambiente (2005)

Nombramiento de “Comandante Mayor Honorario” otorgado por la Federación de Bomberos Voluntarios de la República Argentina.

Ha desarrollado una fecunda y meritoria trayectoria en la Docencia, la Investigación y fundamentalmente en la actividad Técnica Profesional.

<b>INDICE ALFABETICO</b>		Página
<b>A</b>		
Acordonamiento		76
Acuerdo entre la partes		9
Aislamiento (del lugar del siniestro)		57
Alivio de la presión		68
Alta potencia de explosiones		74
Alteración de pruebas (CP-21)		97
Alteración sistemas de protección contra incendios		22

Ausencia de objetos personales	21
Automóvil, incendio en (CP-23)	
<b>B</b>	
Baja potencia, explosiones	74
Bar, fuego en (CP-24)	100
BLEVE (Explosión de gases expandidos de líquidos en ebullición)	65
Bolsas de plástico	61
Bolsas especiales para pruebas	61
<b>C</b>	
Calcinación	51
Características de las llamas	122
Casa rodante, fuego en (CP-18)	9*5
Carga de fuego incoherente	20
Casos de obtención de muestras habituales	59
Circunstancias atmosféricas	26
Clasificación de causas	38
Clasificación fuentes de información	15
Cocina de gas, fuego en (CP-10)	90
Combustión total	30
Comité Representantes y Jefes de grupo o equipo	11
Confianza, grado de	40
Contenido, escasez de (CP-20)	97
Contratiro	75
Coordinación previa	8
Cristales	52
<b>D</b>	
Daños materiales, criterios	80
Daños producidos por explosiones	67
Deflagraciones	66
Densidad de vapor	71
Detección de gases por olor	73
Determinación del origen	32
Detonaciones	66
Diagrama de flujo de la organización	10
Diapositivas	33
Diagramas iso-destrozos	82
Diagramas isotérmicos	82
Diagrama profundidad de carbonizado	25
Diagramas vectoriales	25
Dibujos	36
Dilatación térmica. Deformación de materiales	50
Dinámica de una explosión	80
Dirección del procedimiento	8
Dispositivos incendiarios comunes	20
Dispositivos retardadores	21
<b>E</b>	
Edificio en construcción (CP-3)	85
Efectos de las explosiones	67-78-79
Efecto de metralla	68
Efecto sísmico	69
Efecto térmico	69
Ensayos	63

Errores, en la investigación de marcas	46
Escombros, retiro	29
Evaluación de pruebas	57
Evaluación preliminar del lugar	25
Examen superficies externas	28
Examen superficies internas	28
Explosiones	65
Explosiones con y sin cráter	69-70
Explosiones de gas (CP-4)	86
Explosiones de humos	75
Explosiones de polvos	74
Explosiones mecánicas	65
Explosiones múltiples	73
Explosiones químicas	66
Explosiones, subtipos	66
Explosivos, clasificación	75
<b>F</b>	
Factores al investigar una explosión	70-81-82
Fases presión positiva y negativa	67
Fotografías	34
Fuegos separados (CP-13)	91
Fuentes de información	15
Fuentes de ignición	38
Fuga de gases	72-73
Fusible manipulado (CP-8)	88
Fusión	48
<b>H</b>	
Herramientas del investigador	32
Hipótesis de propagación	30
Hipótesis preeliminadas	27
Huellas de neumáticos (CP-16)	93
Humo, características	124
Humo, interpretación del color	124
Humo, según materiales	125-126
Humo y hollín	50
<b>I</b>	
Ignición, causas	40
Iluminación, fotografías	33
Incendios múltiples	18-19
Información básica	17
Inspección externa	26
Inspección interna	26
Intencionalidad evidente (CP-14)	92
Interpretación daños causados por explosiones	70
Interpretación marcas de incendios	53-54
Investigación de explosiones	76
Investigación del lugar de origen	24
<b>L</b>	
Lámpara incandescente (CP-10)	89
Latas metálicas	61
Límites con humedad presente	74
Límites superior e inferior de explosividad	70

Líneas de isocarbonizado	25
Líquido inflamable (CP—5)	87
Llamas, materiales según el color	122-123
Llamas, temperaturas según el color	123
Llamas, velocidad de las	124
<b>M</b>	
Manta eléctrica (CP-9)	89
Marcas, clasificación	54
Marcas, formas	55
Marcas de fuego	42
Marcas humo/hollín en vidrios/cristales	
Marcas, interpretación	53
Marcas por intensidad de fuego/calor	44
Material de inicio	39
Metodología	8
Miembros de un equipo “tipo”	11
Modelos de reconstrucción	30
Muestras, comparación	57
Muestra de equipos y componentes eléctricos	60
Muestras líquidas	59
Muestras gaseosas y sólidas	60
<b>N</b>	
Notas, detención	36
<b>O</b>	
Objetivos de la evaluación del lugar del incendio	25
Observación “in-situ” (CP-1)	84
Observaciones secundarias (CP-15)	93
Obtención de muestras/pruebas inadecuadas	58-59
Obtención de pruebas	57
Ondas expansivas, fases positiva y negativa	67
Organización	8
Oxidación, marcas	47
Oxígeno (CP-2)	85
<b>P</b>	
Penetración, en superficies horizontales	43
Planificación de la investigación	17
Plásticos, color de llamas y humo	126
Pruebas forenses	59
Pruebas, métodos de recogida	58
Pruebas para detectar acelerantes	59-61
<b>R</b>	
Rayos solares, ignición por (CP-6)	87
Reconstrucción del sitio de un incendio	30
Retraso en la respuesta (CP-12)	90
Reuniones personales y entrevistas	16
<b>S</b>	
Seguridad de los investigadores	12
Señales, objetivo de la observación	42
Señales, tipos	42

Siniestros intencionales	18
Sombra de calor	53
Suelo, propagación a través del suelo (CP-19)	96
Superficies, observación	43
Sustancias incompatibles (CP-7)	88
<b>T</b>	
Techo, fuego en (CP-17)	94
Técnicas para determinar contactos entre combustible y fuente	82
Temperatura de fusión	49
Tiempo de registro	32
Transporte de muestras	62
Trayectoria de los restos	81
Turbulencias	72
<b>V</b>	
Vehículo semiremolque, incendio en (CP-22)	98
Velocidad, aumento de presión	68
Velocidad de carbonización	45
Velocidad de las llamas y de combustión	71
Velocidad de transición	71
Ventilación (gases)	73
Víctimas como fuente de información	44
Vidrios	35
Vidrios y cristales	52
<b>Z</b>	
Zonas demarcatorias de señales	42
Zonas protegidas	53

## OTRAS PUBLICACIONES DEL I.A.S.

El Instituto Argentino de Seguridad ha publicado numerosos Trabajos de tipo Técnico, Humanístico, Educativos y de Gestión en su REVISTA DE SEGURIDAD, que edita desde el año 1942, en forma ininterrumpida, con periodicidad trimestral y que se remite a todas las Empresas, Entidades y Personas Asociadas y Relacionadas al I.A.S.

En el orden Bibliográfico, cabe destacar algunas de sus más significativas Obras:

- MANUAL DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL (1969)
- EL RUIDO EN RELACIÓN CON LA HIGIENE INDUSTRIAL (1971)
- M.P.O. - METODOLOGÍA DE PROCEDIMIENTO OPERATIVO PARA LA ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD EN LA EMPRESA (1975)
- MANUAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (1977)
- OBJETIVO RIESGO CERO (1980)

- COMPENDIO DE NOTAS DOCUMENTALES PARA LA APLICACIÓN DE LA LEY NACIONAL N° 19587 - DECRETO REGLAMENTARIO N° 351/79 SOBRE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO (1983)
- SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL (1984 – Texto destinado a la Educación Técnica)
- NOTAS DOCUMENTALES SOBRE COMPUESTOS QUÍMICOS (1985)
- PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (1985)
- PROTECCIÓN ESTRUCTURAL CONTRA INCENDIOS (1987)
- SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN LA INDUSTRIA DE MATERIALES PLÁSTICOS (1987)
- EQUIPOS PORTÁTILES CONTRA INCENDIOS (1988)
- CICLOS NIVELATORIOS SOBRE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO; SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS Y PROTECCIÓN AMBIENTAL (desde 1990)
- LIBRO DE ORO – CINCUENTENARIO DEL I.A.S. (1940-1990) Reseña histórica de la Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo en la República Argentina.
- RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD CONTRA RIESGOS ELECTRICOS (1990)
- NORMAS Y RECOMENDACIONES SOBRE DEFENSA CIVIL (1992)
- HOMBRE, TRABAJO Y SEGURIDAD (1999)
- TRABAJO SEGURO PARA TODOS Y REDUCCIÓN DE LA SINIESTRALIDAD LABORAL (2001)
- SEGURIDAD y SALUD OCUPACIONAL - SISTEMA I.A.S. PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES (2004)

Toda esta Bibliografía es complementada con la Recopilación de los Trabajos presentados en Jornadas y Congresos Argentinos, Latinoamericanos e Internacionales, en Publicaciones específicas, desde el año 1966.