



dictuc

INGENIERIA DE PROTECCION
CONTRA EL FUEGO

INFORME N° 1566687

FECHA: 21-12-2021



Estudio de Generación de Incendio – Centro Arte Alameda

Para Corporación Cultural Centro Arte Alameda

Empresa



Certificada

Datos Mandante

Señores Corporación Cultural Centro Arte Alameda
RUT 65.003.128-8
Atención Roser Fort Aguilera
Dirección Av. Lib. Bernardo O'Higgins 139, Santiago
Teléfono +569 6494 8804
Correo electrónico roserforta@gmail.com

Datos del documento DICTUC S.A.

N° Ticket 25233
OT II-245
N° de informe 1566687 INF-IPF-173-21
Fire Investigator M.Sc. Ing. Pietro Sbrighi – Jefe de Sección Peritajes



ID: 1405797

Quality Auditor Ing. Andrés Santis Á. – Gerente de Unidad



Andrés Santis Á.
Gerente de Unidad - IPF
Dictuc S.A.



Felipe Bahamondes C.
Gerente General
Dictuc S.A.



NORMAS GENERALES

- Este **Informe Técnico** presenta **los resultados finales del “Estudio de generación de incendio – Centro Arte Alameda”** desarrollado desde septiembre 2021 a noviembre 2021.
- El presente informe fue preparado por **Dictuc** a solicitud del **Mandante** para establecer (en base a los antecedentes y datos disponibles) si el inicio del incendio que sufrió el Centro Arte Alameda el día 27/diciembre/2019 pudo haber sido causado por una bomba lacrimógena.
- El alcance de este estudio está definido explícitamente en la sección 3 del presente informe. **Las conclusiones de este informe se limitan a las informaciones disponibles para su ejecución.**
- La información contenida en el presente informe no podrá ser reproducida total ni parcialmente en medios de comunicación sin la autorización previa y por escrito de **Dictuc**.
- El **Mandante** podrá manifestar y dejar constancia verbal y escrita, frente a terceros, sean estas autoridades judiciales o extrajudiciales, que el trabajo fue preparado por **Dictuc**, y si decide entregar el conocimiento del presente informe de **Dictuc**, a cualquier tercero y previa autorización, deberá hacerlo en forma completa e íntegra, y no partes del mismo.
- El presente informe es propiedad del **Mandante** sin embargo si **Dictuc** recibe la solicitud de una instancia judicial hará entrega de una copia de este documento al tribunal que lo requiera, previa comunicación por escrito al **Mandante**.
- El presente informe es resultado de las metodologías desarrolladas por **Dictuc**, del alcance del informe encomendado y de los antecedentes que el **Mandante** puso a disposición de **Dictuc**. El **Mandante** acepta expresamente que los resultados del presente informe pueden, en definitiva, no serles favorables a sus intereses particulares.
- El **Mandante** declara conocer y aceptar los términos y condiciones generales para la prestación de servicios, disponibles para todo el público en su sitio web oficial www.dictuc.cl/tyc.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVO.....	7
3. ALCANCES Y METODOLOGÍA.....	7
4. RECOGIDA DE DATOS.....	10
4.1 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA SINIESTRADA	10
4.1.1 <i>Antecedentes generales.....</i>	<i>10</i>
4.1.2 <i>Características constructivas</i>	<i>12</i>
4.2 ANÁLISIS DE LAS GRABACIONES VIDEOS DEL INCENDIO.....	14
4.3 REVISIÓN DEL INFORME DE BOMBEROS	16
4.4 REVISIÓN DEL INFORMES PERICIAL QUÍMICO DE LA PDI	20
4.5 REVISIÓN DE INFORMES DE CARABINEROS DE CHILE	22
4.6 INSPECCIÓN EN TERRENO	26
5. ANÁLISIS DE DATOS E HIPÓTESIS DE GENERACIÓN DE FUEGO	32
5.1 FUENTE DE IGNICIÓN.....	33
5.1.1 <i>Cuerpos Calientes</i>	<i>34</i>
5.2 ORIGEN.....	37
5.2.1 <i>Ignición de basura en canaleta.....</i>	<i>38</i>
5.2.2 <i>Ignición del EPS en contacto con las llamas de la basura en la canaleta</i>	<i>44</i>
5.2.3 <i>Ignición de las cortinas del cine con propagación hacia el interior</i>	<i>45</i>
6. CONCLUSIONES.....	48
7. ANEXOS	49
7.1 ANEXO 1: DOCUMENTOS ENTREGADOS POR EL MANDANTE	49
7.2 FASES DE UN INCENDIO.....	49
7.3 LA IGNICIÓN DE SÓLIDOS.....	50

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO METODOLÓGICO DE TRABAJO DE ESTE INFORME	8
FIGURA 2: IMAGEN SATELITAL. EN RECUADRO ROJO LAS INSTALACIONES DEL CENTRO ARTE ALAMEDA (FUENTE: GOOGLE MAPS)	10
FIGURA 3: PLANO DE ARQUITECTURA DEL PRIMER NIVEL. EN CUADRO ROJO SE INDICA ÁREA DE ORIGEN DEL INCENDIO (FUENTE: DICTUC EN BASE A PLANO ENVIADO POR EL MANDANTE)	11
FIGURA 4: PLANO DE ARQUITECTURA DEL SEGUNDO NIVEL. EN CUADRO ROJO SE INDICA ÁREA DE ORIGEN DEL INCENDIO (FUENTE: DICTUC EN BASE A PLANO ENVIADO POR EL MANDANTE)	11
FIGURA 5: PLANO EN SECCIÓN DE LA INSTALACIÓN. SE DESTACA UBICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y REVESTIMIENTOS. (FUENTE: DICTUC EN BASE A PLANO ENVIADO POR EL MANDANTE).....	12
FIGURA 6: PANEL COMPUESTO CON PLANCHA METÁLICA Y POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) ADHERIDO (FUENTE: OBTENCIÓN PROPIA).....	13
FIGURA 7: PLANO EN SECCIÓN DE LA SALA DE CINE PRINCIPAL. SE DESTACA PRESENCIA DE CORTINAS AL INTERIOR, EN LA PARTE SUPERIOR, ANCLADA A LA ESTRUCTURA DE TECHUMBRE. (FUENTE: DICTUC EN BASE A PLANO ENVIADO POR EL MANDANTE)	13
FIGURA 8: IMAGEN DESDE EL VIDEO DE TOMAS SALAS DONDE SE DESTACA EN CÍRCULO ROJO EL PUNTO DE INICIO DEL FUEGO. (FUENTE: DICTUC EN BASE VIDEO ENVIADO POR EL MANDANTE)	14
FIGURA 9: IMAGEN DESDE VIDEO 1 DE CONSUELO MARINA NAVARRO PÉREZ (FUENTE: MANDANTE).....	15
FIGURA 10: IMAGEN DESDE VIDEO 2 DE CONSUELO MARINA NAVARRO PÉREZ	15
FIGURA 11: IMAGEN DESDE VIDEO 3 DE CONSUELO MARINA NAVARRO PÉREZ	15
FIGURA 12: ESQUEMA EN SECCIÓN DE LA MATERIALIDAD DEL TECHO SEGÚN INFORME DE BOMBEROS (FUENTE: INFORME DE BOMBEROS)	16
FIGURA 13: ASISTENTES QUE PARTICIPARON EN LAS PRUEBAS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE LA BOMBA LACRIMÓGENA. (FUENTE: INFORME DE BOMBEROS)	17
FIGURA 14: DETALLE DE CARGA LACRIMÓGENA GL-203/T.	17
FIGURA 15: POSICIONES PARA LA MEDICIÓN DE TEMPERATURA	17
FIGURA 16: RESULTADO DE ENSAYO CON MEDICIONES DE TEMPERATURA SOBRE TERRENO ÁRIDO Y EN POSICIÓN "B".	18
FIGURA 17: RESULTADO DE ENSAYO CON MEDICIONES DE TEMPERATURA AL CENTRO DE LA CARGA LACRIMÓGENA SOBRE PASTO SECO Y EN POSICIÓN "A". SE DESTACA TEMPERATURA MÁXIMA DE 540°C ALCANZADA EN LA PRUEBA 2 ENTRE LOS 60 S Y 90 S DE MEDICIÓN.	18
FIGURA 18: FICHA DESCRIPTIVA DE CARGAS LACRIMÓGENAS GL-203/T CÓNDOR (FUENTE: INFORME DE BOMBEROS)	19
FIGURA 19: EXTRACTO DE LA SECCIÓN 2 DEL INFORME PERICIAL QUÍMICO PDI	20
FIGURA 20: EXTRACTO SECCIONES 3 Y 4 DEL INFORME PERICIAL QUÍMICO PDI	21
FIGURA 21: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LACRIMÓGENA.	23
FIGURA 22: CATEGORÍA H204 DE PELIGRO DE INCENDIO O PROYECCIÓN DEL CARTUCHO GL-203/T.	24
FIGURA 23: DESCRIPCIÓN DE LOS CARTUCHOS GL-203/T.	25
FIGURA 24: EX SALA DE CINE Y ÁREA DE ORIGEN EN CUADRO ROJO	27
FIGURA 25: ÁREA DE ORIGEN. VISTA LATERAL	27
FIGURA 26: INDICIOS DE BASURA EN LAS CANALETAS DE AGUAS LLUVIAS.....	28
FIGURA 27: ELEMENTO EN POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) QUEMADO DESDE EL EXTERIOR	28
FIGURA 28: RESIDUOS QUEMADOS EN CANALETA DE AGUAS LLUVIAS.....	29
FIGURA 29: CÁPSULA DE LACRIMÓGENO (MODELO PARA TIRO CON ESCOPETA) EN CANALETA DE AGUAS LLUVIAS, EN POSICIÓN HORIZONTAL	30

FIGURA 30: MARCAS EN “V” (NFPA 921) DE FUEGO QUE MUESTRAN UNA PROPAGACIÓN DEL FUEGO DESDE LA CANALETA DEL AGUA (MISMA POSICIÓN DEL CARTUCHO EN FIGURA 29)	31
FIGURA 31: POLIESTIRENO EXPANDIDO QUEMADO, CON ORIGEN DEL FUEGO EN LA CANALETA Y PROPAGACIÓN COMO SE MUESTRA EN FIGURA 30.....	31
FIGURA 32: ESQUEMA DE IGNICIÓN Y PROPAGACIÓN INICIAL DE LA HIPÓTESIS A COMPROBAR.....	33
FIGURA 33: PRUEBA EN LABORATORIO IPF DE DICTUC. MUESTRA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO TOMADA DEL SITIO DEL SINIESTRO, EXPUESTA O EN CONTACTO CON CUERPO CALIENTE	35
FIGURA 34: ESQUEMA CON LA SECCIÓN REAL DE LA CONEXIÓN ENTRE EL TECHO Y LA CANALETA DE AGUAS LLUVIAS (ESQUEMA MODIFICADO POR DICTUC RESPECTO AL ORIGINAL PRESENTADO EN FIGURA 12)	37
FIGURA 35: HORNO DE COMBUSTIBILIDAD ISO 1180 Y MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN CUERPO CALIENTE	38
FIGURA 36: MONTAJE DE CANALETA CON BASURA (RECUPERADA EN INSPECCIÓN) Y PORCIÓN DEL TECHO	39
FIGURA 37: LIGERA COMBUSTIÓN CON HUMO EN LA ZONA DE CONTACTO DEL CUERPO CALIENTE CON EL RESTO DE BASURA RECOGIDO DEL LUGAR SINIESTRADO, CERCANO AL ÁREA DE ORIGEN.....	39
FIGURA 38: REGISTRO METEOROLÓGICO EN SANTIAGO EL 27 DE DICIEMBRE 2019	40
FIGURA 39: TEMPERATURA Y HUMEDAD EN SANTIAGO A LA FECHA Y HORA DEL INCENDIO.	41
FIGURA 40: TABLA DE CÁLCULO DE HUMEDAD DEL COMBUSTIBLE LIGERO MUERTO PARA LOS INCENDIOS FORESTALES (FUENTE: HTTP://HYDRAULA.BLOGSPOT.COM/2019/03/INCENDIOS.HTML).....	42
FIGURA 41: ÍNDICE DE HUMEDAD DE “COMBUSTIBLE LIGERO MUERTO”.....	43
FIGURA 42: IGNICIÓN DEL EPS EN PRUEBA EXPERIMENTAL EN LABORATORIO IPF DE DICTUC	46
FIGURA 43: GOTEO INCANDESCENTE O CON LLAMA DEL EPS EN PRUEBA EXPERIMENTAL EN LABORATORIO IPF DE DICTUC	46
FIGURA 44: ESQUEMA POSIBLE DE PROPAGACIÓN DEL INCENDIO AL INTERIOR DEL CINE	47
FIGURA 45. CURVA TÍPICA DE TEMPERATURA DE UN INCENDIO REAL CONFINADO.	49

1. Introducción

El **mandante** solicitó a la Unidad Ingeniería de Protección Contra el Fuego (IPF) de DICTUC efectuar la realización de un informe técnico correspondiente a un **Estudio de Generación de Incendio** en el «Centro Arte Alameda», ubicado en Avenida Libertador Bernardo O'Higgins N°139, comuna de Santiago, a propósito del siniestro ocurrido el día 27 de diciembre del año 2019.

La elaboración de este documento contó con los siguientes antecedentes:

- Fotografías de la instalación después del siniestro.
- Información recopilada en terreno.
- Información proporcionada por el Mandante.
- Antecedentes técnicos respecto a investigación y ciencia de incendios.
 - a. Babrauskas, V., Ignition Handbook, 2003, 1° Ed.
 - b. NFPA 921 Guide for Fire and Explosion Investigations, Ed. 2021.
 - c. John J. Lentini, Scientifica Protocolos for Fire Investigation, Ed. 2006.
 - d. Antonio La Malfa, Ingegneria della Sicurezza Antincendio, Ed. 2006.

2. Objetivo

El objetivo de este estudio es responder a la siguiente pregunta:

- **¿El inicio del incendio ocurrido el día 27 de diciembre del año 2019 pudo haber sido causado por una bomba lacrimógena?**

3. Alcances y Metodología

Para responder a la pregunta señalada en el Objetivo, este trabajo se limita a los siguientes pasos metodológicos, conforme a **Contrato de asesoría “Estudio de Generación de Incendio Centro Arte Alameda”**:

- A. Estudio de las condiciones que habrían generado el incendio: se analizarán todos los antecedentes disponibles y proporcionados por el Mandante, para evaluar si existían condiciones ambientales y circunstanciales (estructurales, meteorológicas, material/construcción, posible carga combustible) que permitieran el inicio del incendio considerando la presencia de una bomba de gas lacrimógeno como fuente de ignición en el punto o área de origen determinado por las pericias ya ejecutadas en el lugar.
- B. Ejecución de una inspección de campo para determinar si hay evidencia - entre los escombros en torno al área probable de origen o en lugares derivados de la zona de origen por causa de los colapsos estructurales - de restos de cartuchos percutados de bombas lacrimógenas.

- C. Conclusión, conectando el análisis documental con la inspección de campo, para establecer si el inicio del incendio pudo haber sido causado por una bomba lacrimógena.

La metodología de trabajo consta de tres etapas (Figura 1), comenzando con una etapa de revisión y análisis de los antecedentes y documentación del proyecto, luego el desarrollo del estudio y una última etapa de elaboración y entrega de informe final, cuyo esquema se describe en el siguiente diagrama:



Figura 1. Esquema general del proceso metodológico de trabajo de este informe

En particular, este estudio se limita a los datos posibles de recoger en inspecciones técnicas al lugar siniestrado, al estudio de bibliografía especializada pertinente al caso y a la revisión de los siguientes documentos oficiales proporcionados por el Mandante:

- D.I.I.P.E. N° 341/20. REF.: Peritaje de Incendio, ocurrido en Avenida Libertador Bernardo O’Higgins N° 139, comuna de Santiago. R.U.C. N° 2010004968-7. Cuerpo de Bomberos de Santiago. 02 de marzo de 2020. (En adelante, el “**Informe de Bomberos**”).
- Informe Pericial Químico. N° 06/020. Oficio (R) N°35 de fecha 03.FEB.020. N.U.E. 5938836-5938847. Laboratorio de Criminalística Central. Policía de Investigaciones de Chile. 02 de marzo de 2020.¹ (En adelante, el “**Informe Pericial Químico PDI**”).
- OBJ.: Solicitud de información: Informa al respecto. REF.: Oficio N°434, de fecha 20.07.2020, de la Brigada de Investigación Criminal Santiago. NRO.: 283. Dirección de Logística.

¹ En relación con la “Orden de Investigar por el delito de Incendio e instruido en la Fiscalía Regional Metropolitana Centro Norte mediante RUC N° 1901405234-0”.

Departamento de Armamento y Municiones. Carabineros de Chile. 31 de julio de 2020. (En adelante, el “**Informe de Carabineros N°283**”).

- Informe técnico practicado a disuasivos químicos marca CONDOR adquiridos a la empresa importadora y comercial Mir & Cruz SPA. NRO.: 434. Departamento de Armamento y Municiones. Dirección de Logística. Carabineros de Chile. 30 de noviembre de 2019. (En adelante, el “**Informe de Carabineros N°434**”).

Este documento contiene algunos extractos de los antecedentes recopilados junto con el respectivo análisis realizado.

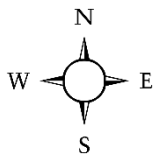
Este informe no corresponde a un informe pericial o de investigación causa/origen del siniestro y no corresponde a una evaluación técnica para determinar si es posible que una bomba lacrimógena efectivamente haya podido alcanzar el punto de origen del incendio identificado en el Informe de Bomberos.

4. Recogida de datos

4.1 Identificación del área siniestrada

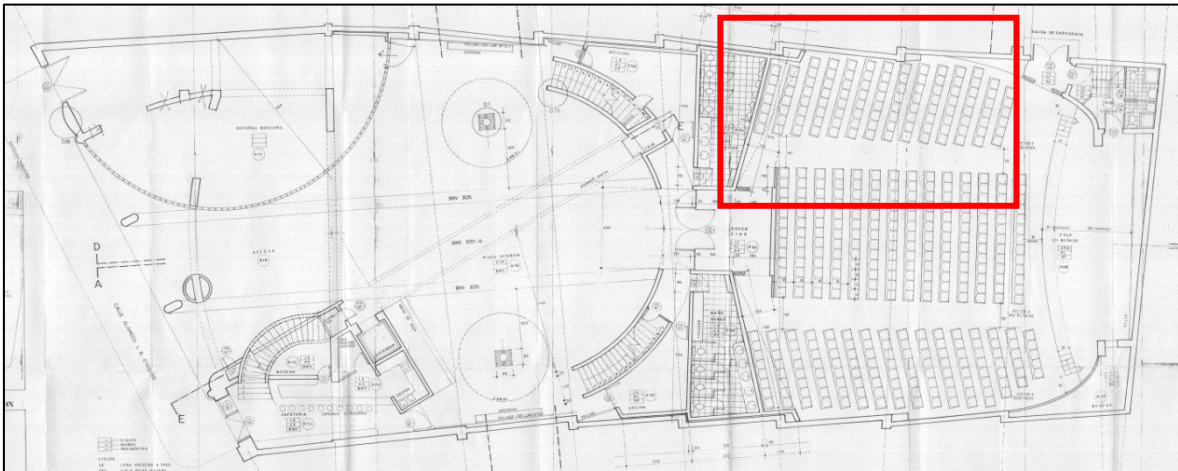
4.1.1 Antecedentes generales

Las instalaciones del Centro Arte Alameda sufrieron un siniestro de incendio el 27 de diciembre de 2019. Las instalaciones emplazadas en Avenida Libertador Bernardo O'Higgins N°139, comuna de Santiago, Región Metropolitana, se presentan en una imagen satelital 3D en la Figura 2.

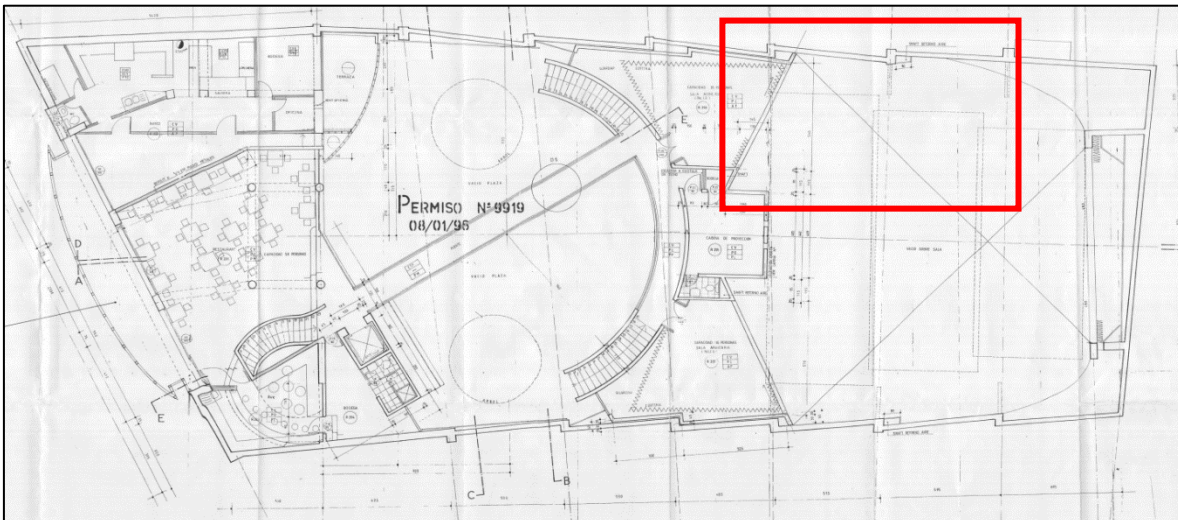


**Figura 2: Imagen satelital. En recuadro rojo las instalaciones del Centro Arte Alameda
(Fuente: Google Maps)**

En la Figura 3 y Figura 4 se muestran los planos de arquitectura con la distribución interna de espacios. En particular se destaca el área de inicio del incendio, localizada en la sala cine principal según “Informe de Bomberos”.



**Figura 3: Plano de arquitectura del primer nivel. En cuadro rojo se indica área de origen del incendio
(Fuente: DICTUC en base a plano enviado por el Mandante)**



**Figura 4: Plano de arquitectura del segundo nivel. En cuadro rojo se indica área de origen del incendio
(Fuente: DICTUC en base a plano enviado por el Mandante)**

4.1.2 Características constructivas

El edificio es una estructura de dos niveles, con elementos perimetrales en hormigón armado y albañilería. La techumbre es compuesta con una estructura principal mixta en madera y acero. (Figura 5).

La cubierta del techo corresponde a paneles compuestos con cara exterior metálica y aislante interior de poliestireno expandido (EPS) adherido a la chapa metálica con pegamento (Figura 6).

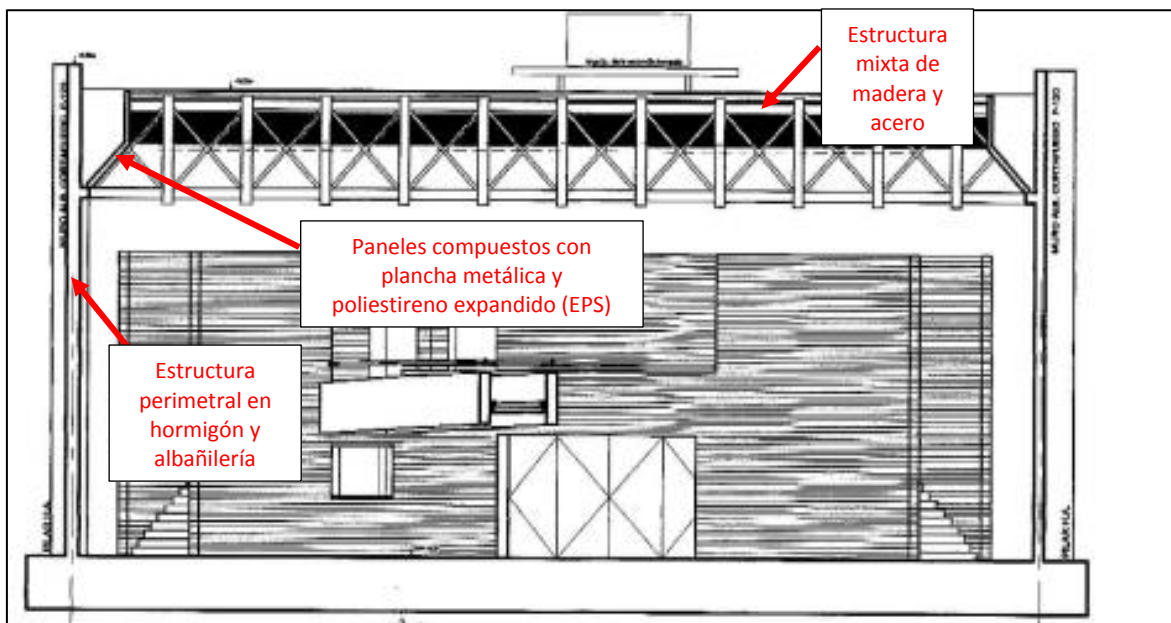


Figura 5: Plano en sección de la instalación. Se destaca ubicación de elementos estructurales y revestimientos. (Fuente: DICTUC en base a plano enviado por el Mandante)



Figura 6: Panel compuesto con plancha metálica y poliestireno expandido (EPS) adherido
(Fuente: Obtención Propia)

La sala de cine principal, antes del siniestro, tenía cortinas en el techo (Figura 7).

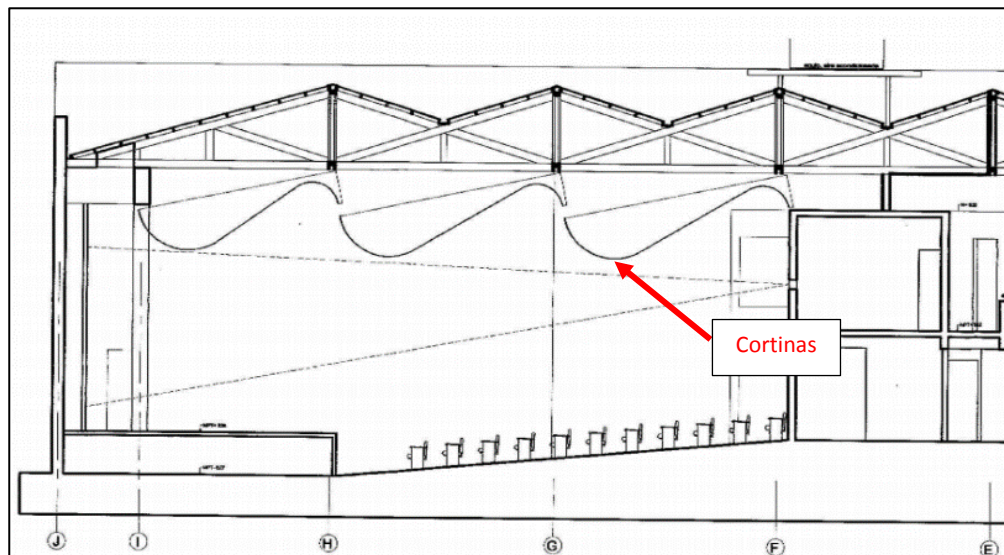


Figura 7: Plano en sección de la Sala de Cine principal. Se destaca presencia de cortinas al interior, en la parte superior, anclada a la estructura de techumbre. (Fuente: DICTUC en base a plano enviado por el Mandante)

4.2 Análisis de las grabaciones videos del incendio

En este apartado se muestran algunas imágenes rescatadas desde videos grabados con teléfonos móviles de las siguientes personas:

- Tomás Alfonso Salas Araya (RUN: 16.280.017-5)
- Consuelo Marina Navarro Pérez (RUN: 17.919.188-1)

La finalidad de analizar las grabaciones es evidenciar la dinámica de la propagación inicial, identificando la intensidad de las llamas.

Como se muestra en la Figura 8, en el video de Tomás Salas es posible identificar las primeras llamas débiles e intermitentes que demuestran una combustión inicial en la canaleta del agua de la techumbre, caracterizada por un flujo de energía bajo, pero constante.



Figura 8: Imagen desde el video de Tomas Salas donde se destaca en círculo rojo el punto de inicio del fuego. (Fuente: DICTUC en base video enviado por el Mandante)

Como se muestra desde la Figura 9 hasta la Figura 11, en los videos de Consuelo Marina Navarro Pérez es posible identificar el origen del incendio entre la oficina de la directora del recinto (Roser Fort) y la sala de cine principal.

La intensidad de las llamas aumenta gradualmente con el paso del tiempo, y el humo cambia desde un color gris hacia un color negro.

Estos videos permiten observar cómo las llamas, desde una canaleta de aguas lluvias, se propagan hacia el interior de la cubierta.

En particular, en el Video 2 (Figura 10) y luego en el Video 3 (Figura 11) se muestra cómo la intensidad de las llamas cambia, lo que puede explicarse por un cambio en el tipo de material en combustión.

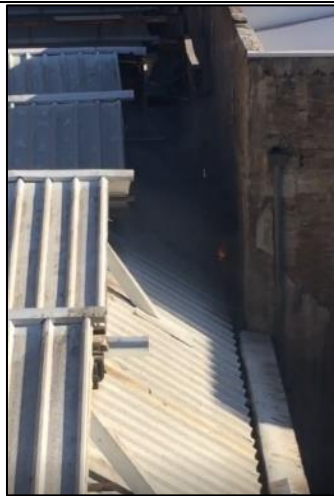


Figura 9: Imagen desde Video 1 de Consuelo Marina Navarro Pérez (Fuente: Mandante)

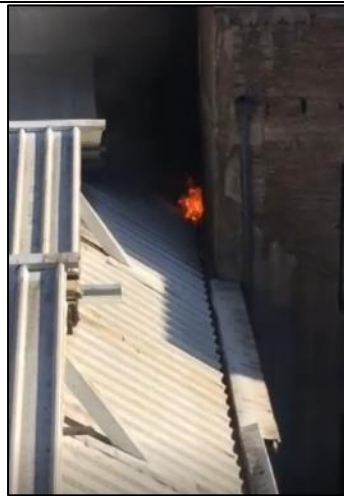


Figura 10: Imagen desde Video 2 de Consuelo Marina Navarro Pérez (Fuente: Mandante)



Figura 11: Imagen desde Video 3 de Consuelo Marina Navarro Pérez (Fuente: Mandante)

4.3 Revisión del Informe de Bomberos

En esta sección se presentan extractos de interés técnico del Informe de Bomberos.

En el punto 18 se indica que *“El origen geográfico del incendio se determinó en la zona centroponiente del cine, específicamente en las canaletas de evacuación de agua en la techumbre, sobre la oficina administrativa utilizada por la administradora del Cine”*. En otras palabras, el origen del incendio se determina en la canaleta de aguas lluvias de la techumbre entre los dos edificios tal como se muestra en los videos tomados por los testigos (Figura 8 a Figura 11).

En Figura 12 se muestra un esquema de la materialidad del techo. En el esquema se muestra también una generación de incendio a través de la basura en la canaleta de aguas lluvias.

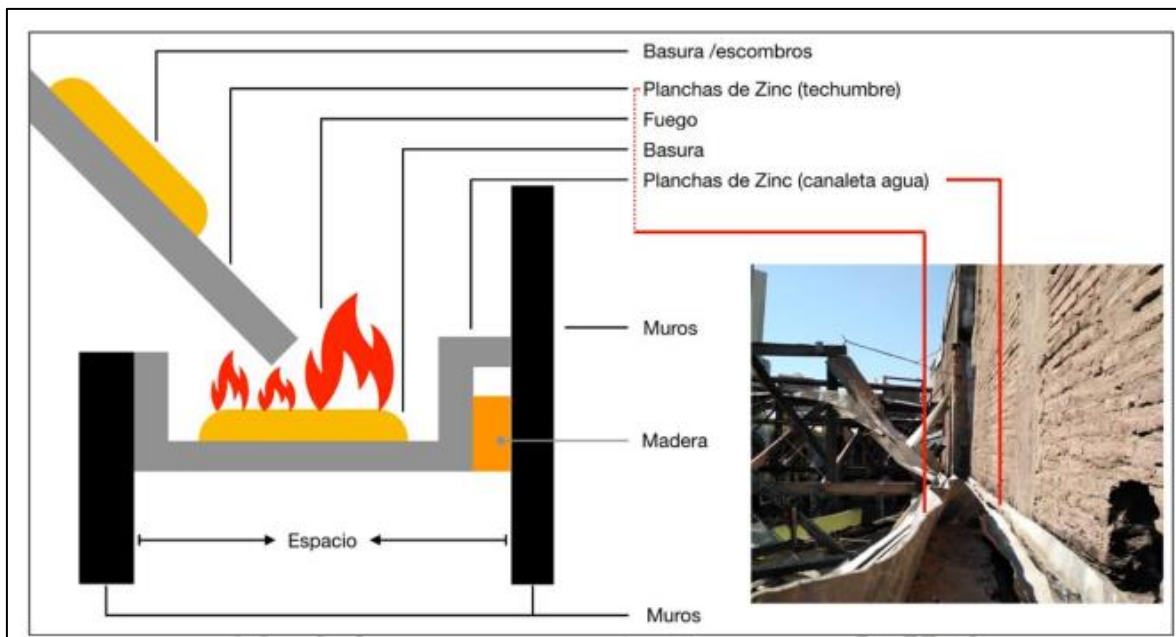


Figura 12: Esquema en sección de la materialidad del techo según Informe de Bomberos
(Fuente: Informe de Bomberos)

Adicionalmente, en las páginas 20 a 22 del Informe de Bomberos, se presenta el resultado de ensayos o pruebas experimentales realizadas en presencia de los asistentes identificados en la Figura 13. Se indica que *“Durante el sábado 08 de febrero del 2020 a las 11:00 hrs., se realizan pruebas de campo con efectivos de Carabineros de Chile y la Policía de Investigaciones, en el cual se miden las temperaturas producidas por los modelos de bombas lacrimógenas utilizadas durante el día del incendio”*.

En el informe se identifica el modelo de bomba lacrimógena que se habría utilizado (Figura 14), la condición física o posiciones del dispositivo para la medición de temperaturas (posiciones “A” y “B”) (Figura 15), las temperaturas obtenidas para las mediciones realizadas sobre terreno árido y en la posición “B” (Figura 16), y sobre pasto seco y en la posición “A” (Figura 17).

Carabineros de Chile	Cuerpo de Bomberos de Santiago	Policia de investigaciones
Coronel Marcelo Lepín Neira	Inspector Claudio Vaca Saavedra	Comisario Víctor Retamal Figueroa
Sargento 2° - L5 Luis Bernal Hermosilla	Perito técnico Andrés Campos Graziani	Subcomisario Siba González Acuña
Sargento 2° -L5 Rodrigo Olave Moyano	Ayudante de Comandancia Pablo Valdés Venegas	Subcomisario Ximena Maldonado Caro
	Ayudante de Comandancia Robinson Castillo Valenzuela	Subcomisario Evelyn Lobos Celis
	Ayudante de Comandancia Rodrigo Seguel Arriaza	Detective Félix Araya Araya
	Ayudante de Comandancia Darío Martínez Soto	Perito químico Francisco abarca ruiz

Figura 13: Asistentes que participaron en las pruebas de medición de temperatura de la bomba lacrimógena. (Fuente: Informe de Bomberos)

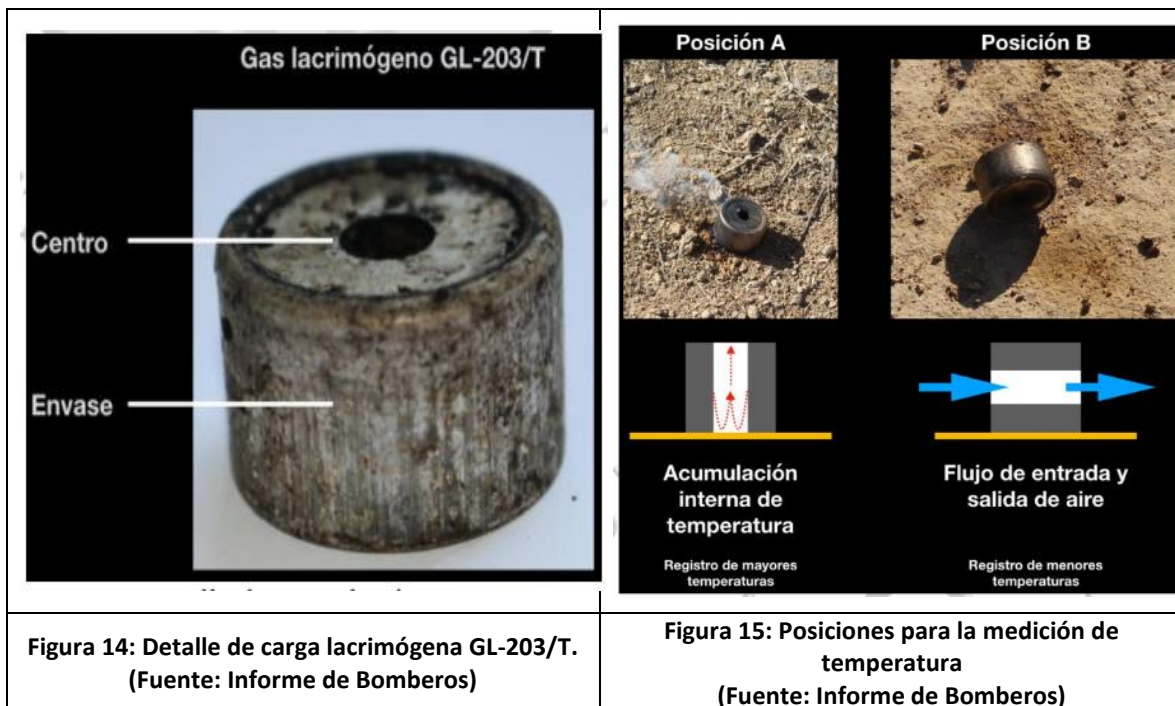


Figura 14: Detalle de carga lacrimógena GL-203/T. (Fuente: Informe de Bomberos)

Figura 15: Posiciones para la medición de temperatura (Fuente: Informe de Bomberos)

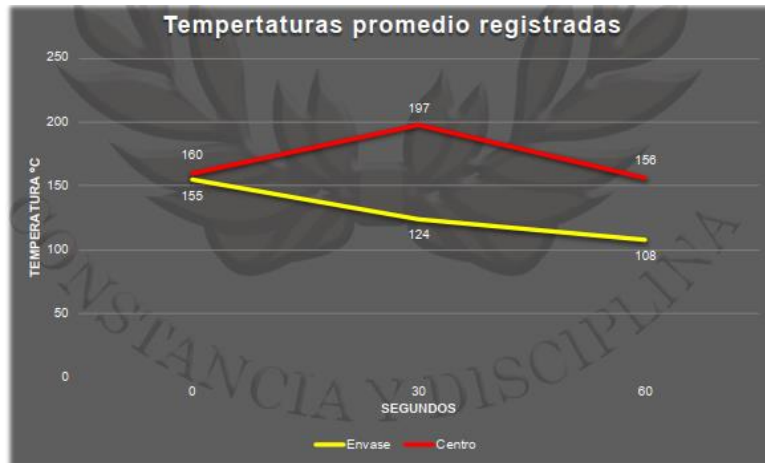


Figura 16: Resultado de ensayo con mediciones de temperatura sobre terreno árido y en posición “B”.
(Fuente: Informe de Bomberos)

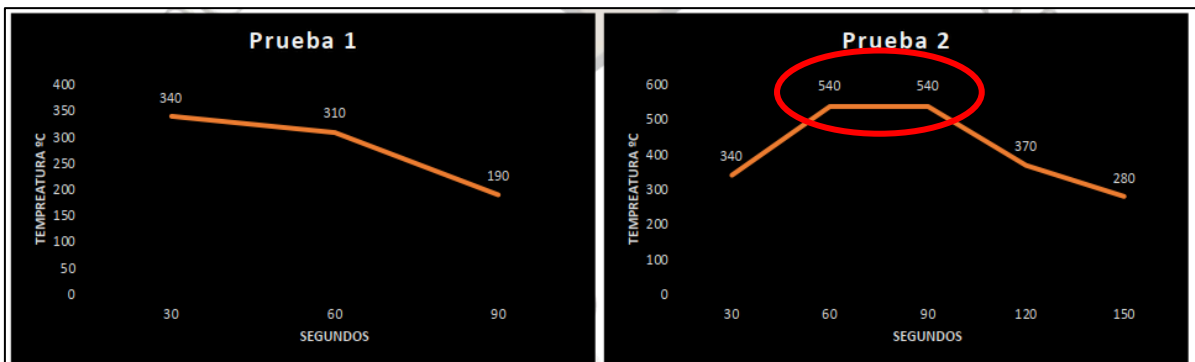


Figura 17: Resultado de ensayo con mediciones de temperatura al centro de la carga lacrimógena sobre pasto seco y en posición “A”. Se destaca temperatura máxima de 540°C alcanzada en la prueba 2 entre los 60 s y 90 s de medición.
(Fuente: Informe de Bomberos)

El resultado de los ensayos muestra que el dispositivo modelo de lacrimógena CONDOR GL-203/T, puede generar una temperatura en su centro de hasta 540°C en posición horizontal (sin ventilación del centro, posición “A”) sobre pasto seco (ver Figura 17).


Es importante destacar que según la ficha técnica del proveedor “CONDOR”, este dispositivo “en contacto con materiales de fácil combustión puede provocar llamas” (ver Figura 18).


GL-203/T

GL-203/T

GL-203/T

CARGA MÚLTIPLE LACRIMOGÊNEA





O cartucho cal. 37/38, 38.1 e 40 mm GL-203/T foi desenvolvido para emprego em operações de controle de distúrbios e combate à criminalidade. Os projetis são lançados a distâncias médias de 80 metros antes ou após obstáculos tais como muros e barricadas, com o objetivo de desalojar pessoas e dissolver grupos de infratores pelo efeito do agente lacrimogênico.

OPERAÇÃO

Deve ser disparado pelo lançador CONDOR AM-600 ou por qualquer lançador de calibre semelhante ao da munição.

O maior alcance é obtido posicionando a arma a um ângulo de 45° em relação ao solo.

O efeito terminal é a emissão do agente lacrimogênico CS (ortoclorobenzalmalononitrilo) pelos 3 projetis, formando-se uma grande área gasada.

Não atirar diretamente contra pessoas, pois o tiro pode ser fatal!

Em contato com materiais de fácil combustão pode provocar chamas.

CARACTERÍSTICAS GERAIS


O cartucho é composto de estojo de alumínio, espoleta de percussão, carga de projeção e 3 projetis de alumínio contendo com carga lacrimogênica. Os projetis são dotados de orifício para a saída da fumaça contendo o agente lacrimogênico CS.

GARANTIA

Armazenado na embalagem original, em local fresco, seco e arejado, distante de paredes, teto e chão e ao abrigo da luz solar o produto tem garantia de 3 anos.

ATENÇÃO

Este produto só pode ser utilizado por pessoas legalmente habilitadas e treinadas. Se empregado de forma inadequada, pode causar lesão grave ou morte e ainda provocar danos ao patrimônio e ao meio ambiente.



A empresa se reserva o direito de fazer modificações técnicas para melhoria do produto sem aviso prévio. Figuras meramente ilustrativas.

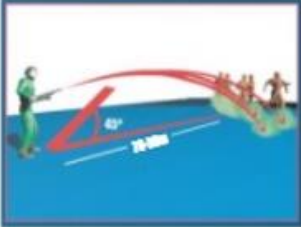
DISPARO
Lançador CONDOR AM 600 ou lançador de mesmo calibre da munição

DADOS DE TRANSPORTE


1.4G


NBR 7.500
N° ONU 0303


ESPECIFICAÇÕES
Tempo médio de emissão: 20 seg
Alcance: 70 - 90 m
Comprimento: 115 mm
Peso: 187 g
EMBALAGEM (Sub consulta)



EMPRESAS CERTIFICADAS








CONDOR
Tecnologias Não Letais

www.condornaletal.com.br
info@condornaletal.com.br

Representação exclusiva



Weiser Itage
Participações e Comércio S.A.

WELSER ITAGE PARTICIPAÇÕES E COMÉRCIO S.A. - Rua do Carmo 7 180 - Centro - São Paulo - SP - 05013-000
Tel/Fax: +55(11) 3014-0000

Figura 18: Ficha descritiva de cargas lacrimogênicas GL-203/T Córdor
(Fuente: Informe de Bomberos)

4.4 Revisión del Informe Pericial Químico de la PDI

En esta sección se presentan extractos de interés técnico del Informe Pericial Químico PDI.

En la sección II, punto 2 (Figura 19) y puntos 3 y 4 (Figura 20) de este informe, se presenta el procedimiento que se siguió durante las pruebas experimentales de las bombas lacrimógenas reportadas en el “Informe de Bomberos”, descrito en la sección 4.3 anterior de este informe.

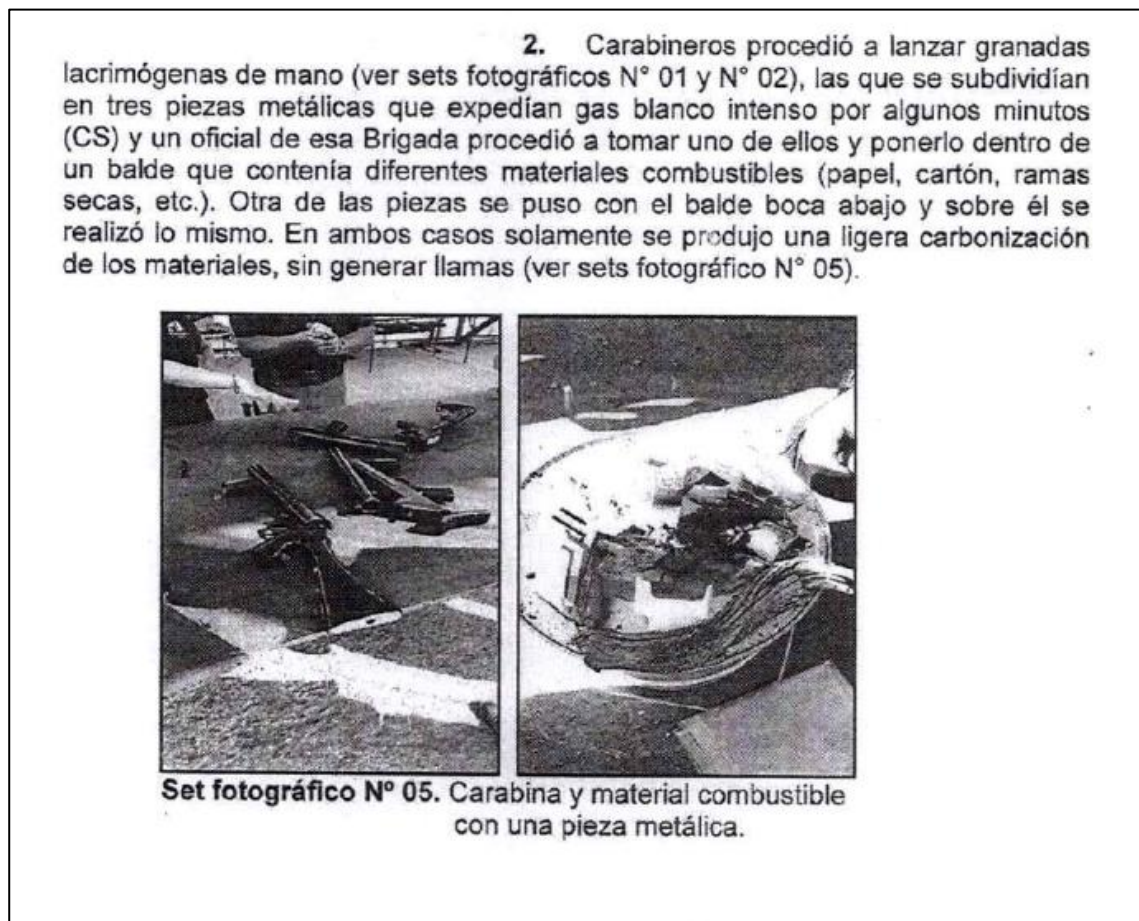


Figura 19: Extracto de la sección 2 del Informe Pericial Químico PDI

3. Se realizó la misma experiencia con cartuchos lacrimógenos que fueron disparados con una carabina lanza gases del tipo CÓNDROR, calibre 37/38 mm, desde una distancia aproximada de 100 m (ver sets fotográficos N° 03 y N° 04) y al igual que la granada, se subdividió en tres piezas metálicas que expedían gas blanco intenso por algunos minutos (CS). El resultado fue el mismo que el de la granada de mano.

4. Bomberos procedió a tomar temperaturas del centro de las piezas metálicas y del borde exterior y entregarán un informe detallado de toda la información que se levantó en la experiencia realizada.

Figura 20: Extracto secciones 3 y 4 del Informe Pericial Químico PDI

En la sección III, conclusiones, el informe señala que ***“no se obtuvo la generación de llamas al estar en contacto con diferentes materiales combustibles (papel, cartón, ramas secas, etc.), solamente se produjo una leve ignición de dicho material, que se apagó en breve tiempo”***.

Luego añade: ***“Lo que no descarta que este tipo de artefacto pudiera generar llamas, tal vez en otras condiciones dependiendo de la carga combustible adyacente, las condiciones ambientales y la ventilación del lugar”***.

4.5 Revisión de Informes de Carabineros de Chile

En esta sección se presentan extractos de interés técnico de los siguientes documentos:

- Informe de Carabineros N°283.
- Informe de Carabineros N°434.


El párrafo introductorio del Informe de Carabineros N°283 señala que “...respecto a la causa RUC N° 2010004968-7, la Fiscalía Regional Metropolitana Zona Centro Norte, mediante la cual se investiga el incendio que afectó el Centro Arte Alameda, ubicado en Avenida Libertador Bernardo O’Higgins N° 139, comuna de Santiago, el día 27.12.2019, en virtud de la cual solicita se remita determinada información sobre los disuasivos químicos utilizados por personal policial...”.

En el punto 3.2 de este informe se afirma “*la adquisición de «Granadas Lacrimógenas CS Triple acción marca “Condor” modelo GL-300/TH» y «Cartuchos 37mm corto alcance, marca “Condor” modelo GL-203/T»*”.

Este informe incluye la hoja de seguridad de los cartuchos CONDOR – MODELO GL-203/T. En la Figura 21 se muestra un extracto de la hoja de seguridad con la composición química del producto.

En la Figura 22 se evidencia la clasificación H-204, *Fire or Projection Hazard*, que identifica el peligro de fuego o proyección.

Respecto al Informe de Carabineros N°434, en la Figura 23 se muestra un extracto con la descripción técnica de los cartuchos GL-203/T.




**MATERIAL SAFETY DATA SHEET
TRIPLE TEAR GAS (CS) CHARGE
GL-203/T**

3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS		
CHEMICAL CHARGE		
Components	CAS N°	Composition
Ortochlorobenzalmalonotrilo (CS)	2698-41-1	< 30%
Potassium chlorate	3811-04-09	10 - 20%
Magnesium carbonate	546-93-0	10 - 20%
Nitrocellulose	9004-70-0	15 - 30%
D(+)- Sucrose	57-50-1	20 - 40%
Propellant Charge		
Components	CAS N°	Composition
Glassy Carbon	16291-96-6	< 20%
Nitrato de Sódio	7631-99-4	< 80%
Sulphur	7704-34-9	< 20%

-Additional information: For the ingredient (s) listed, the exact identity and / or percentage (s) are being retained as an industrial secret.

**Figura 21: Composición química de lacrimógena.
(Fuente: Informe de Carabineros N°283)**



MATERIAL SAFETY DATA SHEET TRIPLE TEAR GAS (CS) CHARGE GL-203/T

1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

Product Identification

Model: GL-203/T
Product Name: Triple tear gas (CS) charge






GENERAL USE: Crowd Control
CHEMICAL FAMILY: CS agent

MANUFACTURED FOR:

Company	Condor S.A. Indústria Química
Address	Rua Armando Dias Pereira, nº 160, Adrianópolis
Telephone	+55 (21) 2886-8747
Emergency phone number	+55 (21) 2886-8747
E-mail address	info@condornaoletal.com.br
Web	www.condornaoletal.com.br

2. HAZARD IDENTIFICATION

Label elements
GHS label elements
The product is classified and labeled according to the "Globally Harmonized System (GHS)".
Hazard pictograms

GHS01 GHS06 GHS08 GHS09 GHS07

Signal Word: Danger

Hazard statements

- H204 - Fire or projection hazard.
- H301+H311 - Toxic if swallowed or in contact with skin.
- H330 - Fatal if inhaled.
- H315 - Causes skin irritation.
- H319 - Causes serious eye irritation.
- H334 - May cause allergy or asthma symptoms or breathing difficulties if inhaled.
- H317 - May cause an allergic skin reaction.
- H335 - May cause respiratory irritation.
- H400 - Very toxic to aquatic life.
- H412 - Harmful to aquatic life with long lasting effects.

Product: GL-203/T
MSDS in accordance with the NBR 14725-4:2014
061616510015

Ver.00
Issue Date: 18/09/2019

Página 1 de 9

Figura 22: Categoría H204 de peligro de incendio o proyección del cartucho GL-203/T.
(Fuente: Informe de Carabineros N°283)

b).- Cartuchos Lacrimógenos CS calibre 37/38mm", marca "Condor" modelo "GL-203/T.

Tipo de Cartucho

Cartucho lacrimógeno "CS" calibre 37/38mm, se constató su compatibilidad para ser utilizado con carabinas lanzagases del cargo institucional.

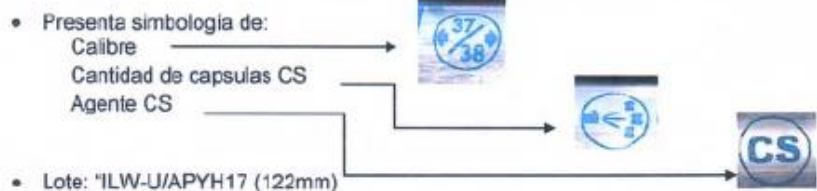
Características:

- Peso del Cartucho: 180 g.
- Longitud del cartucho: se constató que hay cartuchos de dos longitudes, 122 y 115mm.
- Cantidad de cápsulas: 3 proyectiles.
- Material de la vaina: aluminio.
- Material contenedor de las cápsulas: aluminio.
- Tiempo de descarga: 25 segundos.
- Sellado para el agua: imprimación recubierta de laca y parte superior sellada, en dos colores, azul aquellos cartuchos de 122mm de largo y en color beige aquellos cartuchos de 115mm largo.
- Alcance: promedio: 130 metros (a 45 grados), conforme a prueba práctica.
- Vida útil: 7 años.
- País de origen: Brasil.

Rotulación:

En su cuerpo el cartucho lacrimógeno CS calibre 37/38, marca "Condor", modelo "GL-203/T" presenta su vaina de aluminio color gris y en color azul la siguiente rotulación:

- Dos bandas alrededor del cuerpo del cartucho color azul en extremos de este.
- Modelo: GL-203/T.
- Tipo de cartucho: Proyectiles de gas lacrimógeno de carga triple (conocido como triple acción)
- Medida de Seguridad: atención no utilizar después de la fecha de validez



- Lote: "ILW-U/APYH17 (122mm)
- Lote: ILW-U/AJBM15 (115mm)
- Fecha de manufacturación: noviembre 2018
- Fecha de vencimiento: noviembre 2025.

Prueba práctica:

Se efectuó prueba práctica con seis cartuchos lacrimógenos CS, calibre 37/38mm, marca "Condor", modelo "GL-202", tres de ellos de 122mm de largo y tres de 115mm de largo, obtenidos al azar desde el lote recepcionado, para efectos de constatar compatibilidad con las carabinas lanzagases Pen Arms modelo L1, Condor modelo AM-600 y Stopper constatándose su buen funcionamiento.

El alcance promedio de las cápsulas CS de los tres cartuchos sometidos a evaluación fue de 160 metros en promedio, (disparos realizados a 45° de inclinación respecto del piso). El tiempo de emisión de gases CS fue en promedio de 24 segundos.

**Figura 23: Descripción de los cartuchos GL-203/T.
(Fuente: Informe de Carabineros N°434)**

4.6 Inspección en terreno

En el estudio del incendio y de los hechos, el análisis en el sitio de los patrones dejados por el incendio (*Fire Pattern*) ayuda a definir, con buena probabilidad, la dinámica y la intensidad del evento.

Las inspecciones se registran en las siguientes fechas:

- 13 de septiembre de 2021
- 09 de octubre de 2021

Se generaron un total de 178 fotografías² de obtención propia con cámara digital y dron.

El siguiente reporte fotográfico, de **obtención propia**, presentado desde la Figura 24 hasta la Figura 31, tiene como finalidad la constatación del siniestro, la observación técnica respecto al estado del recinto post-incendio y la búsqueda de indicios que aporten técnicamente a este estudio.

Cabe destacar que entre las fechas de las visitas efectuadas por DICTUC y la fecha del incendio, transcurrieron más de 20 meses, tiempo durante el cual, a nivel general, la escena sufrió diversas alteraciones por manejo y/o movimiento de escombros del incendio.

² El registro fotográfico completo permanece en la carpeta investigativa de DICTUC.

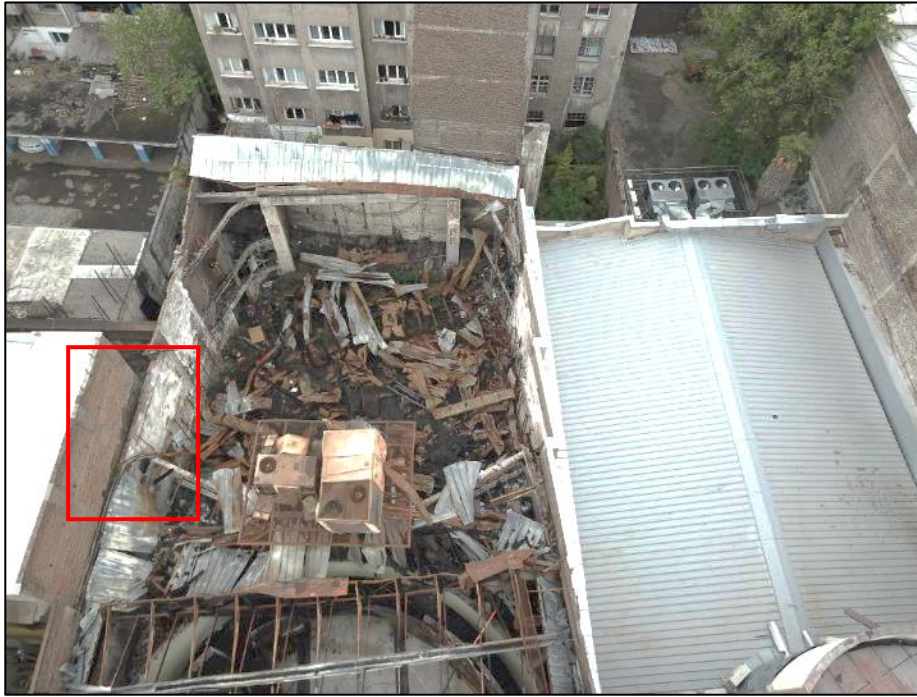


Figura 24: Ex sala de cine y área de origen en cuadro rojo



Figura 25: Área de Origen. Vista lateral



Figura 26: Indicios de basura en las canaletas de aguas lluvias



Figura 27: Elemento en Poliestireno Expandido (EPS) quemado desde el exterior



Figura 28: Residuos quemados en canaleta de aguas lluvias



Figura 29: Cápsula de lacrimógeno (modelo para tiro con escopeta) en canaleta de aguas lluvias, en posición horizontal

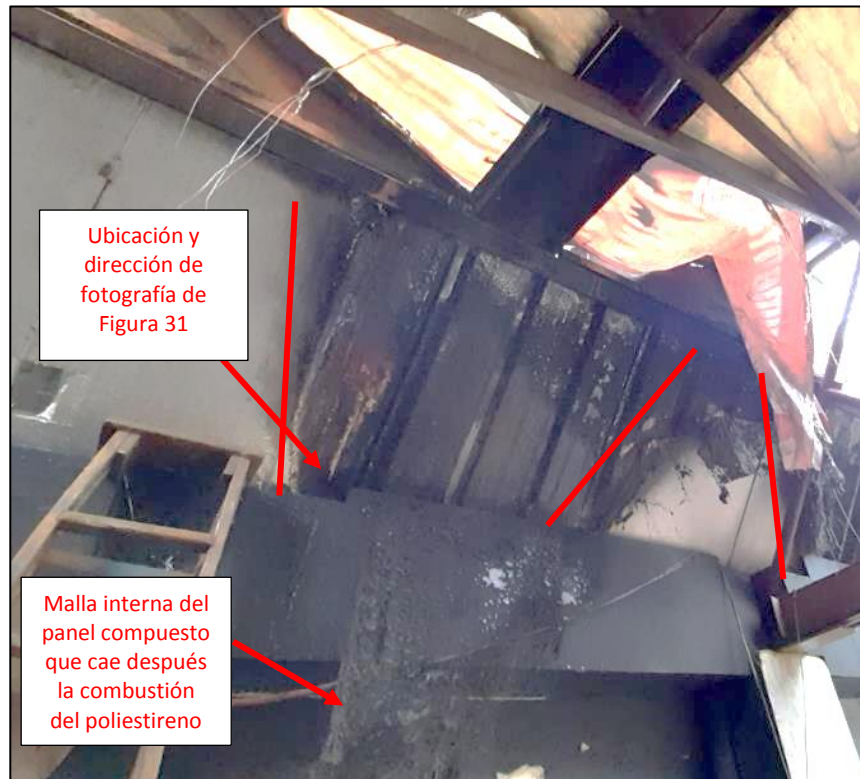


Figura 30: Marcas en “V” (NFPA 921) de fuego que muestran una propagación del fuego desde la canaleta del agua (misma posición del cartucho en Figura 29)



Figura 31: Poliestireno Expandido quemado, con origen del fuego en la canaleta y propagación como se muestra en Figura 30

5. Análisis de datos e hipótesis de generación de fuego

La determinación de la generación y propagación del incendio requiere la identificación de las circunstancias y factores necesarios para que se produzca y se propague el fuego.

Existen dos elementos que deben ser analizados para identificar la ignición y propagación de un incendio:

1. La fuente de calor (**Fuente de ignición**).
2. El material que primero entró en combustión (**Origen - Primer combustible**).

A partir de lo visto en terreno, más los antecedentes revisados en los informes de Bomberos, PDI y Carabineros de Chile, se procede a listar a continuación **los hallazgos** más importantes encontrados:

- El cuerpo de una lacrimógena (la cápsula) GL-203/T, puede llegar a una temperatura de hasta 540°C en posición horizontal (sin ventilación del centro) apoyada sobre pasto seco.
- La descripción de la sección del techo del Centro Arte Alameda que realiza el Cuerpo de Bomberos (Figura 12) no es exacta.
- Hay secuencias de videos donde se identifica una ignición en la canaleta de aguas lluvias de la techumbre (Figura 8 a Figura 11).
- Hay indicios en otras partes de la techumbre, en particular en las canaletas de aguas lluvias, de cuerpos (cápsulas) de cartuchos lacrimógenos de aspecto similar al GL-203/T. (Figura 29).
- Hay indicios de presencia de basura en las canaletas de la techumbre (Figura 26).
- Se identifica un área donde se pudo haber generado una situación similar a la situación en estudio (Figura 30).

Dado lo anterior, se establece la siguiente hipótesis a comprobar:

«El inicio del incendio pudo haber sido causado por una bomba lacrimógena».

En los párrafos siguientes, para demostrar la hipótesis, se estudia la relación que puede existir sobre la posible fuente de ignición (cápsula de lacrimógeno GS-203/T), el primer combustible (basura en la canaleta) y la propagación del incendio (características constructivas del techo). En particular, esta relación se puede esquematizar como se muestra en la Figura 32.

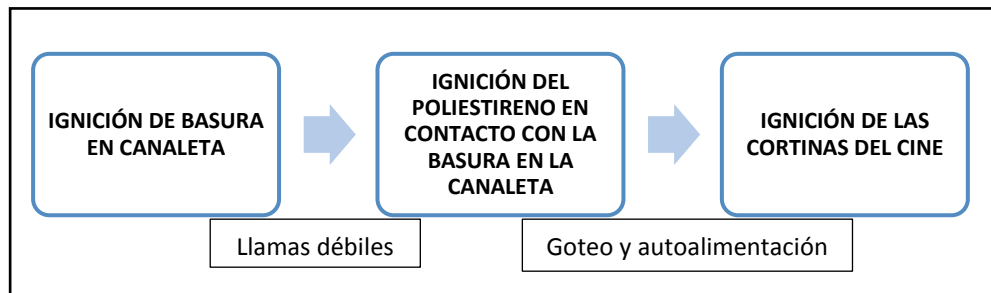


Figura 32: Esquema de Ignición y propagación inicial de la hipótesis a comprobar

5.1 Fuente de ignición

Un cartucho GL-203/T es un dispositivo constituido de 3 cápsulas que, a través de un disparo por medio de una carabina, produce una reacción química para la generación de gas lacrimógeno. Como se muestra en Figura 21, hay una carga química, entre estos, el agente CS y una carga propelente.

El agente CS no es un gas propiamente tal, sino más bien un polvo cristalino blanco con “olor a pimienta”. Este agente es estable al ser calentado y tiene un bajo valor de presión de vapor. Para que cumpla su función requiere de un medio de dispersión lo que incluye la combinación de CS con compuestos pirotécnicos en una granada o cartucho lacrimógeno, generando humo o niebla, y dispersión de un fino polvo como aerosol³. En otras palabras, el cartucho funciona por medio de las reacciones químicas pirotécnicas que elevan la temperatura y presión en su interior, generando la dispersión del polvo (agente CS) por medio de los productos de la combustión pirotécnica (dispersión térmica).

En base a las pruebas experimentales constatadas, y conforme a indicios encontrados en terreno (como se muestra en la Figura 29), el cuerpo de la cápsula en posición horizontal (sin ventilación de su centro), puede llegar a una temperatura de hasta 540°C.

Aparte de algunos mecanismos especializados (arco eléctrico, etc.), el calentamiento externo de sólidos implica una combinación de los tres mecanismos clásicos de transferencia de calor:

- conducción
- convección
- radiación

El calentamiento por radiación se considera el más importante de estos, y es el dominante en las llamas y en situaciones en las que un cuerpo caliente no contiguo o no en contacto, proporciona el

³ National Research Council of the National Academies. *Acute Exposure Guidelines Levels for Selected Airborne Chemicals*. The National Academy Press, Volume 16, 2014, p.312. (EEUU).
https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-11/documents/tear_gas_final_volume_16_2014.pdf

calentamiento a otro. El calentamiento por conducción es el mecanismo principal cuando un cuerpo caliente entra en contacto directo con un material combustible o inflamable.

El concepto de temperatura de ignición es útil para comprender por qué, usando una llama pequeña, es más difícil encender una superficie plana, pero es más fácil encender un borde y aún más fácil encender una esquina. Esto se debe a que, en una esquina, el calor puede fluir hacia el cuerpo en tres direcciones, de modo que su temperatura aumenta lo más rápidamente posible a un valor determinado.⁴

Es importante destacar que una cápsula de lacrimógena recién activada puede propagar calor:

- A. por conducción, en el contacto con los materiales combustibles.**
- B. por convección, a través de los gases calientes emanados.**
- C. por radiación, con los materiales más cercanos.**

La duración de la fase de ignición depende de los siguientes factores:

- Inflamabilidad y características superficiales del combustible.
- Contenido de humedad y porosidad del combustible, distribución y orientación espacial en el medio ambiente.
- Posibilidad de propagación de la llama y grado de participación en el incendio del combustible.
- Tasa de descomposición del combustible involucrado en el incendio.
- Posibilidad de disipación de calor en el combustible.

5.1.1 Cuerpos Calientes

Los cuerpos calientes, en general, incluyen tanto sustancias con una cantidad finita de calor como aquellas que se calientan continuamente. Un cuerpo caliente puesto en contacto con material combustible puede provocar su ignición.

Deben considerarse dos posibilidades:

- el material combustible puede arder sin exposición a llama.
- el material combustible no logra arder sin exposición a llama.

Si el material no logra arder sin exposición llama, entonces sólo se puede encender si el cuerpo caliente crea suficientes gases de pirólisis, y los gases luego se encienden por autoignición o por la temperatura de la superficie del cuerpo caliente. La mayoría de los plásticos no porosos (como el

⁴ Babrauskas, V., Ignition Handbook, 2003, 1° Ed

Poliestireno Expandido) no son susceptibles a arder sin exposición a llama y, por lo general, es difícil generar su ignición con cuerpos calientes.

Cuando se exponen a un cuerpo caliente, los termoplásticos se derriten, gasifican y, por lo general, se retraen de la superficie calentada. A menos que se liberen copiosamente gases inflamables, es probable que la exposición al cuerpo caliente conduzca a una “no ignición” con el material restante alejado y separado del cuerpo caliente por un espacio de aire.

En la Figura 33 se muestra el instante en que se acerca un cuerpo caliente (tuerca de acero calentada a fuego) a la superficie de una muestra de poliestireno obtenida del sitio del siniestro. Se observa que el material se “retrae” o aleja del cuerpo caliente sin generarse ignición, y en la zona de contacto sólo hay generación de gases.



Figura 33: Prueba en laboratorio IPF de DICTUC. Muestra de poliestireno expandido tomada del sitio del siniestro, expuesta o en contacto con cuerpo caliente

Los materiales que arden sin necesidad de exposición a llama pueden encenderse primero “sin llama”, pudiendo más tarde (o no) ocurrir la combustión con llama; o también pueden encenderse directamente con llama.

Parte de la dificultad surge de complicaciones geométricas. Se pueden considerar algunas posibilidades comunes, aunque la variedad es infinita:

- un pequeño cuerpo caliente entra en contacto con la superficie mucho más ancha de un combustible.
- toda la cara del combustible entra en contacto con un cuerpo caliente.
- un cuerpo caliente está parcial o totalmente sumergido en el sólido.

Si la sustancia no arde sin llama y es térmicamente espesa, entonces la ignición sólo puede ocurrir en los bordes alrededor de la superficie caliente, ya que se presume que la superficie caliente es impermeable al flujo de oxígeno. El problema, por tanto, se vuelve intrínsecamente tridimensional.

Debe tenerse en cuenta que, en el caso del cuerpo caliente pequeño, es probable que se cree un flujo convectivo por su presencia, y esto influirá en la respuesta térmica de aquellas partes del objeto que no están en contacto directo con el cuerpo caliente, favoreciendo su calentamiento.

5.2 Origen

Para la ignición de sólidos, el problema práctico es definir lo siguiente:

- el ataque térmico.
- el calentamiento y pirólisis del sólido.
- la asociación de la observación de llamas con una variable cuantificable.

Para entender cómo la fuente de ignición impacta sobre el origen, en términos energéticos, es necesario aclarar y corregir el esquema del punto de origen propuesto por el Cuerpo de Bomberos de Santiago en su “Peritaje de Incendio”.

En la Figura 34, se incluye el esquema modificado del “Informe de Bomberos” al que se la ha incluido el material aislante o poliestireno expandido adherido a la cubierta de acero zincado.

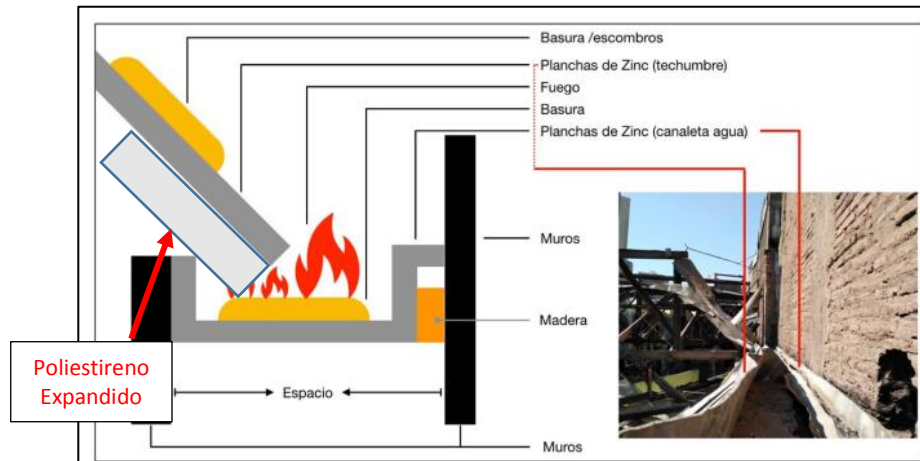


Figura 34: Esquema con la sección real de la conexión entre el techo y la canaleta de aguas lluvias (esquema modificado por DICTUC respecto al original presentado en Figura 12)

Es necesario conocer la temperatura de ignición o el flujo térmico (Tabla 1), indispensable para encender algunos de los materiales en la Figura 34.

Tabla 1: Valor de temperaturas de ignición y del flujo térmico mínimo para la ignición de algunos combustibles en aire (Fuente: Antonio La Malfa, Ingegneria della Sicurezza Antincendio, Ed. 2006)

Combustible	Temperatura de Ignición (°C)	Flujo Térmico Mínimo (kW/m ²)
Papel	230°	-
Madera	220°	11
Poliestireno	350°	29

5.2.1 Ignición de basura en canaleta

Como se muestra en la prueba de laboratorio realizada por la Unidad de Ingeniería de Protección contra el Fuego (IPF) de DICTUC (Figura 35 y Figura 36), posicionando un elemento caliente con temperatura superficial de 540°C aproximadamente, sobre una capa de basura (recogida de la inspección en terreno en el lugar siniestrado), se genera una ligera combustión con humo (Figura 37).

El resultado de la prueba realizada en Laboratorio IPF de DICTUC, confirma el resultado declarado por el “Informe Pericial Químico PDI” (Figura 19 y Figura 20).



Figura 35: Horno de combustibilidad ISO 1180 y medición de temperatura en cuerpo caliente



Figura 36: Montaje de canaleta con basura (recuperada en inspección) y porción del techo



Figura 37: Ligera combustión con humo en la zona de contacto del cuerpo caliente con el resto de basura recogido del lugar siniestrado, cercano al área de origen

La prueba experimental no permitió una generación de llamas, tal como se muestra en el video de la Figura 8.

Para entender si hay posibilidad de generación de llamas se han cruzado métodos de investigación de incendio forestales con esta situación específica, considerando que el tipo de basura en la canaleta de aguas lluvias puede asumirse como “Combustible ligero muerto”.

Para desarrollar la investigación se han buscado los datos meteorológicos en la hora y la fecha del incendio (como se muestra en Figura 38 y Figura 39). A las 19:00 horas del día 27 de diciembre de 2019 la temperatura era de 28°C con una humedad relativa del aire de 23%. Luego, utilizando la tabla de la Figura 40, se pudo estimar lo que sería el nivel de contenido de humedad del “Combustible ligero muerto” que resulta igual a 6%.

Cruzando las informaciones obtenidas con las tablas de riesgo incendio de CONAF (Figura 41), se puede concluir que el material combustible en la canaleta contenía alto riesgo de incendio y con rápida ignición con consecuente generación de llamas. Además, la temperatura generada por la cápsula de lacrimógeno (pudiendo llegar a 540°C) es suficientemente alta respecto a la temperatura de ignición de la madera (220°C) (Tabla 1), **confirmando un posible inicio del incendio** como el registrado en Figura 8.

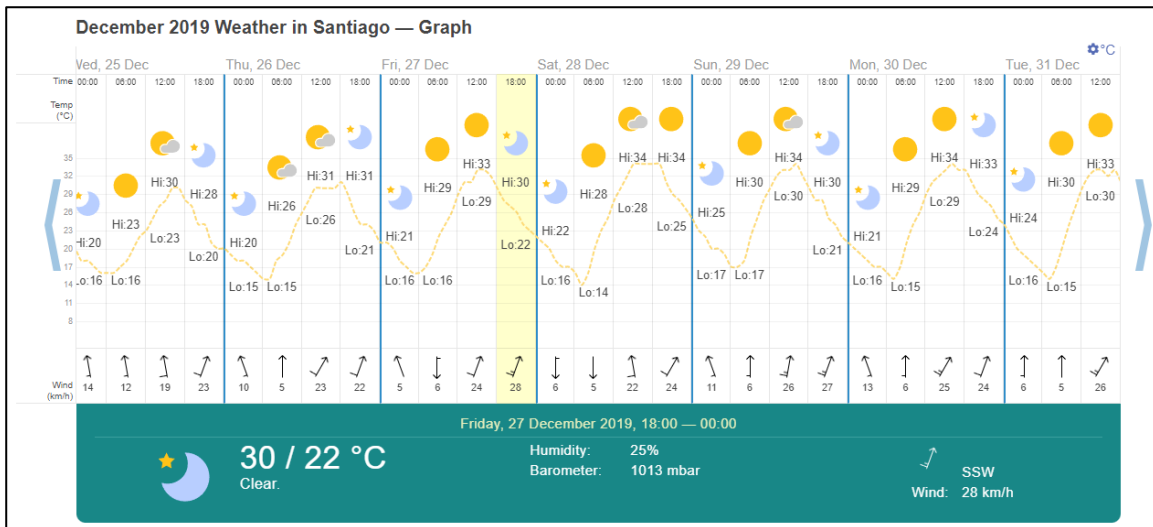


Figura 38: Registro meteorológico en Santiago el 27 de diciembre 2019
(Fuente: <https://www.timeanddate.com/weather/chile/santiago/historic?month=12&year=2019>)

Time	Conditions			Comfort			Barometer	Visibility
	Temp	Weather	Wind	Humidity				
09:00	22 °C	Sunny.	4 km/h	↓	33%	1014 mbar	16 km	
10:00	24 °C	Sunny.	4 km/h	↓	29%	1014 mbar	16 km	
11:00	26 °C	Sunny.	4 km/h	↓	26%	1014 mbar	16 km	
12:00	29 °C	Sunny.	9 km/h	↓	23%	1014 mbar	16 km	
13:00	31 °C	Passing clouds.	15 km/h	↑	19%	1014 mbar	N/A	
14:00	31 °C	Sunny.	26 km/h	↗	19%	1013 mbar	16 km	
15:00	33 °C	Passing clouds.	28 km/h	↗	17%	1014 mbar	N/A	
16:00	33 °C	Sunny.	26 km/h	↗	18%	1013 mbar	16 km	
17:00	32 °C	Sunny.	32 km/h	↗	20%	1013 mbar	16 km	
18:00	30 °C	Sunny.	35 km/h	↗	22%	1012 mbar	16 km	
19:00	28 °C	Sunny.	56 km/h	↗	23%	1012 mbar	16 km	
20:00	27 °C	Sunny.	33 km/h	↗	24%	1013 mbar	16 km	

Figura 39: Temperatura y humedad en Santiago a la fecha y hora del incendio.

(Fuente: <https://www.timeanddate.com/weather/chile/santiago/historic?month=12&year=2019>)

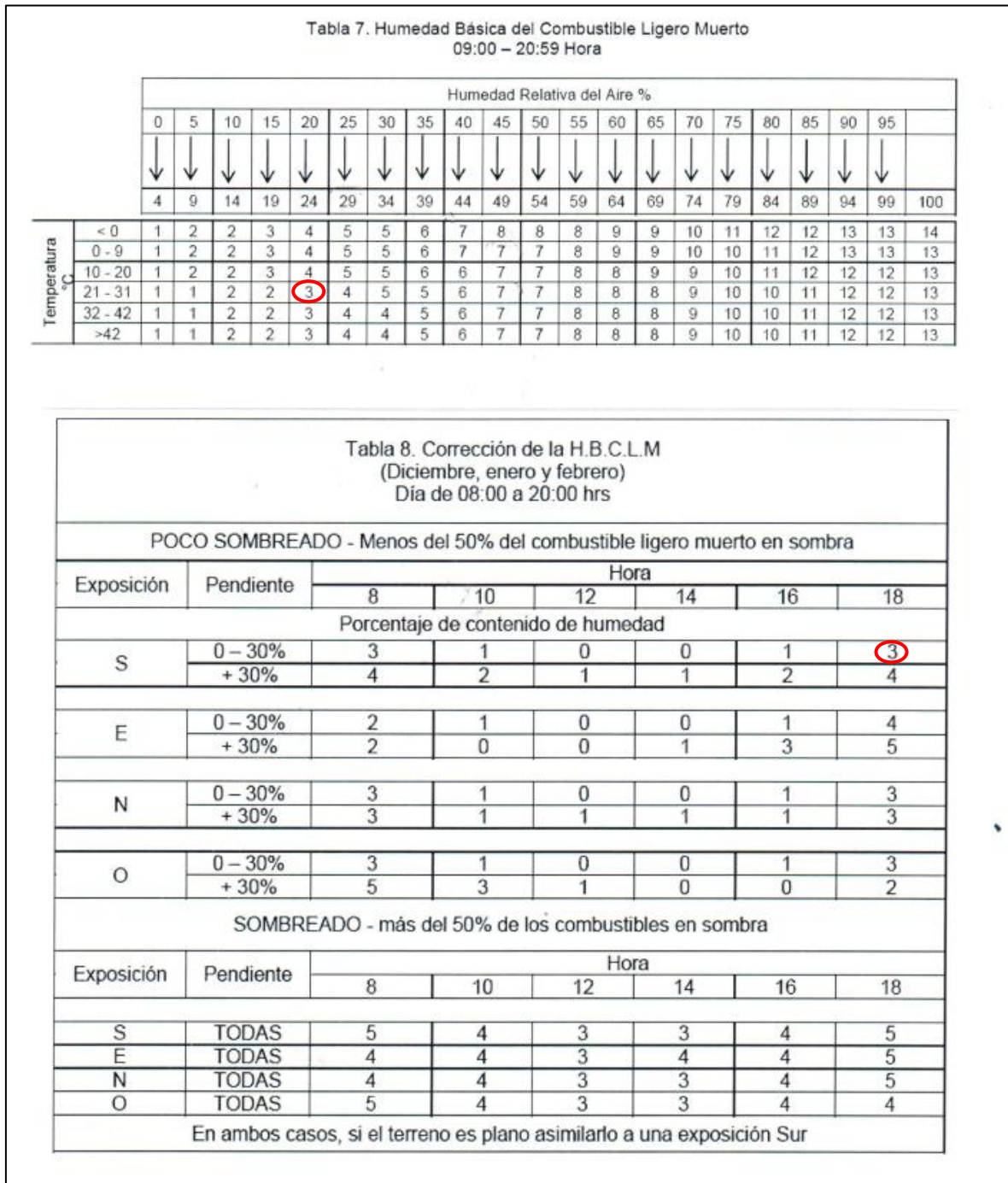


Figura 40: Tabla de cálculo de humedad del combustible ligero muerto para los incendios forestales
(Fuente: <http://hydraula.blogspot.com/2019/03/incendios.html>)

HR (%)	Hum. Comb. (1h) (%)	Hum. Comb. (10h) (%)	Condición de severidad
> 60	>20	>15	<ul style="list-style-type: none"> Ignición muy lenta Algunas pavesas con vientos mayores a 14 km/h
45 - 60	15 - 19	12 - 15	<ul style="list-style-type: none"> Bajo riesgo de ignición Fogatas de picnic pueden ser peligrosas Posible ignición por pavesas cuando la HR<50
30 - 45	15 - 19	10 - 12	<ul style="list-style-type: none"> Ignición media Fósforos pueden ser peligrosos Condición de quema adecuada
26 - 40	8 - 10	8 - 9	<ul style="list-style-type: none"> Alto riesgo de ignición Fósforos son peligrosos Coronamiento ocasional Pavesas Condición moderada de quema
15 - 30	6 - 8	6 - 8	<ul style="list-style-type: none"> Rápida ignición Rápido crecimiento Coronamiento extensivo Las pavesas aumentan directamente con el aumento del viento Fuego sube por la corteza, encendiendo los combustibles aéreos Pavesas enviadas muy lejos en las plantaciones de pino Condición de quema peligrosa
< 15	< 6	<6	<ul style="list-style-type: none"> Toda fuente de ignición es de alto riesgo Condición de propagación agresiva Pavesas crecen rápidamente Probabilidad de comportamiento extremo del fuego Condición de quema crítica

Figura 41: Índice de Humedad de “Combustible ligero muerto”.

(Fuente: <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/combate-de-incendios-forestales/indice-de-humedad-del-combustible-fino-muerto>)

5.2.2 Ignición del EPS en contacto con las llamas de la basura en la canaleta

El poliestireno expandido sinterizado (EPS) es un material rígido y ligero derivado del petróleo y compuesto de carbono, hidrógeno y 98% de aire.

El poliestireno se obtiene a partir del monómero de estireno, derivado del petróleo. Mediante la polimerización del estireno se obtiene poliestireno en forma de pequeñas perlas; luego, poniéndolos en contacto con vapor de agua a una temperatura superior a 90° C y el pentano, un hidrocarburo gaseoso se expande hasta 20-50 veces su volumen inicial.

El siguiente paso, denominado sinterización, es el proceso de soldadura de las perlas de poliestireno expandido que, nuevamente sometidas a la acción del vapor de agua, se unen para formar un bloque homogéneo de material expandido.

De esta forma, se genera una estructura de celda cerrada que retiene el aire en el interior, evitando sus movimientos convectivos y dando así al poliestireno expandido sus excelentes propiedades termoaislantes.

Para la producción de poliestireno expandido sólo se utiliza vapor de agua y pentano, que se evapora al final del proceso sin el uso de los clorofluorocarbonos.

El poliestireno, compuesto de carbono e hidrógeno, es por naturaleza un material combustible. La combustión se produce a una temperatura aproximada de 450°C y la llama se propaga por su superficie si hay suficiente suministro de oxígeno.

El poliestireno, como compuesto de carbono e hidrógeno, **es por naturaleza un material combustible que comienza su descomposición a una temperatura de 230-260°C, con la emisión de vapores inflamables, pero donde la ignición se produce sólo a 450-500°C.** La posterior propagación de la llama se produce de “forma natural” en un EPS común.

El EPS requiere una cierta cantidad de energía para su encendido: una chispa o un cigarrillo encendido no son suficientes para generar una llama.⁵

En resumen, el comportamiento a altas temperaturas del EPS es el siguiente:

- Temperatura de descomposición 230-260°C primeros signos de contracción.
- Temperatura de ignición 360-370°C (DIN 54836) o 345-360°C (ASTM D1929).
- Temperatura de autoignición 450-500°C o 490°C (ASTM D1929).
- Temperatura de autoignición del estireno 490°C.

⁵ Tal como se describió en 5.1.1.

El único modo para encender el EPS presente en la cubierta del Centro Arte Alameda es con llama directa (Figura 34) generada por la basura.

Debido a la inclinación de la techumbre, las llamas podrían haber atacado el EPS de manera tridimensional⁶, facilitando su combustión, lo que podría confirmar la secuencia vista en video N°2, cuyas capturas se registran desde la Figura 9 hasta la Figura 11.

5.2.3 Ignición de las cortinas del cine con propagación hacia el interior

El aporte del EPS, en términos del balance energético de un fuego, es “modesto”, en relación a su baja densidad: 1 dm cúbico de EPS de 15 Kg/m³ tiene un poder calorífico de 590 J contra 9.200 J del mismo volumen de abeto madera, por lo que su principal aporte al riesgo de incendio está asociado a otros comportamientos, como, por ejemplo, al goteo incandescente o con llamas que puede generar durante su combustión.

En la Figura 42 se muestra una prueba de laboratorio realizada por la Unidad de Ingeniería de Protección contra el Fuego (IPF) de DICTUC a una muestra de EPS de la cubierta obtenida del sitio siniestrado. Es posible observar que una vez que el elemento de EPS está encendido con llamas genera **un goteo incandescente o con llama (Figura 43), que al caer permite la propagación del fuego, como, por ejemplo, al caer sobre material combustible como las cortinas del cine (Figura 44), propagando el incendio.**

Es importante destacar que el mismo goteo de Figura 43 ha permitido autoalimentar las llamas también en el interior de la canaleta, cumpliendo el esquema de Figura 32.

⁶ Como se explicó en 5.1 y 5.1.1.



Figura 42: Ignición del EPS en prueba experimental en Laboratorio IPF de DICTUC

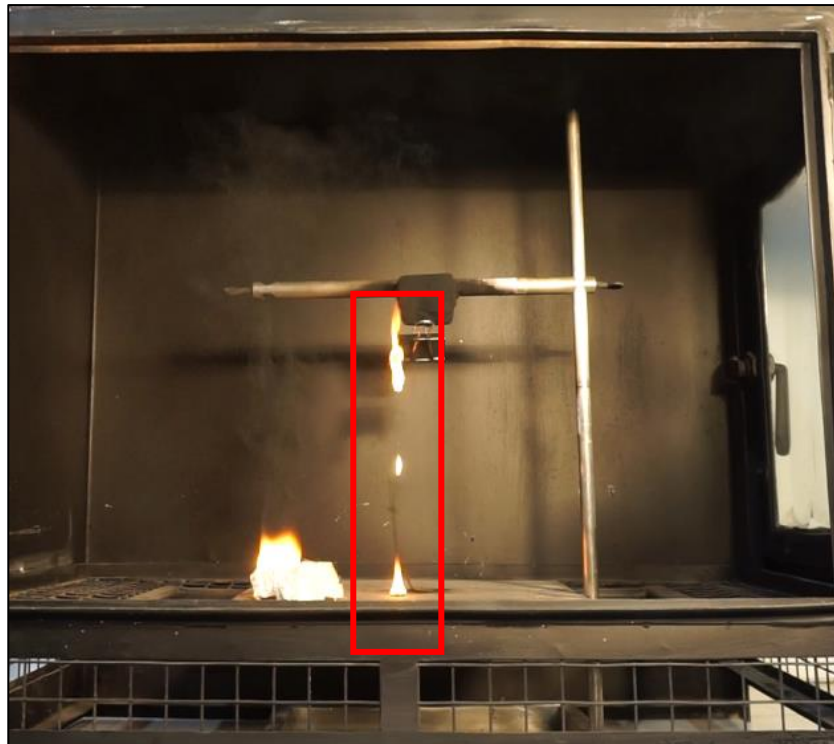
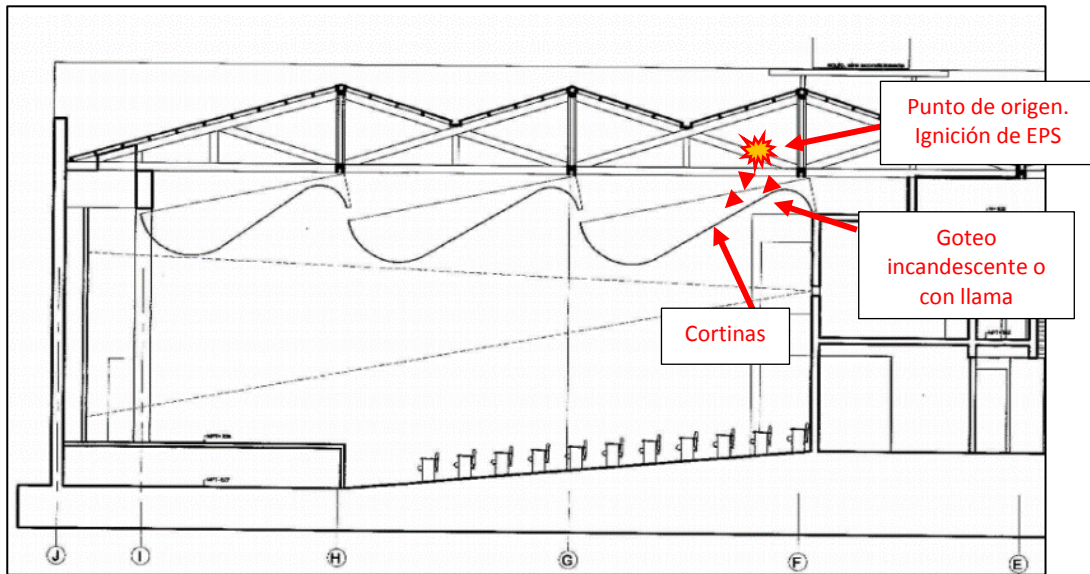


Figura 43: Goteo incandescente o con llama del EPS en prueba experimental en Laboratorio IPF de DICTUC



**Figura 44: Esquema posible de propagación del incendio al interior del cine
(Fuente: DICTUC en base a plano enviado por el Mandante)**

6. Conclusiones

De acuerdo al estudio realizado en torno al incendio que afectó el día 27 de diciembre de 2019 el edificio Centro Arte Alameda, ubicado en la comuna de Santiago, Región Metropolitana, se concluye lo siguiente:

1. El análisis de los antecedentes enviados por el Mandante ha permitido entender la dinámica de los hechos y el posicionamiento del área de origen.
2. Las inspecciones realizadas en terreno han permitido la constatación del siniestro, la definición exacta de la materialidad constructiva del lugar siniestrado, la recolección de muestras para la generación de pruebas experimentales en Laboratorio IPF de DICTUC y la constatación de la presencia de numerosas cápsulas lacrimógenas, de igual aspecto al tipo GL-203/T estudiado, en la canaleta de aguas lluvias del techo en el lado poniente.
3. No fue propósito de este estudio establecer si las cápsulas lacrimógenas encontradas en el lugar datan de la época en que ocurrió el siniestro ni cómo éstas pudieron haber alcanzado dicho lugar.
4. A partir de la revisión, análisis y conexión de los antecedentes disponibles y recopilados, más los ensayos realizados en el Laboratorio IPF de DICTUC, se concluye la siguiente respuesta a la pregunta “**¿El inicio del incendio pudo haber sido causado por una bomba lacrimógena?**”

Sí, el inicio del incendio pudo haber sido causado por una bomba lacrimógena.

La temperatura generada por la cápsula es suficientemente alta para encender un material combustible de tipo “Combustible ligero muerto” como aquel posiblemente alojado en la canaleta de aguas lluvias al día del siniestro, en la ubicación identificada como área de origen. Las llamas de esta combustión pueden haber sido las suficientes para generar la ignición del poliestireno expandido (EPS) presente en la cubierta de la techumbre, material cuyo extremo se posicionaba justamente sobre la canaleta de aguas lluvias en una posición e inclinación favorable para la propagación del fuego por su superficie hacia el interior. Además, se constató en el Laboratorio de la Unidad de Ingeniería de Protección Contra el Fuego de DICTUC que este material (EPS), al arder, genera goteo incandescente o con llamas. Por la ubicación y disposición física de los materiales, y según la arquitectura del edificio, es posible que este goteo se haya depositado sobre las cortinas en el interior de la sala cine, pudiendo generarse así la propagación general del fuego hacia el resto de la instalación siniestrada.

7. Anexos

7.1 Anexo 1: Documentos entregados por el mandante

Nombre	Estado	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
Fotos Roser (lacrimógenas)	✓	30-06-2021 19:44	Carpeta de archivos	
Videos con datos	✓	30-06-2021 19:44	Carpeta de archivos	
Videos sin datos	✓	30-06-2021 19:44	Carpeta de archivos	
Videos y fotos teléfono Roser Fort	✓	30-06-2021 19:44	Carpeta de archivos	
alameda139	✓	28-09-2021 10:17	Documento Adob...	2.102 KB
alameda139-1	✓	28-09-2021 10:17	Documento Adob...	2.265 KB
alameda139-2	✓	28-09-2021 10:17	Documento Adob...	1.074 KB
alameda139-3	✓	28-09-2021 10:17	Documento Adob...	1.074 KB
alameda139-4	✓	28-09-2021 10:17	Documento Adob...	1.921 KB
alameda139-5	✓	28-09-2021 10:17	Documento Adob...	1.996 KB
alameda139-6	✓	28-09-2021 10:17	Documento Adob...	1.787 KB
alameda139-7	✓	28-09-2021 10:17	Documento Adob...	1.148 KB
Informe Cuerpo de Bomberos	✓	22-06-2021 12:41	Documento Adob...	4.758 KB
Informe Pericial Químico LACRIM	✓	22-06-2021 12:41	Documento Adob...	1.049 KB
NUE 6188260	✓	21-07-2021 18:06	Documento Adob...	31.366 KB
WhatsApp Video 2020-03-27 at 14.06.41	✓	30-06-2021 19:44	MP4 Video File (V...	9.151 KB

7.2 Fases de un incendio

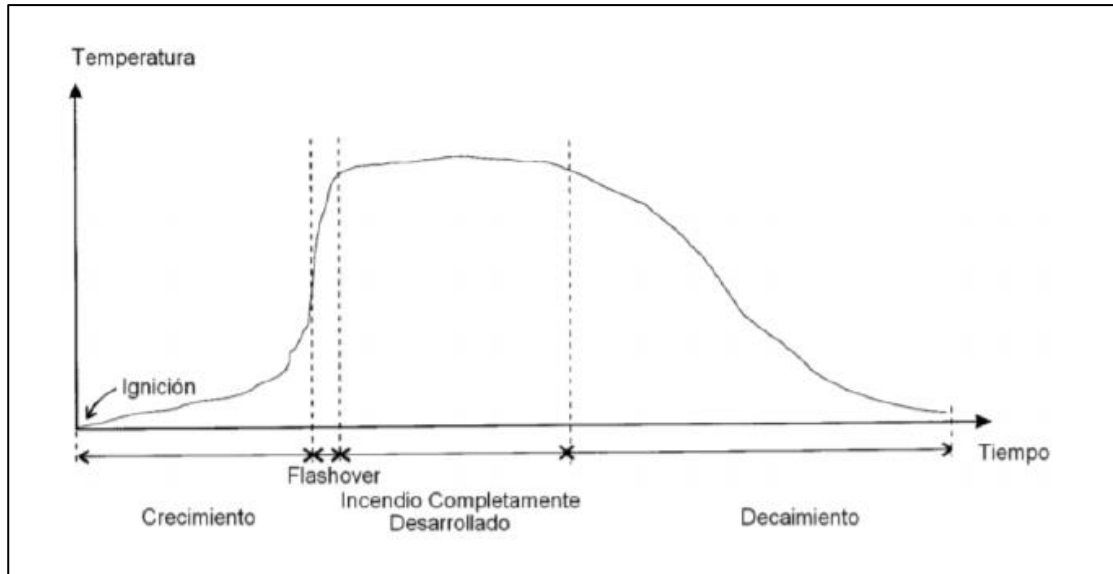


Figura 45. Curva típica de temperatura de un incendio real confinado.

Ignición: se define como el periodo donde los elementos capaces de iniciar el incendio comienza a interaccionar. El evento físico de la ignición puede ocurrir o no. En este punto el incendio es pequeño y generalmente se restringe al material que primero se incendia.

Crecimiento: Poco después de la ignición, comienza a formarse el penacho de incendio sobre el combustible ardiendo. A medida que este penacho se desarrolla, comienza la succión o entrada de aire (oxígeno) desde los espacios circundantes hacia el interior del mismo. El fuego comienza a crecer y pueden comenzar a arder otros materiales por estar en estrecho contacto o cercanía con la llama inicial.

Flash-over: **Es la transición entre un fuego localizado y la generalización del fuego a todas las superficies combustibles presentes en el recinto.** Este fenómeno ocurre cuando la temperatura en el recinto alcanza la temperatura de ignición de la mayor parte de la carga combustible presente. La HRR (velocidad de liberación de calor) es la cantidad de energía liberada por el fuego por segundo. En esta fase se alcanza de manera “casi instantánea” el valor máximo de HRR y la temperatura sube también de golpe. Es de vital importancia conocer y ser capaz de prever este fenómeno, ya que cuando ocurre, las oportunidades de sobrevivir son casi nulas. Es también cuando ocurre el flash-over que los daños sobre la estructura son los más importantes. Se han realizado muchos ensayos que han permitido determinar cuáles son los parámetros que controlan este fenómeno y algunas fórmulas empíricas para prever si ocurrirá o no. Los dos parámetros más importantes y más influyentes son la temperatura y el flujo de calor recibido por el combustible. **Se admite como valor indicativo de referencia para llegar al flash-over una temperatura entre los 500 ° C y 600° C y un flujo de calor recibido de 20 kW/m².**

Incendio totalmente desarrollado: Esto ocurre cuando todos los materiales combustibles en el recinto se encuentran ardiendo. Estos combustibles se encuentran liberando la máxima cantidad de calor posible y produciendo grandes cantidades de gases de incendio.

Decrecimiento: A medida que el fuego consume el combustible disponible, la cantidad de calor liberado comienza a disminuir. Una vez que se convierte el incendio en “controlado por el combustible”, la cantidad de fuego o el HRR disminuye, y la temperatura dentro del recinto comienza a descender.

7.3 La ignición de sólidos

La ignición de sólidos puede ser básicamente de cuatro tipos:

- **Ignición de los vapores de combustible emanados del sólido.** Esta es la forma más común de ignición y se manifiesta como llamas. La mayoría de los sólidos de esta categoría producen vapores inflamables por pirólisis, es decir, degradándose químicamente debido a la acción del calor. La sustancia degradada ya no tiene la misma identidad química que la sustancia original. Unos pocos sólidos de masa molecular baja, se licúan y vaporizan sin pirolizar, es decir, la sustancia vaporizada es químicamente idéntica a la sustancia original.

- **Smoldering.** Cuando una sustancia porosa o granular se calienta espontáneamente, la ignición se manifiesta comúnmente primero como una combustión sin llama. Sin embargo, la ignición sin llama también puede ser causada por un calentamiento externo, por ejemplo, un cigarrillo encendido cayendo sobre un sofá.
- **Ignición directa de la superficie de un sólido.** En diversos metales y en algunas otras sustancias no hay liberación de un vapor inflamable que luego podría estar sujeto a ignición, en cambio, la oxidación tiene lugar directamente en la superficie del sólido. Bajo ciertas condiciones, los materiales celulósicos (por ejemplo, madera) pueden encenderse de esta manera, lo que generalmente se denomina “ignición incandescente”.
- **Ignición por una reacción química.** (Por ejemplo, descomposición térmica). Ocurre directamente en la fase sólida. Las sustancias reactivas, como explosivos y pirotecnia, entran en esta categoría. La quema de gases no está involucrada en absoluto con estas sustancias, u ocurre solo en un grado limitado después de que ha comenzado la reacción inicial en estado sólido.