



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ENTRE RÍOS

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN CRIMINALÍSTICA

CUARTO AÑO

**PROYECTO FINAL**

EFICACIA DEL REACTIVO LUMINOL EN LA DETECCIÓN DE SANGRE EN  
SUPERFICIES QUE FUERON EXPUESTAS AL FUEGO.

**Estudiantes:**

Téc. Peresin Valentina.

Téc. Reddi Lucía.

**Director/a:**

Lic. Rossi Víctor Osvaldo.

Oro Verde E.R., 2025.

**Cátedra Proyecto Final:**

Lic. Patricia Margheim.

Lic. Nayla Michelena.

**Tribunal Evaluador:**

Lic. Patricia Margheim.

Lic. Nayla Michelena.

Lic. Germán Ledesma Ceriyoni.

# RESUMEN

## RESUMEN

La Sangre es aquella que con mayor frecuencia es encontrada en las escenas de un crimen, por tanto, cuando se llevan a cabo procedimientos que dan como resultado la “eliminación” de esta, se utilizan reactivos para demostrar su posible presencia, por ejemplo, el Luminol.

El **objetivo general** de la presente investigación fue determinar la efectividad de este Reactivo en la detección de sangre en superficies que fueron expuestas al fuego. Como población, se consideraron a todas las superficies contenientes de sangre que fueron expuestas a estas condiciones, y para la confección de las muestras, se seleccionaron tres tipos de superficies: Ladrillo, Cerámica y Losa de Hormigón.

La **propuesta metodológica**, consistió en un enfoque de investigación cuantitativo, de diseño cuasi-experimental, de corte transversal, prospectivo, y de alcance exploratorio-descriptivo.

## PALABRAS CLAVES

*Quimioluminiscencia, Líquido Sanguíneo, Ladrillo, Cerámica, Losa de Hormigón.*



# AGRADECIMIENTOS

## AGRADECIMIENTOS

Primero que nada queremos agradecer a nuestras familias y pareja, los que están hoy presentes y los que nos acompañan desde otro lugar pero siempre cerca de nosotras, por transitar juntos este camino, ayudándonos en todos los sentidos; apoyándonos en esta carrera que elegimos un poco lejos de casa, siempre estando ahí conteniéndonos en cada momento desde el primer día hasta el último. A nuestros amigos, por brindarnos siempre palabras de aliento para llegar a este gran objetivo. A nuestro director de tesis que nos soportó con todos nuestros nervios, dudas y siempre estuvo dispuesto a cada una de las cosas que le proponíamos, brindándonos su conocimiento y compromiso total para con la investigación. Además agradecer al personal de la PDI que nos permitió realizar nuestra investigación en su lugar de trabajo y ofreciendo elementos para contribuir a que el mismo se logre con éxito. No podemos dejar de agradecer a Patricia y Nayla por escuchar y evacuar cada duda, por enseñarnos e incentivarnos a confiar en nosotras mismas, como así también agradecer a cada profesor y profesora que forma parte de esta institución en la que nos formamos, que sin duda nos llevamos lo mejor de cada uno para ser grandes profesionales.

Por último y lo más importante, a nosotras mismas que pudimos superar cada obstáculo, cada incertidumbre de no creernos capaces de llegar a donde estamos hoy. Aprendimos que juntas hacemos un gran equipo frente a las diferentes circunstancias. Desde 2019 y para siempre.

GRACIAS.

# ÍNDICES

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>PALABRAS CLAVES</b> .....	4
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	6
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	14
<b>FORMULACIÓN</b> .....	14
<b>OBJETIVOS</b> .....	14
<b>Objetivo General</b> .....	14
<b>Objetivos Específicos</b> .....	14
<b>JUSTIFICACIÓN / RELEVANCIA SOCIAL</b> .....	16
<b>BASES DEL PROYECTO</b> .....	18
<b>Marco Teórico</b> .....	18
<b>Marco Legal</b> .....	24
<b>Antecedentes / Estado del Arte</b> .....	25
<b>PROPUESTA METODOLÓGICA</b> .....	28
<b>Enfoque</b> .....	28
<b>Diseño</b> .....	28
<b>Lugar de Estudio</b> .....	29
<b>Población y Muestra</b> .....	29
<b>RECOLECCIÓN DE DATOS</b> .....	32
<b>ANÁLISIS DE DATOS</b> .....	39
<b>Objetivo Específico N° 1</b> .....	39
<b>Objetivo Específico N° 2</b> .....	48
<b>CONCLUSIONES</b> .....	54
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	55
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	57
<b>ANEXO I</b> .....	61
<b>ANEXO II</b> .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Imagen Ilustrativa del Triángulo y Tetraedro de fuego.</i> .....	22
<b>Figura 2</b> <i>Establecimiento donde se realizó el experimento.</i> .....	29

<b>Figura 3</b> <i>Jeringas de 10 ml y Agujas estériles.</i> .....	32
<b>Figura 4</b> <i>Extracción al profesor Osvaldo.</i> .....	32
<b>Figura 5</b> <i>Jeringas con la sangre recolectada.</i> .....	33
<b>Figura 6</b> <i>Superficies de Ladrillo.</i> .....	34
<b>Figura 7</b> <i>Superficies de Cerámica.</i> .....	34
<b>Figura 8</b> <i>Superficies de Losa de Hormigón</i> .....	35
<b>Figura 9</b> <i>Superficies con Sangre.</i> .....	35
<b>Figura 10</b> <i>Superficies luego de la exposición al fuego.</i> .....	36
<b>Figura 11</b> <i>Superficies posicionadas para la aplicación del Reactivo Luminol.</i> .....	37
<b>Figura 12</b> <i>Reactivos A y B.</i> .....	37
<b>Figura 13</b> <i>Reacción en ladrillos.</i> .....	39
<b>Figura 14</b> <i>Reacción en cerámica uno.</i> .....	40
<b>Figura 15</b> <i>Reacción en cerámica dos.</i> .....	40
<b>Figura 16</b> <i>Reacción en cerámica tres.</i> .....	41
<b>Figura 17</b> <i>Reacción en losa de hormigón uno.</i> .....	41
<b>Figura 18</b> <i>Reacción en losa de hormigón dos.</i> .....	42
<b>Figura 19</b> <i>Comparación en Ladrillo.</i> .....	42
<b>Figura 20</b> <i>Comparación cerámica uno.</i> .....	42
<b>Figura 21</b> <i>Comparación cerámica dos.</i> .....	43
<b>Figura 22</b> <i>Comparación cerámica tres.</i> .....	43
<b>Figura 23</b> <i>Comparación losa de hormigón uno.</i> .....	43
<b>Figura 24</b> <i>Comparación losa de hormigón dos.</i> .....	44
<b>Figura 25</b> <i>Gráfico de barras de la reacción en los cuadrantes “Muestra”. ...</i>	46
<b>Figura 26</b> <i>Totalidad de las Muestras que reaccionaron y no reaccionaron en todas las superficies.</i> .....	46
<b>Figura 27</b> <i>Totalidad de las muestras que reaccionaron y no reaccionaron en los Ladrillos.</i> .....	47
<b>Figura 28</b> <i>Totalidad de las muestras que reaccionaron y no reaccionaron en las Cerámicas.</i> .....	47
<b>Figura 29</b> <i>Totalidad de las muestras que reaccionaron y no reaccionaron en las Losas de Hormigón.</i> .....	47
<b>Figura 30</b> <i>Línea de tiempo general de los efectos del fuego en los Ladrillos.</i>	50

**Figura 31** *Línea de tiempo general de los efectos del fuego en las Cerámicas.*  
..... 51

**Figura 32** *Línea de tiempo general de los efectos del fuego en las Losas de Hormigón.*..... 52

**ÍNDICE DE TABLAS**

**Tabla 1** *Cuadro de variables* ..... 30

**Tabla 2** *Tabla sistematizada de reacciones.*..... 45

# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

La Sangre es uno de los Fluidos Biológicos de mayor valor forense encontrado con frecuencia en hechos violentos (Royo Villanova, 1967).

La importancia de ésta radica en que aporta información para el esclarecimiento de estos hechos; con lo cual, en muchas ocasiones se intenta modificar la escena para erradicar cualquier evidencia. Esto se puede realizar mediante limpiezas, o bien, por la utilización de Fuego para incendiar el lugar del suceso; pudiendo ocasionar que las superficies contenientes de sangre se puedan ver afectadas (Bastide et al., 2018).

Ahora bien, en una escena del crimen a menudo se utiliza el Reactivo Luminol para evidenciar la presencia de sangre; pero solo de manera orientativa (se necesita un método posterior para confirmación) ya que se pueden obtener Falsos Positivos o Negativos mediante su utilización (Albornoz, 2023, diapositiva 26 y 35).

Con respecto a lo anterior mencionado, la presente investigación se encuentra orientada a determinar si el Reactivo Luminol es efectivo para detectar sangre en superficies que fueron expuestas al fuego, o bien, esta técnica debe descartarse para esos casos.

# PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El tema de Sangre (junto con el del Luminol y el Fuego) se tornó de interés al cursar Química 4 y Química Balística en el año 2023.

Además, como se mencionó anteriormente, la investigación de esta temática surgió junto con el Profesor Osvaldo Rossi, del cuestionamiento acerca de que si el Reactivo Luminol es efectivo para detectar sangre en superficies que fueron expuestas al fuego. Para ello, se propone la utilización de este último para alterar superficies: Cerámico, Ladrillo y Losa de Hormigón con la finalidad de observar si en el posterior revelado con Luminol se produce la quimioluminiscencia, o bien, se afecta a los resultados esperados.

## **FORMULACIÓN**

En base al planteo mencionado anteriormente, se formuló la siguiente pregunta a resolver en la presente investigación:

¿Cuál es la efectividad del Reactivo Luminol en la detección de sangre en superficies que fueron expuestas al fuego?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Determinar la efectividad del Reactivo Luminol en la detección de sangre en superficies que fueron expuestas al fuego.

### **Objetivos Específicos**

1. Analizar la influencia de la exposición a fuego directo de las superficies de ladrillo, cerámica y losa de hormigón en la reacción entre el Reactivo Luminol y la Sangre.
2. Comparar los resultados en función del tiempo de exposición al fuego requerido para la eliminación de la mancha hemática en base al tipo de superficie.

## JUSTIFICACIÓN Y RELEVANCIA SOCIAL

### **JUSTIFICACIÓN / RELEVANCIA SOCIAL**

En casos en donde la escena del crimen es prendida fuego, las causas reales del deceso de una persona no son claras, dado que se puede ocasionar la pérdida de evidencia que sirva para el esclarecimiento del hecho.

En estas situaciones, no se puede determinar a simple vista la posible dinámica de interacción existente entre la víctima y el victimario, con lo cual, se necesita de algún método que pueda indicar la posible presencia de ésta en la escena; en este caso, la utilización del Luminol puede ser uno de ellos.

La relevancia social de la presente investigación, radica en que en casos donde se involucre sangre, por ejemplo en un “Homicidio” y luego se incinera la escena del crimen, los hallazgos de este proyecto cobrarían importancia.

Además, podrían servir como respaldo para las autoridades al momento de arribar a la escena, ya que si el uso del Reactivo Luminol es efectivo, se puede utilizar en estos casos.

# BASES DEL PROYECTO

## **BASES DEL PROYECTO**

### **Marco Teórico**

#### **Criminalística:**

Es un término desarrollado por Hans Gross (1894), quien definió a la misma como “el conjunto de teorías que se refieren al esclarecimiento de los hechos criminales”.

Según Montiel Sosa (2003):

La Criminalística es una ciencia penal natural que, mediante la aplicación de sus conocimientos, metodología y tecnología al estudio de las evidencias materiales, descubre y verifica científicamente la existencia de un hecho presuntamente delictuoso y al o a los presuntos responsables aportando las pruebas a los órganos que procuran y administran justicia (p. 37).

Ahora bien, continuando con los conceptos establecidos por este autor, la Criminalística se puede catalogar en dos grupos: Criminalística de Campo que es aquella que aplica los conocimientos, métodos y técnicas, con el objeto de proteger, observar y fijar el lugar de los hechos, así como para coleccionar y suministrar las evidencias materiales asociadas al hecho al laboratorio (p.45); y Criminalística de Laboratorio donde se van a efectuar las tareas científicas en el estudio, análisis y comparaciones de los indicios colectados en el campo o suministrados por otros medios, de tal manera que los resultados sean interpretados adecuadamente para conocer su intervención en el hecho que se investiga y mostrarlos como evidencias de la verdad (p. 149).

#### **Lugar del Hecho:**

El lugar del hecho se corresponde con el espacio físico en donde aconteció un evento susceptible a una investigación científica criminal, para establecer la naturaleza y la intervención de determinados sujetos en el mismo (Torales et al., 2013, pág. 17).

#### **Peresin y Reddi**

Ahora bien, en el lugar de los hechos se pueden encontrar elementos, rastros y/o indicios que puedan develar las circunstancias o características de lo acontecido.

Cuando se sospeche la comisión de un delito, el lugar del hecho se denomina Escena del Crimen, tanto que será considerado de esa manera hasta que se demuestre lo contrario.

Cabe aclarar que el lugar del hecho no es lo mismo que el lugar del hallazgo, dado que el lugar del hallazgo es el espacio físico distinto al lugar del hecho, en donde se encuentran elementos de pruebas relacionados con el delito investigado (CONICET, 2021, pág. 4).

Una vez que se verifica la existencia del lugar del hecho o escena del crimen, inmediatamente corresponde la preservación de la misma para poder garantizar a los elementos, rastros o indicios que puedan encontrarse para evitar cualquier pérdida, alteración o contaminación (Torales et al., 2013, pág. 17).

### **Sangre:**

La sangre es un tejido líquido que recorre el organismo a través de arterias, venas y capilares, además de transportar diferentes elementos necesarios para realizar las funciones vitales.

La misma está compuesta por Células Sanguíneas tales como los Glóbulos Rojos, también llamados Eritrocitos o Hematíes que son aquellos cuya función es la de participar en la regulación del PH de la sangre; además de contener en su interior una proteína globular denominada Hemoglobina cuya finalidad es la de transportar O<sub>2</sub> desde los pulmones a los tejidos, y CO<sub>2</sub> desde los tejidos a los pulmones.

Otro de los componentes de la sangre son los Glóbulos Blancos (o Leucocitos) que protegen al organismo de agentes patógenos e infecciosos como bacterias, virus y gérmenes; las Plaquetas (o Trombocitos) que son pequeños fragmentos citoplasmáticos

irregulares importantes en la coagulación de la sangre; y el Plasma que es un líquido transparente que representa el 55% del volumen total de la sangre, y en la que se encuentran suspendidas las células sanguíneas mencionadas anteriormente (Albornoz, 2023, diapositivas 8-11, diapositiva 15).

### ***Ensayos Preliminares o Presuntivos:***

Son aquellos exámenes que sirven como ensayos de orientación, los cuales, necesitan posteriormente de una confirmación mediante métodos que certifiquen la presencia de sangre.

Estos ensayos se basan en la capacidad potencial que posee el grupo hemo de la hemoglobina para ejercer actividad peroxidasa. Cuando se aporta al sistema reaccionante peróxido de hidrógeno, el hemo induce desprendimiento de oxígeno por descomposición del peróxido, el cual, actúa sobre un sustrato orgánico reducido, transformándolo en su forma oxidada cromática (color o luminiscencia) (Albornoz, 2023, diapositiva 25).

Como se mencionó en la introducción, los distintos ensayos presuntivos necesitan de una posterior confirmación, dado que pueden sufrir la interferencia de otros elementos como las peroxidases de secreciones biológicas, peroxidases vegetales, agentes oxidantes, etc., dando como resultados falsos negativos y/o positivos.

Dentro de los ensayos presuntivos existen diversas técnicas que utilizan reactivos para orientar acerca de una posible presencia de sangre, por ejemplo, el uso del reactivo Kastle Meyer, Adler, Medeinger y Luminol. En este caso, en la presente investigación se utilizará este último.

El Luminol (3-Aminoftaloíl Hidrazida) es un reactivo cuya importancia se radica en la reacción de quimio-luminiscencia que da con peróxidos en presencia de complejos de hierro como catalizadores (reacción con hemoglobina de la sangre). Las ventajas del

mismo, es que es altamente sensible a la presencia de manchas que han sido limpiadas, es posible visualizar manchas tan diluidas que son invisibles al ojo desnudo, se puede utilizar en diversas superficies y no altera la muestra, con lo cual, se puede realizar ADN. Las desventajas es que posee un alto costo comercial y puede dar falsos positivos (Albornoz, 2023, diapositiva 34).

Cuando se obtiene un resultado positivo se puede visualizar una luminiscencia blanco-azulada.

### **Fuego:**

Es aquella combustión caracterizada por la emisión de calor, humo y llama.

La combustión es una reacción química exotérmica de oxidación en la que se combina un elemento que arde y otro que produce la combustión, y en la que se desprende calor, luz, humo y gases (Albornoz, 2023, diapositiva 2).

Los elementos necesarios para que se lleve a cabo la combustión son el combustible, el comburente y la energía de activación. Estos tres componen el triángulo de fuego.

El combustible corresponde a cualquier sustancia capaz de arder en determinadas condiciones.

El segundo elemento es el comburente, que es el componente oxidante del combustible de la reacción y es aquel en cuya presencia el combustible puede arder.

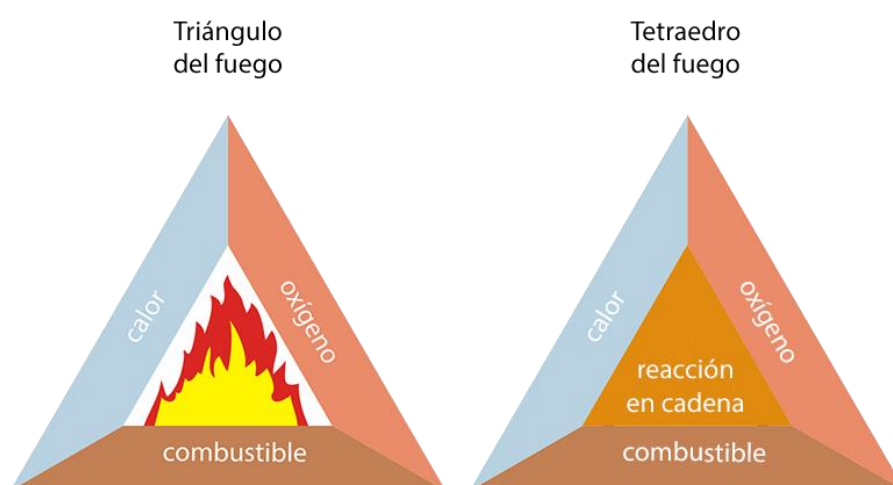
Por último, la energía de activación es la energía que es preciso aportar para que el combustible y el comburente inicien la reacción de combustión. Esta energía se proporciona desde el exterior por un foco de ignición (Albornoz, 2023, diapositiva 28).

El fuego se desencadena si los tres elementos se encuentran presentes, con la ausencia de alguno de ellos no es posible iniciar la combustión.

Como se mencionó con anterioridad, el triángulo de fuego explica cómo se produce el fuego, en cambio, el tetraedro del fuego explica cómo este puede propagarse y tener continuidad (Figura 1).

### Figura 1

*Imagen Ilustrativa del Triángulo y Tetraedro de fuego.*



En este caso para que se produzca un incendio debe generarse suficiente calor como para vaporizar parte del combustible e inflamar el vapor que se mezcla con el oxígeno. Para que la combustión se mantenga, el propio fuego debe generar calor como para vaporizar aún más el combustible y que este vuelva a mezclarse con el oxígeno y se inflame, esto genera más calor, por lo que el proceso se retroalimenta (Albornoz, 2023, diapositiva 39).

### Superficie:

Según la Real Academia Española (RAE), una superficie es una parte exterior de un cuerpo, que lo separa y distingue de aquello que lo rodea.

Existen diversos tipos de superficies, pero se hará hincapié en superficies porosas y no porosas.

**1- Superficies Porosas:** son aquellas que poseen una estructura interna con poros o cavidades interconectadas. Los poros pueden variar en tamaño y forma, permitiendo la penetración de líquidos, gases y partículas en la superficie (Cemix, s.f).

**2- Superficies No Porosas:** son aquellas que no permiten la penetración de líquidos, gases y partículas en la superficie, dado que no posee poros (Cemix, s.f).

### ***Materiales y sus Propiedades:***

Anteriormente, se mencionaron las superficies a utilizar en la presente investigación, con lo cual, las características de las mismas son:

#### **Cerámica:**

Aquel material que posee resistencia a la abrasión, al manchado, al rayado, a la absorción al agua, al cuarteo a los ácidos e incluso cierta resistencia al deslizamiento.

Parte de productos naturales como la arcilla y su acabado de esmalte es el responsable de su impermeabilidad y dureza (Admin\_Gt, 2021).

#### **Ladrillo:**

Material de construcción, normalmente hecho con masa de barro cocida, tiene forma paralelepípedo rectangular, y permite levantar muros y otras estructuras (Porto & Gardey, 2023).

#### **Losa de Hormigón:**

Placa gruesa y plana hecha de hormigón armado o pretensado, utilizada como elemento estructural en la construcción. Sirve como superficie de piso o techo en edificaciones y es fundamental para la integridad estructural de una construcción (Holcim, s.f).

## Marco Legal

### Ley 11.179 – Código Penal:

#### *Art. 186 – Delitos contra la Seguridad Pública (incendios y otros estragos).*

“El que causare incendio, explosión o inundación será reprimido:

- 1- Con reclusión o prisión de tres a diez años si hubiere peligro común para los bienes;
- 2- Con reclusión o prisión de tres a diez años el que causare incendio o destrucción por cualquier otro medio: de cereales en parva, de bosques, de ganado, de leña, etc.;
- 3- Con reclusión o prisión de tres a quince años, si hubiere peligro para un archivo público: museo, biblioteca, arsenal, fábrica de pólvora o pirotecnia militar;
- 4- Con reclusión o prisión de tres a quince años, si hubiere peligro de muerte para alguna persona;
- 5- Con reclusión o prisión de ocho a veinte años, si el hecho fuere causa inmediata de la muerte de alguna persona;”

Estos tres últimos corresponden a Figuras Agravadas.

#### *Art. 189 – Delitos contra la Seguridad Pública (Incendios y otros estragos).*

Establece que: “Será reprimido con prisión de un mes a un año, el que, por imprudencia o negligencia, por impericia en su arte o profesión o por inobservancia de los reglamentos u ordenanzas, causare un incendio u otros estragos.”

### Ley 22.990 – Ley de Sangre.

En noviembre del año 1983 se aprobó la Ley de Sangre, la cual, regula sobre las actividades relacionadas con la sangre humana, sus componentes, derivados y subproductos.

## Peresin y Reddi

Dado a que se utilizará sangre humana en la presente investigación, el artículo importante utilizado como respaldo es el siguiente:

**Art. 17.-** “La autoridad de aplicación en la materia de la presente ley deberá promover y difundir como responsabilidad primaria en su medio de actuación, la utilización racional de la sangre humana, componentes y derivados.

Consecuentemente con lo expresado en el párrafo precedente, la autoridad de aplicación asegurará igualmente su uso racional, mediante acciones normativas en particular para los profesionales especializados. Asimismo dichas acciones serán coordinadas con los medios científicos y educativos en la materia.” (Poder Ejecutivo Nacional, 1983)

Esta ley tuvo una actualización en diciembre de 1983.

#### **Antecedentes / Estado del Arte**

No hay estudios directamente relacionados a la problemática en cuestión; de igual manera, se mencionarán los estudios que en cierto modo se relacionan indirectamente con la problemática.

#### **Proyecto Final – Técnicas de Investigación de Incendios / Incendios de Origen Eléctrico (Cárcamo, 2007).**

Realizada en Barcelona por Mario Anero Cárcamo en septiembre del año 2007. Los objetivos del proyecto son comprender la naturaleza y dinámica del fuego, así como desarrollar una serie de herramientas y técnicas que aporten información de cara a determinar el origen donde este se inicia, dado que establece que el 70% de los incendios investigados se producen por causas eléctricas.

La vinculación con la problemática es que también se aborda temas relacionados a Fuego / Incendios.

**Artículo Científico – Detección de Manchas de Sangre mediante la Prueba del Luminol en la Investigación Forense (Quispe & Flores, 2014).**

Investigación realizada en Bolivia por Quispe Sergio y Flores Andrés en el año 2014, en donde se sometieron manchas de sangre establecidas en distintos soportes a diversas condiciones de tiempo, ambiente, limpieza y diluciones para luego analizarlas; y manchas antiguas para determinar sensibilidad y eficacia del Reactivo Luminol.

En este caso, la vinculación con la problemática es que utiliza Reactivo Luminol, Sangre y Superficies, además de que busca determinar la eficacia del reactivo en esas condiciones.

**Artículo Científico – Detección de Manchas de Sangre Latentes en Escenas de Incendios mediante Fotografía Infrarroja Reflejada (Bestide, Porter & Renshaw, 2018).**

Realizada en Australia por Bastide Belinda, Porter Glenn y Renshaw Adrian en el año 2018, con el objetivo de detectar evidencia de manchas de sangre latentes debajo de densidades variables de hollín superpuesto depositado utilizando Fotografía Infrarroja Reflejada.

Dado que el fuego es muchas veces utilizado para ocultar pruebas, este produce hollín como subproducto de la combustión, pudiendo cubrir manchas de sangre.

La vinculación con la problemática es que busca detectar manchas de sangre en incendios.

# PROPUESTA METODOLÓGICA

## **PROPUESTA METODOLÓGICA**

### **Enfoque**

El enfoque de la investigación es cuantitativo, está orientada a describir, predecir y explicar los fenómenos (Alvarado, Canales & Pineda, 1994), en este caso, cómo afectó el fuego en la detección de sangre luego de la aplicación del Reactivo Luminol.

En base a los datos recolectados, se realizó un análisis estadístico y se elaboraron las conclusiones pertinentes a la investigación.

### **Diseño**

El diseño de la investigación es de carácter cuasi-experimental, dado que no se logró tener el control de algunas variables que interfirieron en el momento de llevar a cabo el experimento (Sampieri et al., 2014, pág. 151). El alcance es exploratorio-descriptivo, correspondiendo el primer alcance a aquel que tiene como objetivo “examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, (...)” o bien, aquel en el cual se desea investigar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas (Sampieri et al., 2014, pág. 91). Tal es el caso de la presente investigación, siendo un antecedente mencionado con anterioridad: “Detección de Manchas de Sangre Latentes en Escenas de Incendios mediante Fotografía Infrarroja Reflejada”, modificando el método de detección de las manchas a la utilización del Reactivo Luminol.

En relación al alcance descriptivo, “se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos, o cualquier otro fenómeno que se someta a análisis” (Sampieri et al., 2014, pág. 92).

Con respecto al período y secuencia del estudio, es transversal, ya que la recolección de los datos se llevó a cabo en una única vez; y según el tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información, es de carácter prospectivo, ya que a medida que ocurrieron los hechos, se fueron registrando.

## Lugar de Estudio

La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Recreo, Provincia de Santa Fe, Argentina; en la Policía de Investigaciones (Figura 2).

### Figura 2

*Establecimiento donde se realizó el experimento.*



## Población y Muestra

La población corresponde a “La totalidad de elementos o individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer inferencia” (Jany, 1994), en este caso, la población son todas las superficies existentes que contienen sangre y que fueron expuestas al fuego. Al ser esa población tan universal y amplia, se seleccionaron tres tipos de superficies para conformar las muestras: ladrillo, cerámica y losa de hormigón.

La muestra se define como “Parte de la población que se selecciona, de la cual se obtendrá la información para la investigación y sobre la cual se efectuará la medición y la observación de las variables objeto de estudio” (Bernal, 2006).

**Tabla 1**  
*Cuadro de variables*

<b>Variable</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Superficies</b>	Cualitativa	Independiente	1- Tipo de Superficie.	Parte exterior de un cuerpo, que lo separa y distingue de aquello que lo rodea.	1- Ladrillo / Losa de Hormigón / Cerámica.	1. Ficha de recolección de datos. 2. Observación / Fotografía y Video.
<b>Tiempo de Exposición</b>	Cuantitativa	Independiente.	1- Duración de la exposición al fuego.	Acción de exponer a los efectos de ciertos agentes.	1- Tiempo en minutos.	1. Ficha de recolección de datos. 2. Observación / Fotografía y Video.
<b>Detección de Sangre con el Reactivo Luminol.</b>	Cualitativa	Dependiente	1- Efectividad para detectar la posible presencia de sangre.	Acción y Efecto de Detectar.	1- Detecta / No Detecta.	1. Ficha de recolección de datos. 2. Observación / Fotografía y Video.

# RECOLECCIÓN DE DATOS

## RECOLECCIÓN DE DATOS

La investigación se realizó en la ciudad de Recreo, Provincia de Santa Fe, donde se contó con una enfermera, quien utilizando el material correspondiente (Figura 3), realizó la extracción de sangre al Profesor Osvaldo Rossi (Figura 4), a los fines de utilizarla como parte de las muestras.

### Figura 3

*Jeringas de 10 ml y Agujas estériles.*



### Figura 4

*Extracción al profesor Osvaldo.*



**Peresin y Reddi**

### Figura 5

*Jeringas con la sangre recolectada.*



*Nota:* La cantidad de sangre en las jeringas corresponde a la totalidad de cada una de ellas, es decir, 10 ml; exceptuando a la última que contiene 3 ml.

Una vez realizado el procedimiento anterior y ya obtenidas las jeringas con Sangre (Figura 5), se colocaron en un lugar seguro para transportarlas nuevamente hasta el patio delantero correspondiente a la PDI, donde se llevó a cabo la primera parte del experimento.

Ya ubicados en el lugar, se colocaron las 11 superficies de manera ordenada en el suelo (Figura 6, 7 y 8), y junto a un fibrón indeleble se realizó la división de los distintos cuadrantes correspondientes a muestras y testigos, asignándoles una numeración para una mejor organización de estos.

**Figura 6**

*Superficies de Ladrillo.*



*Nota:* Cada ladrillo se divide en dos; el lado izquierdo corresponde a las muestras y el lado derecho a los testigos. La flecha indica el cuadrante N° 1 utilizado en todas las superficies con la misma organización.

**Figura 7**

*Superficies de Cerámica.*



*Nota:* Cada cerámica se divide en cuatro; el lado derecho corresponde a las muestras y el lado izquierdo a los testigos.

**Figura 8**

*Superficies de Losa de Hormigón*

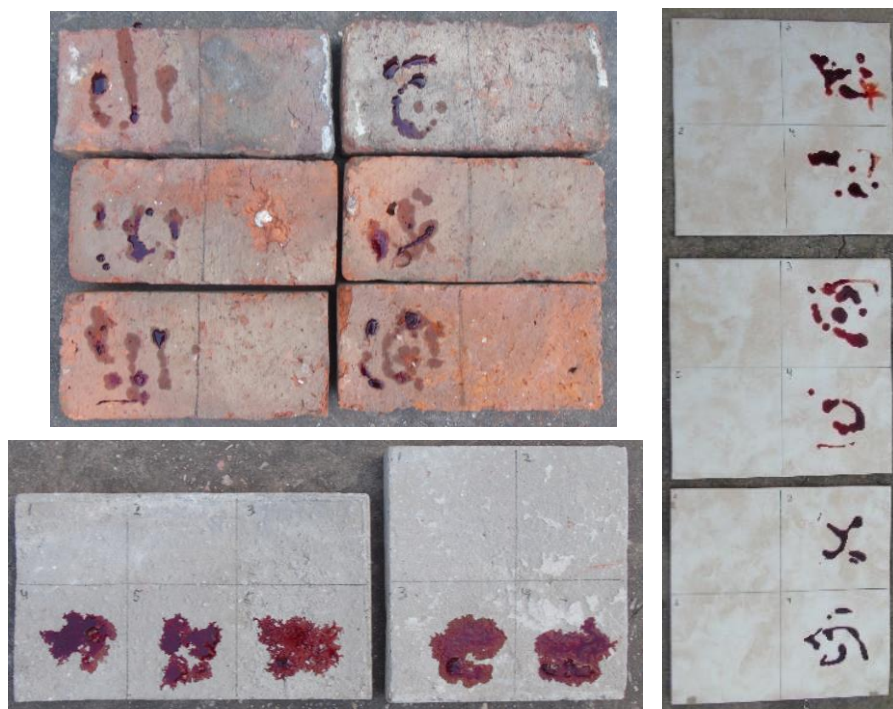


*Nota:* La primera losa se divide en seis y la segunda en cuatro; los cuadrantes inferiores corresponden a las muestras y los cuadrantes superiores a los testigos.

Luego, el Profesor Osvaldo, esparció una jeringa completa (10 ml) en cada superficie, repartiéndola en cada cuadrante destinado a “MUESTRA” (Figura 9).

**Figura 9**

*Superficies con Sangre.*

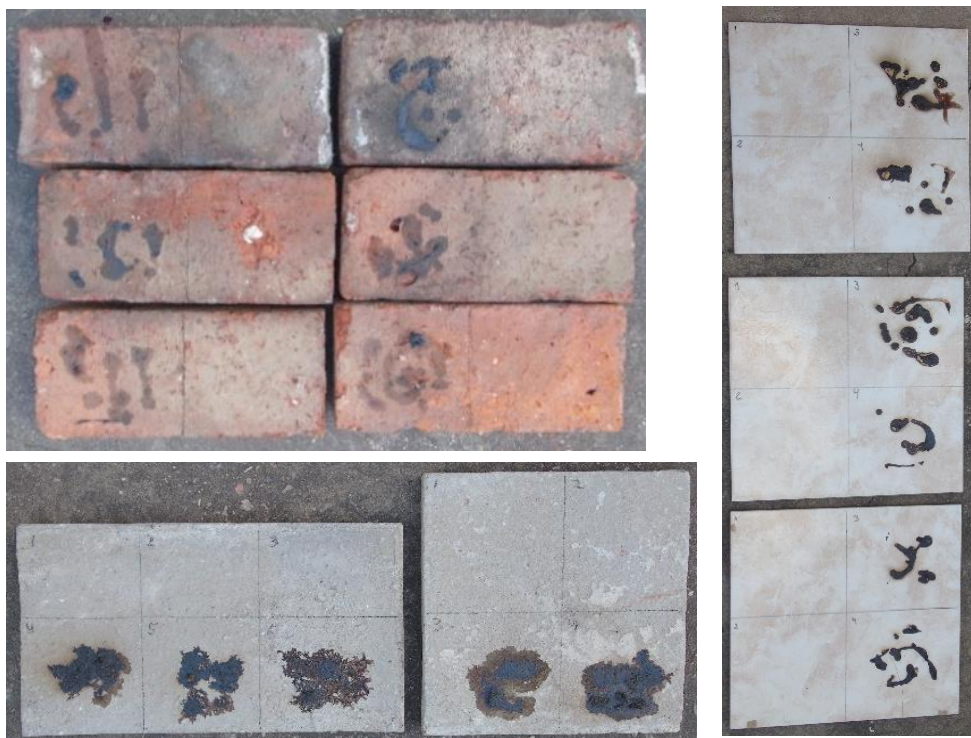


Mediante la implementación de un soplete (ANEXO I, Figura AI-1), se expusieron

las superficies a fuego directo durante los tiempos apropiados a cada una de estas (Figura 10).

### Figura 10

*Superficies luego de la exposición al fuego.*



Concluido lo anterior mencionado, se dejaron enfriar las superficies por aproximadamente 10 min para su consecuente transporte hacia la segunda locación, siendo éste un cuarto completamente oscuro donde se realizó la última prueba correspondiente a la aplicación del Luminol y posterior visualización de los resultados.

Una vez ubicados en el sector, se configuró la cámara utilizando un ISO de 1600 y un tiempo de Apertura de 30" y se ubicó en su correspondiente trípode. Se comenzó por los ladrillos organizando estos sobre la mesa para su posterior análisis; realizando el mismo procedimiento con las cerámicas y las losas de hormigón (Figura 11).

### Figura 11

*Superficies posicionadas para la aplicación del Reactivo Luminol.*



Como primera medida se aplicó en todos los cuadrantes:

Reactivo A (Figura 12), compuesto por 0,05 gr de Luminol ( $C_8H_7N_3O_2$ ), 2,5 gr de Carbonato de sodio ( $Na_2CO_3$ ) y 50 ml de agua destilada.

Se apagó la luz y se inició la toma fotográfica mientras se colocaba el Reactivo B (Figura 12), compuesto por Agua oxigenada ( $H_2O_2$ ) 20 V.

### Figura 12

*Reactivos A y B.*



Finalizada la toma fotográfica, se dejó registrado en las fichas de recolección de datos (ANEXO I, Figura AI-2, AI-3 y AI-4), los resultados obtenidos.

**Peresin y Reddi**

# ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

## ANÁLISIS DE DATOS

### Objetivo Específico N° 1

Una vez concluido el procedimiento anterior se observaron y se registraron los diversos resultados derivados de la reacción, los cuales se ilustran a continuación:

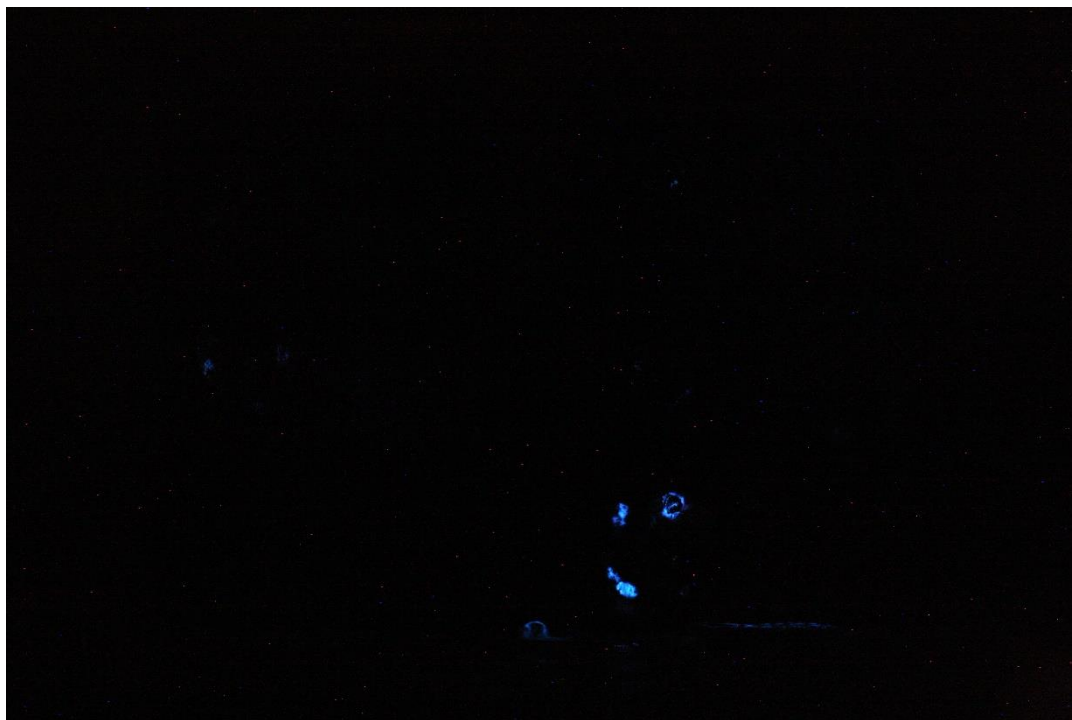
#### **Ladrillo:**

Los cuadrantes correspondientes a “TESTIGOS” no presentaron reacción, descartando la posibilidad de un Falso Positivo.

Respecto a los cuadrantes establecidos como “MUESTRAS”, no se observó reacción de quimio-luminiscencia en cuatro ladrillos; en cambio, en dos se observó la reacción (Figura 13).

#### **Figura 13**

*Reacción en ladrillos.*



#### **Cerámica:**

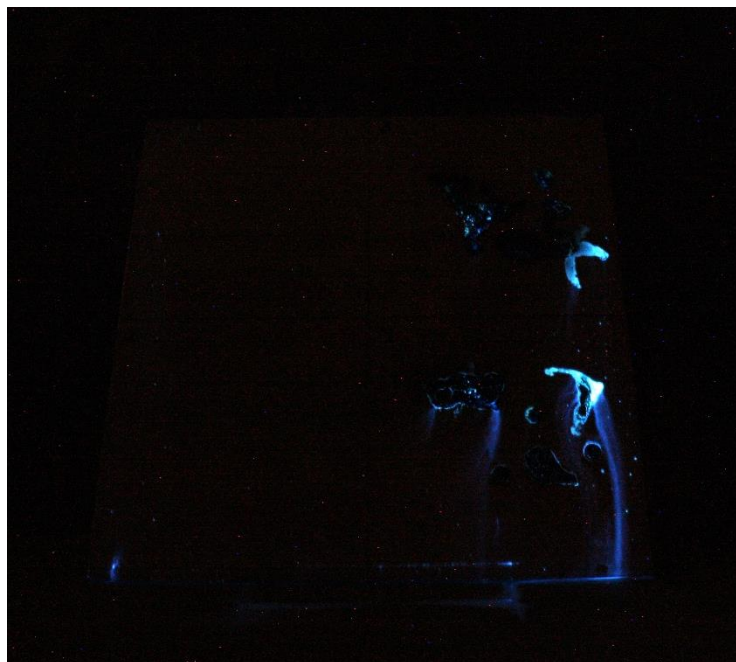
Los cuadrantes correspondientes a “TESTIGOS” no presentaron reacción, descartando la posibilidad de un Falso Positivo.

#### **Peresin y Reddi**

En relación a los cuadrantes discriminados como “MUESTRAS” se pudo visualizar y registrar la reacción correspondiente al reactivo Luminol en la totalidad de ellos (Figura 14, 15 y 16).

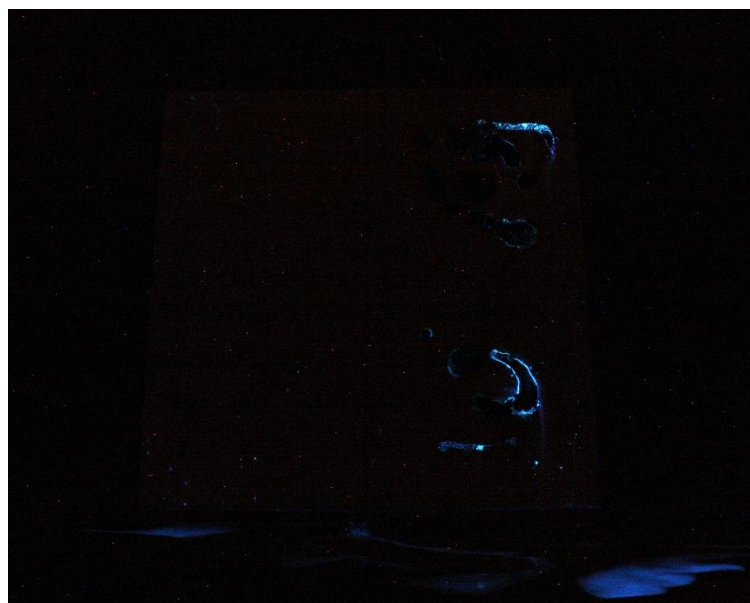
**Figura 14**

*Reacción en cerámica uno.*



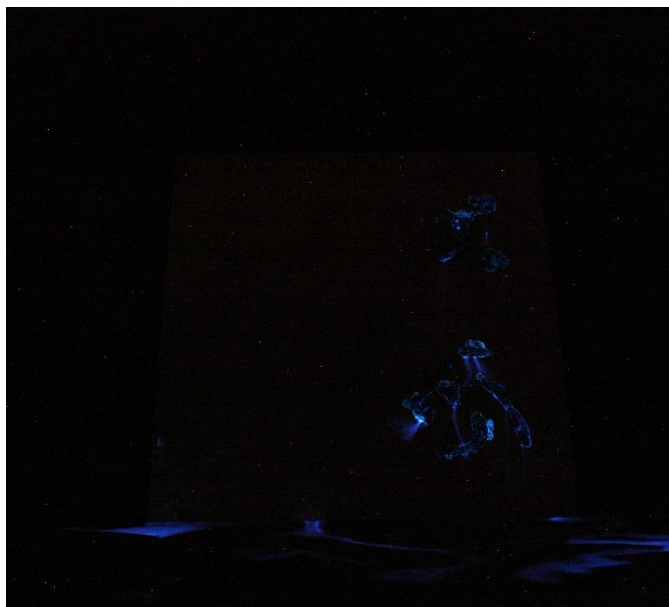
**Figura 15**

*Reacción en cerámica dos.*



### Figura 16

*Reacción en cerámica tres.*



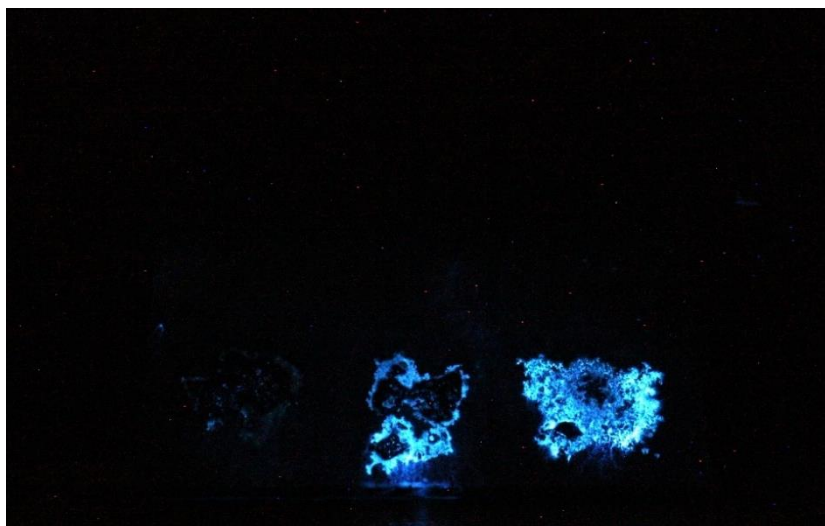
### Losa de Hormigón:

Los cuadrantes correspondientes a “TESTIGOS” no presentaron reacción, descartando la posibilidad de un Falso Positivo.

En tanto los cuadrantes que respectan a “MUESTRAS” se observó en todos éstos, en distintas intensidades la reacción química (Figura 17 y 18).

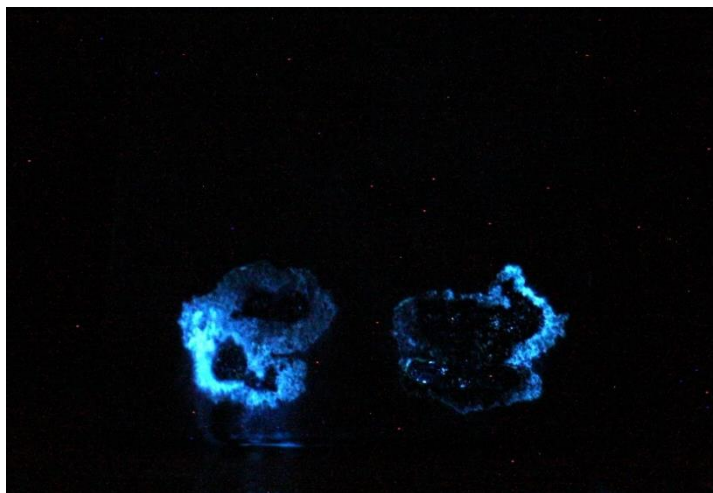
### Figura 17

*Reacción en losa de hormigón uno.*



**Figura 18**

*Reacción en losa de hormigón dos.*



A continuación se establecen las comparaciones realizadas antes y después de la reacción al Luminol (Figura 19, 20, 21, 22, 23 y 24):

**Figura 19**

*Comparación en Ladrillo.*



**Figura 20**

*Comparación cerámica uno.*



**Figura 21**

*Comparación cerámica dos.*



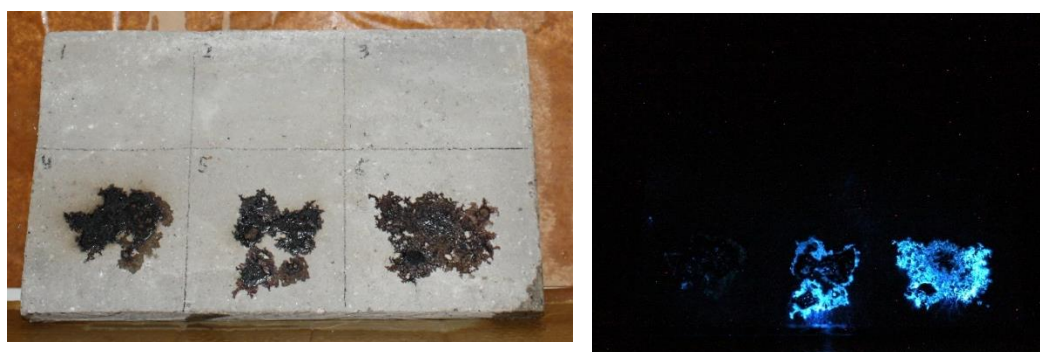
**Figura 22**

*Comparación cerámica tres.*



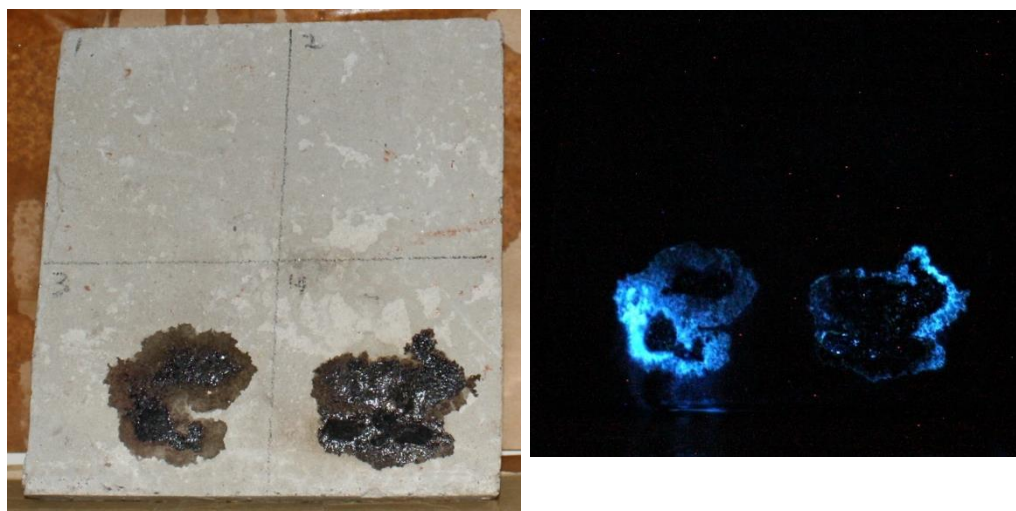
**Figura 23**

*Comparación losa de hormigón uno.*



**Figura 24**

*Comparación losa de hormigón dos.*



La Tabla corresponde a la recolección y análisis de los datos obtenidos al momento de realizar el experimento; es una tabla sistematizada de cada una de las tablas de recolección de datos utilizadas para cada superficie en la cual se detalla el tiempo total al que fueron expuestas a la fuente de calor.

Además, se distinguen entre cuadrantes en las que fueron divididas, y a su vez, en estos se colocan las siglas “R” y “NR” correspondiente a “REACCIONA” – “NO REACCIONA” respecto de lo obtenido en base a la utilización del Reactivo Luminol. Por último, se diferencia entre Muestras y Testigos para distinguir entre los cuadrantes que contienen sangre y los que no.

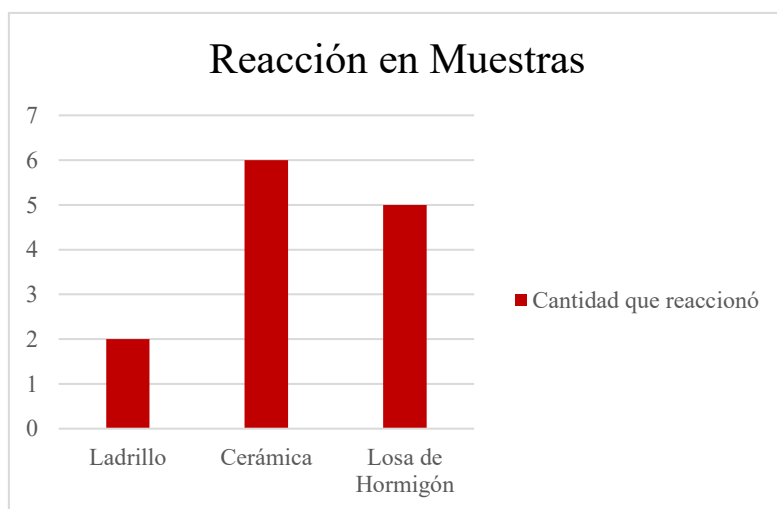
**Tabla 2***Tabla sistematizada de reacciones.*

Superficie	Tiempo de Exposición		Cuadrante N° 1	Cuadrante N° 2	Cuadrante N° 3	Cuadrante N° 4	Cuadrante N° 5	Cuadrante N° 6
Ladrillo N° 1	2 min	Muestra	NR					
		Testigo		NR				
Ladrillo N° 2	2 min	Muestra	R					
		Testigo		NR				
Ladrillo N° 3	2 min	Muestra	NR					
		Testigo		NR				
Ladrillo N° 4	2 min	Muestra	NR					
		Testigo		NR				
Ladrillo N° 5	2 min	Muestra	NR					
		Testigo		NR				
Ladrillo N° 6	2 min	Muestra	R					
		Testigo		NR				
Cerámica N° 1	2 min	Muestra			R	R		
		Testigo	NR	NR				
Cerámica N° 2	2 min	Muestra			R	R		
		Testigo	NR	NR				
Cerámica N° 3	2 min	Muestra			R	R		
		Testigo	NR	NR				
Losa de Hormigón N° 1	2 min	Muestra				R	R	R
		Testigo	NR	NR	NR			
Losa de Hormigón N° 2	2 min	Muestra			R	R		
		Testigo	NR	NR				

Finalizando con el análisis de datos del objetivo N°1 se realizaron tablas y gráficos de barra y circulares de las muestras (Figura 25, 26, 27, 28 y 29) en donde se plasmaron los resultados obtenidos en base a la tabla realizada.

**Figura 25**

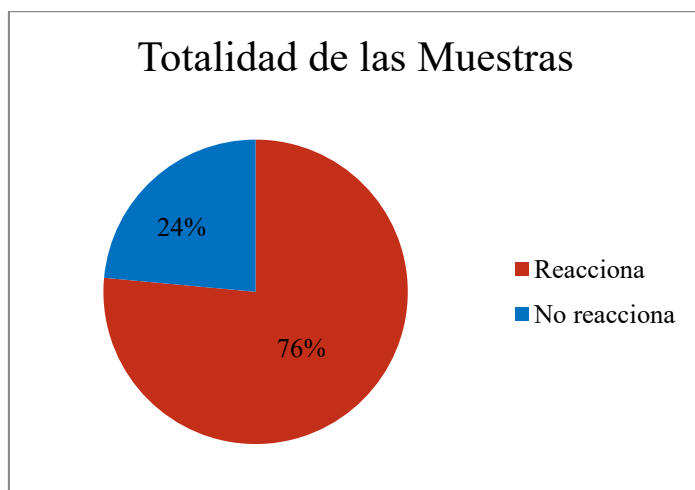
*Gráfico de barras de la reacción en los cuadrantes “Muestra”.*



Superficie	Cantidad que reaccionó
Ladrillo	2
Cerámica	6
Losa de Hormigón	5

**Figura 26**

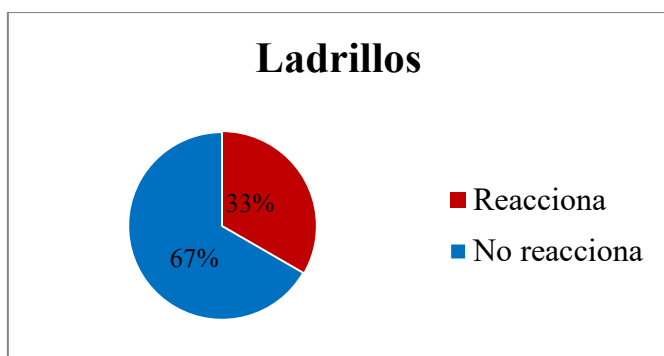
*Totalidad de las Muestras que reaccionaron y no reaccionaron en todas las superficies.*



Estado de la muestra	Total de la muestra
Reacciona	13
No reacciona	4

**Figura 27**

*Totalidad de las muestras que reaccionaron y no reaccionaron en los Ladrillos.*



Ladrillos	Total
Reacciona	2
No reacciona	4

**Figura 28**

*Totalidad de las muestras que reaccionaron y no reaccionaron en las Cerámicas.*



Cerámicas	Total
Reacciona	6
No reacciona	0

**Figura 29**

*Totalidad de las muestras que reaccionaron y no reaccionaron en las Losas de Hormigón.*



Losas de Hormigón	Total
Reacciona	5
No reacciona	0

### Objetivo Específico N° 2

Se comenzó con los ladrillos (Figura 30), los cuales fueron expuestos a aproximadamente 2 minutos, durante el tiempo transcurrido, sucedieron diferentes eventos: A los 20s aproximadamente, las máculas de sangre comenzaron a perder nitidez, tornándose color grisáceas. A los 45s aproximadamente, las partes que poseían mayor cantidad de sangre presentaron una inflamación y comenzaron a obtener un color más oscuro. Del 1:10 min a los 2 min no hubo cambios, finalizando con una coloración completamente gris oscura. Durante la exposición al fuego, se pudo notar que el ladrillo al ser un material poroso, permitió que la mancha de sangre penetre en él, quedando muy poco material en la superficie.

Luego se trabajó con las cerámicas (Figura 31), exponiéndolas a 2 minutos cada una de éstas, obteniéndose los siguientes resultados:

A los 15s las partes de las máculas con menor concentración de sangre, fueron perdiendo intensidad. A los 27s, las partes que si presentaban acumulación comenzaron a quemarse.

A los 33s estas partes fueron carbonizándose, quedando completamente negros a los 58s, finalizando los 2 min con la misma coloración. Como otro dato de interés, al 1:05 min las cerámicas tendieron a quebrarse debido a su fragilidad (ANEXO I, Figura AI-5). A comparación del ladrillo, éste al no ser un material poroso, las manchas quedaron en la superficie y no migraron ni hacia el interior del material ni hacia los extremos.

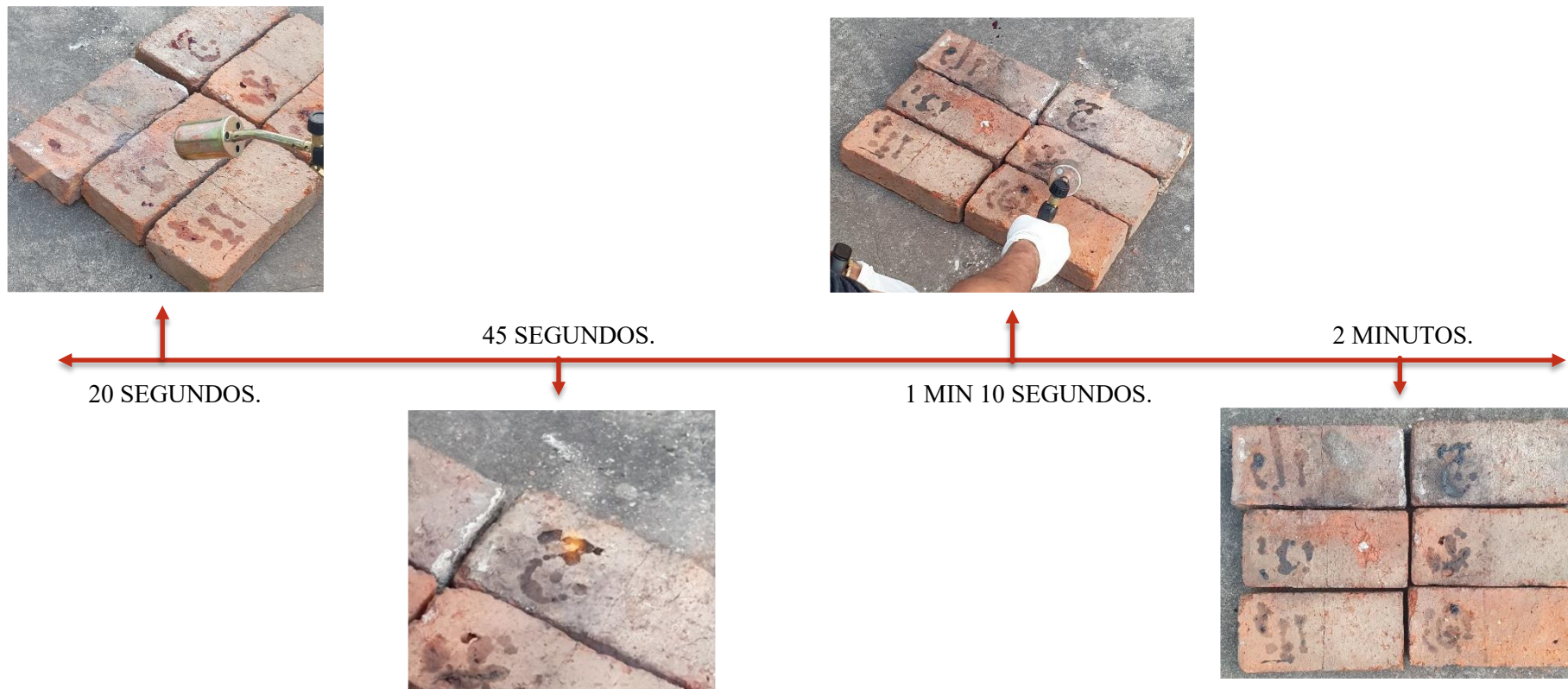
Por último, las losas de hormigón (Figura 32) fueron expuestas a 2 min aproximadamente cada una, dando como consecuencia lo siguiente:

A los 10s las manchas se comenzaron a tornar gris oscuro en sus bordes (siendo estos los de menor concentración de sangre) y los cúmulos de sangre se carbonizaron en la parte superior. A los 30s el centro de estas manchas se visualizó completamente

negros, presentando un ardor alrededor de los 50s. En el minuto restante no se observaron cambios, finalizando la exposición con un color gris en sus periferias y una tonalidad más negra en su parte media. La losa de hormigón al ser un material poroso como el ladrillo arrojó resultados similares a este una vez finalizada la primera parte del experimento.

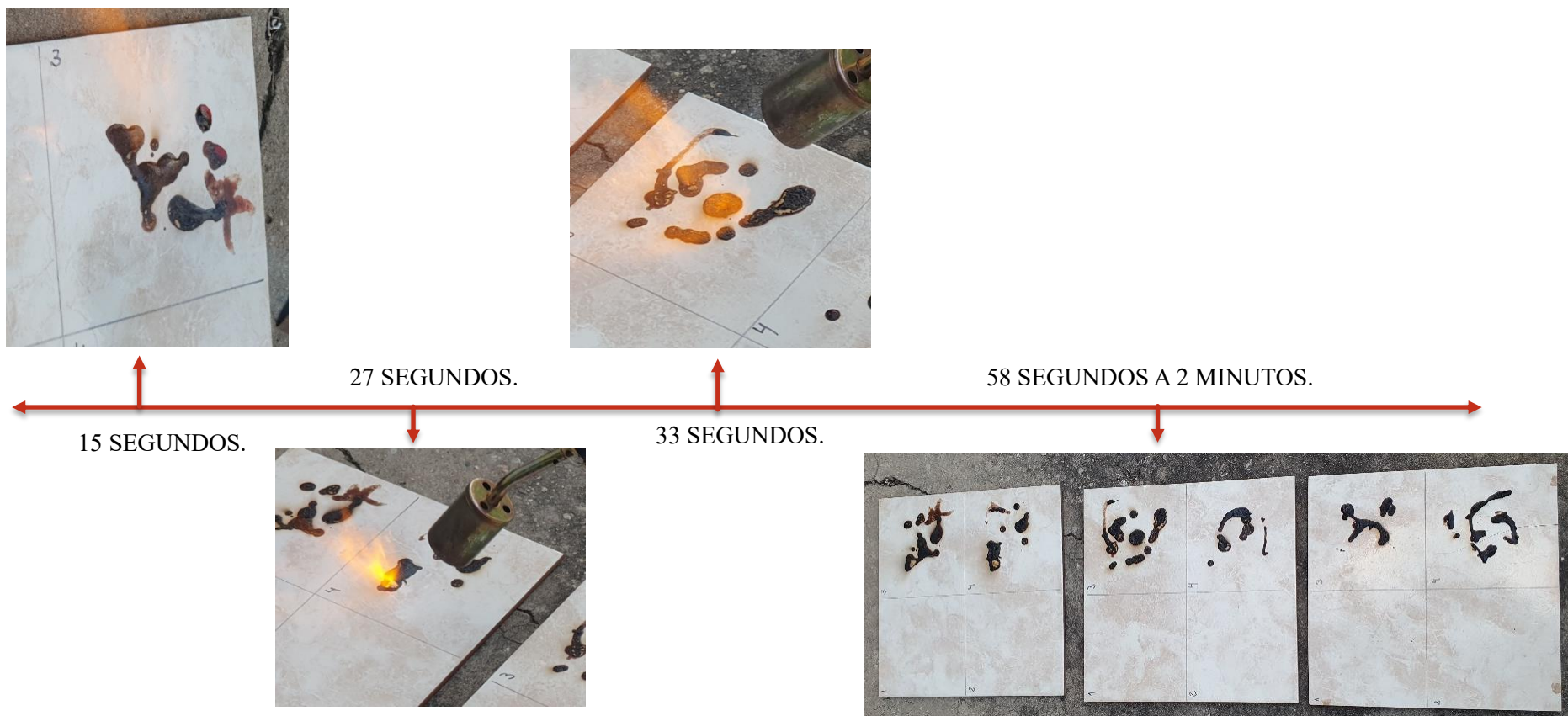
**Figura 30**

*Línea de tiempo general de los efectos del fuego en los Ladrillos.*



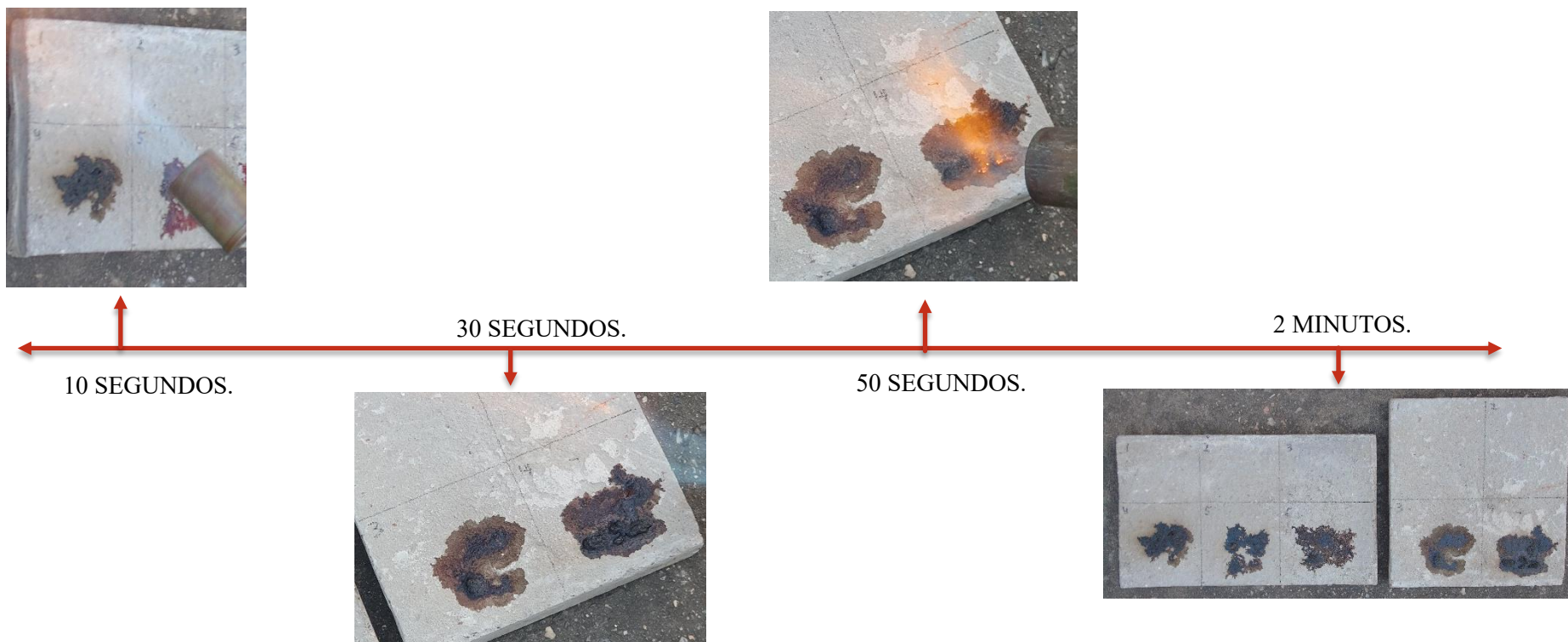
**Figura 31**

*Línea de tiempo general de los efectos del fuego en las Cerámicas.*



**Figura 32**

*Línea de tiempo general de los efectos del fuego en las Losas de Hormigón.*





# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

En base a todo lo planteado con anterioridad, se concluyó que el reactivo Luminol demostró una alta efectividad en la detección de sangre en superficies expuestas al fuego, ya que 13 de las 17 muestras tratadas con fuego reaccionaron positivamente, es decir, un 76%. Esto indica que, incluso tras la acción directa del calor, es posible detectar restos hemáticos con este reactivo en la mayoría de los casos.

Además se observó una clara diferencia en la respuesta del reactivo según el tipo de superficie.

En ladrillos, solo 2 de las 6 muestras reaccionaron (33%), lo que sugiere que este material presenta mayor resistencia a conservar restos hemáticos tras la exposición al fuego. Las características de estos, como su alta porosidad y capacidad de conservar calor, podrían ser influyentes en la eficacia del luminol para detectar sangre.

En cerámicas, todas las muestras reaccionaron positivamente (100%), evidenciando que este tipo de superficies preserva mejor la sangre incluso luego del contacto con llamas directas. La cerámica, al ser menos porosa, probablemente evita que la sangre penetre en profundidad.

En losas de hormigón, también se obtuvo un resultado 100% efectivo, lo que refuerza la idea de que ciertas superficies duras y menos porosas son más favorables para la detección con luminol tras la exposición al fuego.

Con respecto al tiempo, dado que todas las superficies fueron expuestas al fuego durante un tiempo controlado de dos minutos, los resultados permiten inferir que el tiempo de exposición podría tener un efecto diferencial según el tipo de superficie. Los materiales que conservan más el calor, como el ladrillo, podrían haber requerido menor tiempo para alcanzar temperaturas capaces de destruir restos hemáticos, en comparación con los otros dos materiales.

## RECOMENDACIONES

Para las futuras líneas de investigación, se recomienda:

1. Aumentar el tiempo de exposición para observar si a mayor lapso en contacto con fuego existe un punto crítico a partir del cual el Reactivo Luminol deja de ser efectivo.
2. El uso de otras fuentes de calor más difusas o ambientales para una mayor similitud con escenas del crimen reales.
3. Incluir más variedades de superficies para evaluar la efectividad del luminol, quizás más susceptibles al fuego como madera, plástico, vidrio, etc.
4. Estudiar la posible influencia de contaminantes, dado que es posible que el fuego se inicie mediante la utilización de acelerantes u otros elementos.
5. Utilizar mayor cantidad de sangre esparcida sobre la superficie.
6. Evaluar si influye en la penetración de la sangre que la superficie se encuentre pintada.

# BIBLIOGRAFÍA

## **BIBLIOGRAFÍA**

Admin\_Gt. (2021, 07 de septiembre). *Grupo Tenerife*.

<https://www.grupotenerife.com.mx/pisos-ceramicos-belleza-tecnologia/>

Bastide, B., Porter, G. y Renshaw, A. (2018). Detección de manchas de sangre latentes en escena de incendios mediante fotografía infrarroja reflejada. *ScienceDirect*, 302.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073818306601>

Bernal Torres, C. A. (2006). *Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. 3° edición. Colombia.

<https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

Cárcamo, M. A. (2007). *Técnicas de investigación de incendios. Incendios de origen eléctrico*. [Tesis de Pregrado, Universitat Autònoma de Barcelona]. Proyecto Final – Comisión 2.

[https://drive.google.com/drive/u/0/folders/18ZO2mWjfEZ0exRnsgAry4\\_D5mt\\_rluCVP](https://drive.google.com/drive/u/0/folders/18ZO2mWjfEZ0exRnsgAry4_D5mt_rluCVP)

Cemix. (s.f). *Cemix*. <https://www.cemix.com/superficie-porosa-que-es/>

CONICET (2021). *Protocolo de actuación para la investigación científica en el lugar del hecho*.

[https://www.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/anexo\\_6486329\\_1.pdf](https://www.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/anexo_6486329_1.pdf)

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Pilar, L. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6° edición. México: Mc Graw Hill Education.

[https://drive.google.com/file/d/1neYpvLfPs23dvZp2\\_3OOciLvR9LLmdw/view](https://drive.google.com/file/d/1neYpvLfPs23dvZp2_3OOciLvR9LLmdw/view)

Holcim. (s.f). *Holcim*. [https://www.holcim.es/las-losas-de-hormigon-que-son-para-que-sirven-y-como-se-](https://www.holcim.es/las-losas-de-hormigon-que-son-para-que-sirven-y-como-se-ponen#:~:text=Una%20losa%20de%20hormig%C3%B3n%20es,integridad%20estructural%20de%20una%20construcci%C3%B3n)

[ponen#:~:text=Una%20losa%20de%20hormig%C3%B3n%20es,integridad%20estructural%20de%20una%20construcci%C3%B3n](https://www.holcim.es/las-losas-de-hormigon-que-son-para-que-sirven-y-como-se-ponen#:~:text=Una%20losa%20de%20hormig%C3%B3n%20es,integridad%20estructural%20de%20una%20construcci%C3%B3n).

Ley 11.179 – Código Penal de la Nación Argentina. (1921, noviembre). Congreso de la Nación Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-11179-16546/actualizacion>

Ley 22.990 – Ley de Sangre. (1983, 28 de noviembre). Presidencia de la Nación Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-22990-49103/texto>

Montiel Sosa, J. (2003). *Criminalística Tomo 1*. Editorial Limusa, S.A de C.V. Grupo Noriega Editores. <https://www.calameo.com/read/002296443541a9d191732>

Montiel Sosa, J. (2000). *Criminalística Tomo 3*. Editorial Limusa S.A de C.V. Grupo Noriega Editores. <https://www.miguelgallardo.es/criminalista/3.pdf>

Montiel Sosa, J. (2000). *Manual de Criminalística 2*. Editorial Limusa, S.A de C.V. Grupo Noriega Editores. <https://www.miguelgallardo.es/criminalista/2.pdf>

Pérez Porto, J. y Gardey, A. (2023). *Definición de Ladrillo*. <https://definicion.de/ladrillo/>

Quispe, S. y Flores, A. (2014). Detección de manchas de sangre mediante la Prueba de Luminol en la investigación forense. *Scielo*, 2 (1). [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S231002652014000100010&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S231002652014000100010&lng=es&nrm=iso)

Real Academia Española. (s.f). *Detección*. Obtenido de Diccionario de la Real Academia Española. <https://dle.rae.es/detecci%C3%B3n>

Real Academia Española. (s.f). *Exposición*. Obtenido de Diccionario de la Real Academia Española. <https://dle.rae.es/exposici%C3%B3n?m=form>

Real Academia Española. (s.f). *Superficie*. Obtenido de Diccionario de la Real Academia Española. <https://www.rae.es/diccionario-estudiante/superficie>

Torales, E. E., Cottier, M., Delgado, J. N. y Lombardi, I. (2013). *Manual de procedimiento para la preservación del lugar del hecho y la escena del crimen*. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación.

<https://www.mpf.gob.ar/docs/RepositorioB/Ebooks/qE1360.pdf>

Villanova, R. R. (1967). La sangre en el lugar del suceso. *Anuario de derecho penal y ciencias penales*, tomo 20 (1-2), 489-508.

[https://www.boe.es/biblioteca\\_juridica/anuarios\\_derecho/abrir\\_pdf.php?id=ANU-P-1967-10048900508](https://www.boe.es/biblioteca_juridica/anuarios_derecho/abrir_pdf.php?id=ANU-P-1967-10048900508)

# ANEXOS

## ANEXO I

**Figura AI-1**

*Soplete y Garrafa utilizados como fuente de calor.*



**Figura AI-2**

*Ficha de recolección de datos utilizada para los ladrillos.*

Superficie 1 (ladrillos):

Superficie	Tiempo de exposición	Lado derecho (s/sangre)		Lado izquierdo (c/sangre)	
		Lum	No lum	Lum	No lum
Ladrillo 1	2 min		X		X
Ladrillo 2	2 min		X	X	
Ladrillo 3	2 min		X		X
Ladrillo 4	2 min		X		X
Ladrillo 5	2 min		X		X
Ladrillo 6	2 min		X	X	

**Figura AI-3**

*Ficha de recolección de datos utilizada para las cerámicas.*

Superficie 2 (cerámica):

Superficie	Tiempo de exposición	Cuadrante 1 (s/sangre)		Cuadrante 2 (s/sangre)		Cuadrante 3 (c/sangre)		Cuadrante 4 (c/sangre)	
		Lum	No lum	Lum	No lum	Lum	No lum	Lum	No lum
Cerámica 1:	2 min		X		X	X		X	
Cerámica 2:	2 min		X		X	X		X	
Cerámica 3:	2 min		X		X	X		X	

**Figura AI-4**

*Ficha de recolección de datos utilizada para las losas de hormigón.*

Superficie 3 (losa de hormigón):

Superficie	Tiempo de expo	Cuadrante 1 (s/sangre)		Cuadrante 2 (s/sangre)		Cuadrante 3 (s/sangre)		Cuadrante 4 (c/sangre)		Cuadrante 5 (c/sangre)		Cuadrante 6 (c/sangre)	
		Lum	No lum	Lum	No lum	Lum	No lum	Lum	No lum	Lum	No lum	Lum	No lum
Losa 1	2 min		X		X		X	X		X		X	
Losa 2	2 min		X		X	X		X					

**Figura AI-5**

*Cerámica rota debido a la exposición al fuego.*



## ANEXO II

Como parte del Anexo II, se deja a disposición un link de Drive en donde se encuentran de manera ordenada todas las imágenes que fueron capturadas durante el proceso de Investigación.

Peresin, V. y Reddi, L. (2025, 26 de junio). Anexo II-Drive fotográfico. [Google Drive].

Recuperado de

<https://drive.google.com/drive/folders/1Jya4Au25tk5xI3IzO-im4beo7Y15g4-e> (26 de junio de 2025).