



# Trabajo Práctico - Grupo 10 y 12

---

Detección de Fuego en Imágenes Usando Úmbrales de Color y Borde

2do Cuatrimestre - 2024

Integrante	LU	Correo electrónico
Malena Sol Alamo	1620/21	malusalamo@gmail.com
Lorenzo Gandolfo	169/21	lolegandolfo@gmail.com
Victoria Klimkowski	1390/21	02vicky02@gmail.com
Juan Pedro Beroch	444/22	tatyberoch@gmail.com
Matias Cataife	1580/21	cataifem@gmail.com



**Facultad de Ciencias Exactas y  
Naturales**

Universidad de Buenos Aires

Ciudad Universitaria

Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Rep. Argentina

Tel/Fax: (54 11) 4576-3359

<http://www.fcen.uba.ar>

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>4</b>
<b>2. Fundamentación Teórica</b>	<b>4</b>
2.1. Descomposición HSV . . . . .	4
2.2. Descomposición RGB . . . . .	5
2.3. Sobel . . . . .	6
2.4. Método de Otsu . . . . .	7
<b>3. Detección de Fuego</b>	<b>8</b>
3.1. Análisis del Color Rojo . . . . .	9
3.2. Análisis de los canales S y V . . . . .	10
3.3. Detección de bordes con Sobel . . . . .	11
3.4. Combinación de Máscaras . . . . .	12
<b>4. Críticas al paper original</b>	<b>14</b>
<b>5. Otros Ejemplos</b>	<b>14</b>
<b>6. Conclusión</b>	<b>15</b>
<b>7. Bibliografía</b>	<b>15</b>

# 1. Introducción

La detección de fuego en imágenes es una aplicación crítica en sistemas de vigilancia, control de incendios y seguridad pública. El presente informe describe un algoritmo que permite detectar fuego mediante el análisis de los componentes de color y bordes en una imagen.

Este enfoque analiza la implementación de umbrales en el canal rojo (R), el canal value (V) y el canal de saturación (S) encontrados mediante el método de Otsu y también la detección de bordes mediante el operador de Sobel. La implementación se realiza en Python utilizando la biblioteca OpenCV.

Para este trabajo nos basamos principalmente en un algoritmo ya propuesto de detección de fuego (Triveni et al., 2020) [1] modificando algunos aspectos del mismo.

# 2. Fundamentación Teórica

## 2.1. Descomposición HSV

El HSV es un modelo de representación de color que organiza los colores de una forma más cercana a cómo los percibe el ojo humano. Descompone la imagen en tres canales:

- Hue (H): Representa el color puro en el círculo cromático, donde  $0^\circ$  representa el rojo,  $120^\circ$  el verde y  $240^\circ$  el azul.
- Saturación (S): Representa la intensidad o “pureza” del color. Va de 0 (gris sin color) a 100 (color completamente saturado).
- Value (V): Representa la luminosidad del color, va de 0 (negro sin brillo) a 100 (brillo máximo, color más claro).

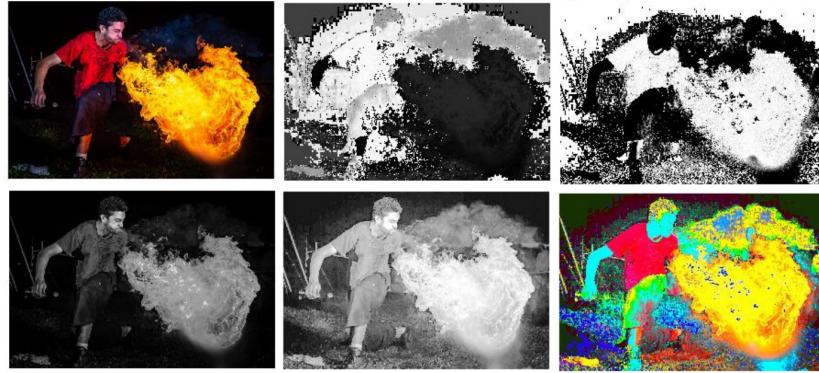


Figura 1: Descomposición HSV

## 2.2. Descomposición RGB

El modelo RGB es un sistema de representación de color basado en la mezcla aditiva de tres colores primarios: rojo, verde y azul. Descompone la imagen en tres canales:

- Red (R): Representa la intensidad del color rojo, con valores que van de 0 (sin rojo) a 255 (rojo máximo).
- Green (G): Representa la intensidad del color verde, con valores que van de 0 (sin verde) a 255 (verde máximo).
- Blue (B): Representa la intensidad del color azul, con valores que van de 0 (sin azul) a 255 (azul máximo).



Figura 2: Descomposición RGB

### 2.3. Sobel

El filtro de Sobel **calcula las derivadas en las direcciones horizontal y vertical**, lo que permite identificar contornos y cambios abruptos de intensidad.

- Máscara en dirección horizontal ( $G_x$ ):

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix}$$

- Máscara en dirección vertical ( $G_y$ ):

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix}$$

Una vez aplicadas las máscaras  $G_x$  y  $G_y$  a la imagen mediante convolución, la magnitud del gradiente  $G$  se calcula utilizando la fórmula:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

En la práctica, para reducir la carga computacional, la magnitud puede aproximarse de la siguiente manera:

$$G \approx |G_x| + |G_y|$$

La dirección del borde ( $\theta$ ) se puede calcular como:

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{G_y}{G_x} \right)$$

El resultado del método de Sobel es una imagen binaria o en escala de grises donde los bordes se resaltan en función de los gradientes calculados. El umbral aplicado a la magnitud del gradiente  $G$  permite filtrar bordes débiles y mantener únicamente los más significativos.



Figura 3: Ejemplo aplicación de Sobel

## 2.4. Método de Otsu

El método de Otsu es una técnica utilizada en procesamiento de imágenes para realizar **binarización automática**, convirtiendo una imagen en escala de grises en una imagen binaria. Este método calcula de manera óptima un *umbral global* que separa los píxeles de fondo y los de primer plano basándose en el histograma de intensidad.

Pasos del método de Otsu:

1. **Calcular el histograma:** Se obtiene la frecuencia de los niveles de intensidad (0 a 255 para imágenes en escala de grises).
2. **Inicializar variables:**
  - Probabilidades de las clases:
 
$$P_1(t) : \text{Probabilidad acumulada de los píxeles de fondo (intensidades } \leq t\text{)}$$

$$P_2(t) : \text{Probabilidad acumulada de los píxeles de primer plano (intensidades } > t\text{)}$$
  - Medias de las clases:
 
$$\mu_1(t) : \text{Media de intensidades de la clase de fondo.}$$

$$\mu_2(t) : \text{Media de intensidades de la clase de primer plano.}$$

- Media total:

$\mu_T$  : Media global de las intensidades de la imagen.

3. **Calcular la varianza entre-clases:** Para cada posible umbral  $t$ , se calcula la varianza entre-clases:

$$\sigma_B^2(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot [\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2$$

4. **Maximizar la varianza entre-clases:** El umbral óptimo  $t^*$  es aquel que maximiza  $\sigma_B^2(t)$ .
5. **Aplicar el umbral:** Todos los píxeles con intensidades  $\leq t^*$  se clasifican como fondo (0), y los demás como primer plano (1).

### 3. Detección de Fuego

El algoritmo de detección de fuego se basa en el análisis de los componentes de color y la detección de bordes en una imagen. Este proceso se realiza en varias etapas para identificar de manera precisa las posibles regiones donde podría haber fuego.



Figura 4: Imagen a analizar

### 3.1. Análisis del Color Rojo

La primera idea consiste en identificar las regiones de la imagen donde predomina el color rojo, ya que el fuego generalmente presenta una intensidad alta en este canal en comparación con los canales verde y azul. Para ello, se utilizan las siguientes condiciones:

- El canal rojo (R) debe ser mayor que el canal verde (G).
- El canal verde (G) debe ser mayor que el canal azul (B).
- La intensidad del canal rojo debe superar un umbral determinado.

Para establecer el umbral en el canal rojo, se utiliza el método de Otsu. Ésta fue una de las libertades tomadas con respecto al paper original ya que no se definía cómo encontrar el umbral y éste depende de la foto (frame) y no está fijo.



Figura 5: Canal R de la imagen a analizar



Figura 6: Máscara aplicada

### 3.2. Análisis de los canales S y V

Para poder mejorar la máscara resultado del análisis del color rojo, se eligió también analizar los canales V y S para la imagen en formato HSV. Para estos canales también se definió el umbral con el método de Otsu. De esta manera, se seleccionaron:

- Los píxeles que cumplen las restricciones establecidas para el canal rojo (R).
- Los píxeles en los que se detecta mayor luminosidad
- Los píxeles en los que se detecta mayor saturación



Figura 7: Canal V de la imagen a analizar



Figura 8: Máscara de Value aplicada



Figura 9: Canal S de la imagen a analizar



Figura 10: Máscara de Saturacion aplicada

Ésta fue otra de las libertades que decidimos tomar con respecto al paper original.

### 3.3. Detección de bordes con Sobel

Después de identificar las regiones con alta intensidad y saturación en el canal rojo, se aplica un filtro de Sobel para detectar bordes en la imagen. Se utiliza un umbral bajo, ya que preferimos detectar borde "de más" que luego se corregirá en las intersecciones con otras máscaras.



Figura 11: Bordes detectados con Sobel

### 3.4. Combinación de Máscaras

Finalmente, se combinan las regiones detectadas por el análisis de color y por la detección de bordes. Esto permite reducir falsos positivos, asegurando que solo se consideren como fuego aquellas regiones que cumplen con todas las condiciones.

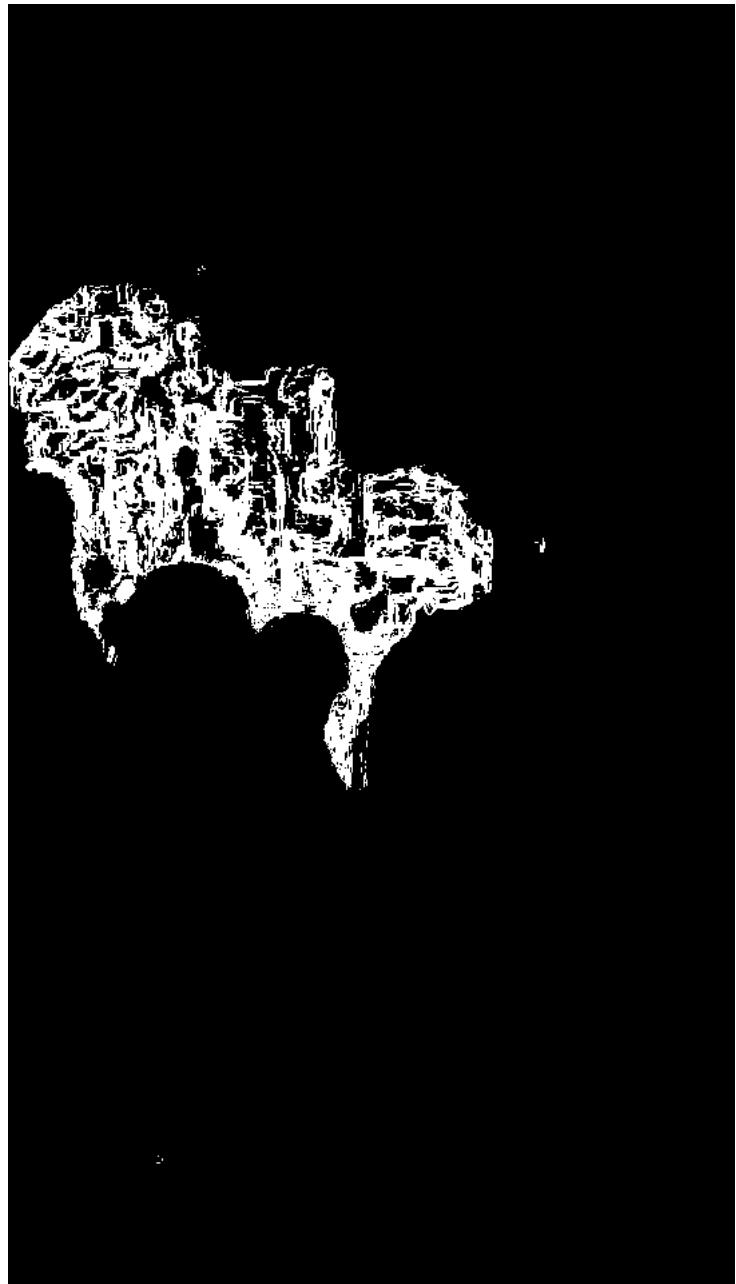


Figura 12: Resultado

## 4. Críticas al paper original

El paper original esencialmente marca los píxeles del canal RGB donde se cumple que  $R > G > B$ ,  $R > umbral$  (sin definirlo) y los píxeles donde se detecta bordes de Sobel. La razón por la que el algoritmo original presenta más falsos positivos que el algoritmo que se plantea en este informe es que las condiciones necesarias de detección están contenidas en las presentes en este trabajo. Por ejemplo, al mirar el agua y el piso de la Figura 4 y su máscara de color en la Figura 6 es notable que esos píxeles son marcados como relevantes para la detección de fuego. Sin embargo en la Figura 10 ya no puesto que no son pixeles con altos niveles de saturación.

## 5. Otros Ejemplos



Figura 13: Aplicación del algoritmo con métodos RGB y HSV

Finalmente, decidimos implementar el algoritmo una ultima vez sobre dos imágenes; la primera del lado izquierdo le plantea un desafío relativamente facil al tener colores rojizos únicamente relacionados al fuego que se busca

detectar. Por eso es que tanto para el método RGB como el de HSV se detecta con una precisión mucho mayor que sobre la imagen de la derecha, donde al estar en un busque donde se presenta una amplia gama de colores el algoritmo con RGB detecta el fuego pero además toma como fuego cosas que no lo son como es el caso de la cara del sujeto de la imagen. Por otro lado, el algoritmo con HSV presenta una precisión mucho mas acertada e incluso casi perfecta.

## 6. Conclusión

El algoritmo presentado permite detectar fuego en imágenes de manera eficiente combinando análisis de color y detección de bordes. Este enfoque es adecuado para aplicaciones de monitoreo en tiempo real donde se requiera una detección rápida y precisa. Como en general detecta píxeles que provocan un falso positivo, tomamos como criterio que para que se active la alerta de fuego se tenían que marcar más del 20 %. No obstante, el algoritmo analiza frame por frame y creemos que podría mejorar si se toma en cuenta que lo que se está viendo es parte de un mismo video y no frames independientes.

## 7. Bibliografía

### Referencias

- [1] Triveni, B., Mounika, K. S., Rahelu, B. J. (2020). *Fire detection using digital image processing*. IRE Journals, 3(11).
- [2] Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 9(1), 62–66.
- [3] Sobel, I. (2014). An isotropic 3x3 image gradient operator. Presentation at Stanford A.I. Project 1968.