

CAPÍTULO 5

SIMULACIONES Y RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados de utilizar el método propuesto para la detección de columnas de humo. Se propone comparar el método propuesto utilizando la SWT y un método similar aplicando un filtro gaussiano pasa-bajos. Así mismo, se presenta una comparación con un método de filtrado morfológico, la transformada Top-Hat. Los resultados llevan a concluir que el método propuesto es una técnica que detecta el incendio en las primeras etapas de desarrollo y prueba ser confiable a pesar de ser bastante robusto.

5.1 Introducción

Se propone comparar el método propuesto utilizando la SWT y un método similar aplicando un filtro gaussiano pasa-bajos. De igual forma se presenta la comparación del método con un filtrado morfológico, la transformada Top-Hat.

Los resultados obtenidos en las simulaciones llevan a concluir que el método propuesto es una técnica que detecta el incendio de manera eficiente en las primeras etapas de desarrollo. Prueba ser un método confiable a pesar de sus prolongados tiempos de procesamiento (entre 20 y 75 segundos aproximadamente, incluyendo la etapa de confirmación de incendio), el índice de falsas alarmas es mínimo debido al algoritmo de confirmación de incendio.

5.2 Simulaciones

Para llevar a cabo las simulaciones del método propuesto se utiliza la herramienta

MatLab® versión R2009a.

Los videos utilizados para las simulaciones son obtenidos principalmente de la referencia [UGU07], 6 videos de incendios controlados en diferentes ambientes y con diferentes condiciones. Otros de los videos utilizados en las simulaciones provienen de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del estado de Puebla [SMNR10], 4 videos.

El método fue probado en los 10 videos que se tienen disponibles. Se presenta en la Tabla 5.1 un resumen de los nombres de los videos, comenzando con los 6 videos de la referencia [UGU07], seguidos de los 4 videos de la referencia [SMNR], y una descripción de cada video.

Tal como se muestra en la Tabla 5.1 de los 10 videos disponibles, los últimos 6 de ellos presentan condiciones de prueba que no son consideradas comunes, y para las cuales no ha sido diseñado el método propuesto. Principalmente la *Movie 7*, *Movie 8* y *Movie 9* presentan excesivos movimientos de la cámara y el algoritmo no entrega ningún resultado en estos videos.

Los resultados de la detección en la *Movie 1* (Figura 5.1.a) y *Movie 2* (Figura

TABLA 5.1 VÍDEOS DISPONIBLES PARA ANALIZAR

<i>Nombre de la película</i>	<i>Descripción</i>	<i>Referencia</i>
<i>Movie 1</i>	Exterior un solo incendio y sin objetos en movimiento, mucha luminosidad	[UGU07]
<i>Movie 2</i>	Exterior un solo incendio y sin objetos en movimiento, luminosidad media	[UGU07]
<i>Movie 3</i>	Exterior un solo incendio y con arboles cerca de la cámara en movimiento	[UGU07]
<i>Movie 4</i>	Exterior zona urbana un solo incendio	[UGU07]
<i>Movie 5</i>	Exterior, flamas y humo	[UGU07]
<i>Movie 6</i>	Interior, bote de basura	[UGU07]
<i>Movie 7</i>	Chalchihuapan, vibración y zoom pequeño	[SMNR10]
<i>Movie 8</i>	Chalchihuapan, vibración y zoom grande	[SMNR10]
<i>Movie 9</i>	Chalchihuapan, vibración y no hay incendios	[SMNR10]
<i>Movie 10</i>	Tochomizalco, sin vibración y zoom grande	[SMNR10]

5.1.c) son muy similares, se realiza una sola detección sin falsas alarmas y comprobación inmediata al utilizar el algoritmo de comprobación de incendio Figura 5.1.b y Figura 5.1.d respectivamente. Este es el caso óptimo para el cual trabaja el método. Se trata de una escena estática, sin importar la iluminación, en la cual ocurre una detección en el justo instante que aparece una anomalía y se verifica dicha anomalía en una sola ejecución del algoritmo de confirmación.

Igualmente en la *Movie 3* (Figura 5.2.a) y la *Movie 4* (Figura 5.2.c) existe una detección similar para ambos casos (Figura 5.2.b y Figura 5.2.d respectivamente). Una sola anomalía detectada que después del bloque de confirmación se confirma como un incendio, pero en este caso se presentan falsas ROIs (se dejan en color verde y amarillo grabadas en la escena, dichas ROIs que se fueron detectando como posibles ROIs o

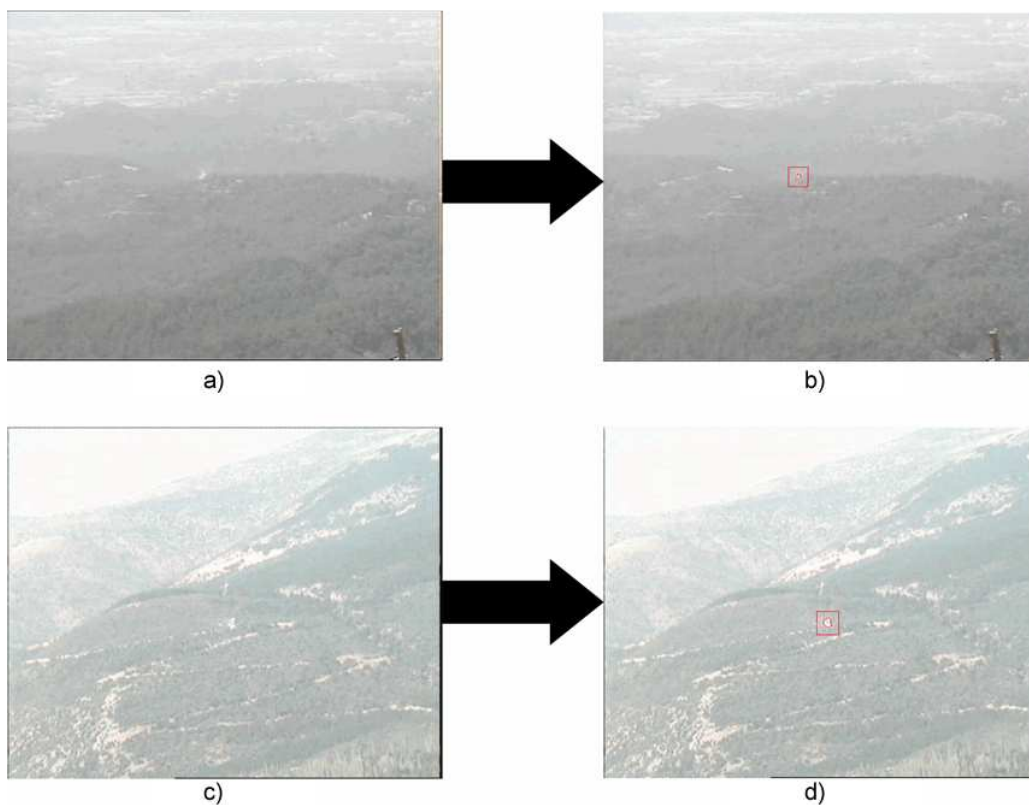


Figura 5.1 Resultado del método propuesto en imágenes *Movie 1* y *Movie 2*,
a) Primer frame detectado en *Movie 1*, b) Detección en *Movie 1* señalando la ROI.
c) Primer frame detectado en *Movie 2*, d) Detección en *Movie 2* señalando la ROI.

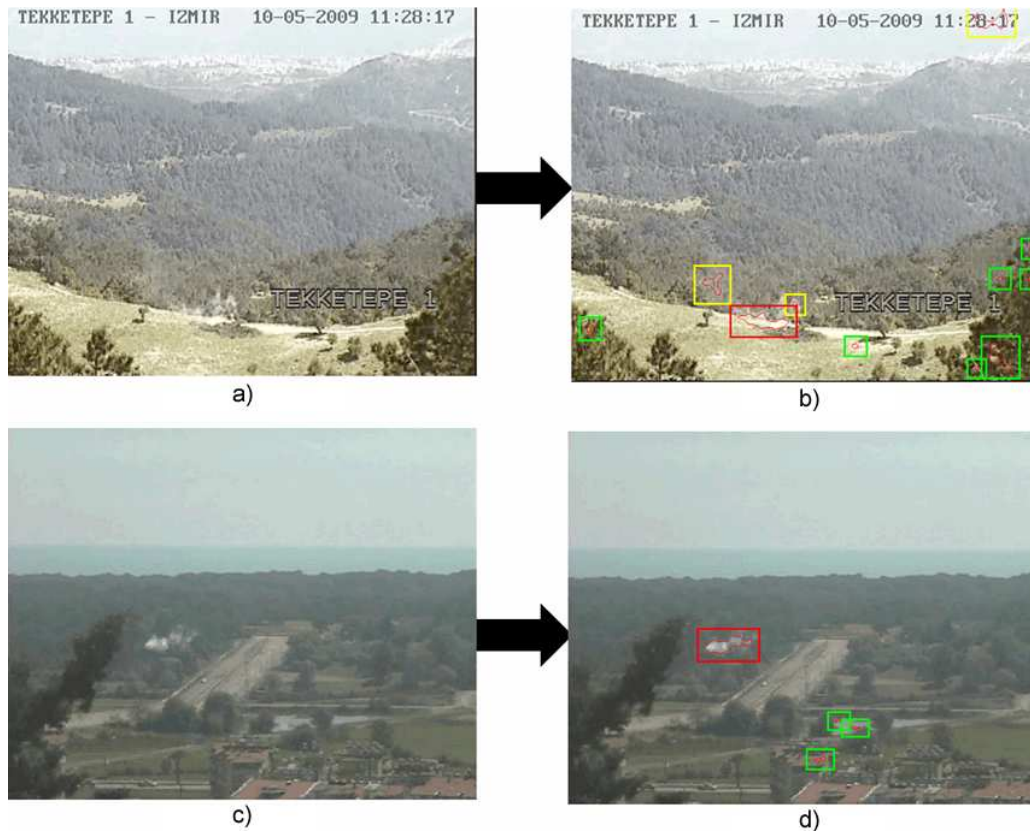


Figura 5.2 Resultado del método propuesto en imágenes *Movie 3* y *Movie 4*,
a) Primer frame detectado en *Movie 3*, b) Detección en *Movie 3* señalando la ROIs.
c) Primer frame detectado en *Movie 4*, d) Detección en *Movie 4* señalando la ROIs.

como alarmas de nivel intermedio respectivamente, son descartadas por el algoritmo de confirmación de incendio), debido a los objetos en movimiento en la escena.

Para el caso de *Movie 5* (Figura 5.3.a y Figura 5.3.b) la detección presenta falsas ROIs debido a las personas que aparecen en la escena encendiendo flamas en el bosque, y una falsa alarma que se cree se genera por los efectos de la iluminación de las flamas sobre los troncos del árbol detrás de ellas. El algoritmo, aunque no ha sido probado, detecta las secciones de flamas como posibles incendios cuando las flamas crecen (caso normal de la aparición del fuego), por lo que se piensa que probablemente el método pueda funcionar también en la detección de flamas.

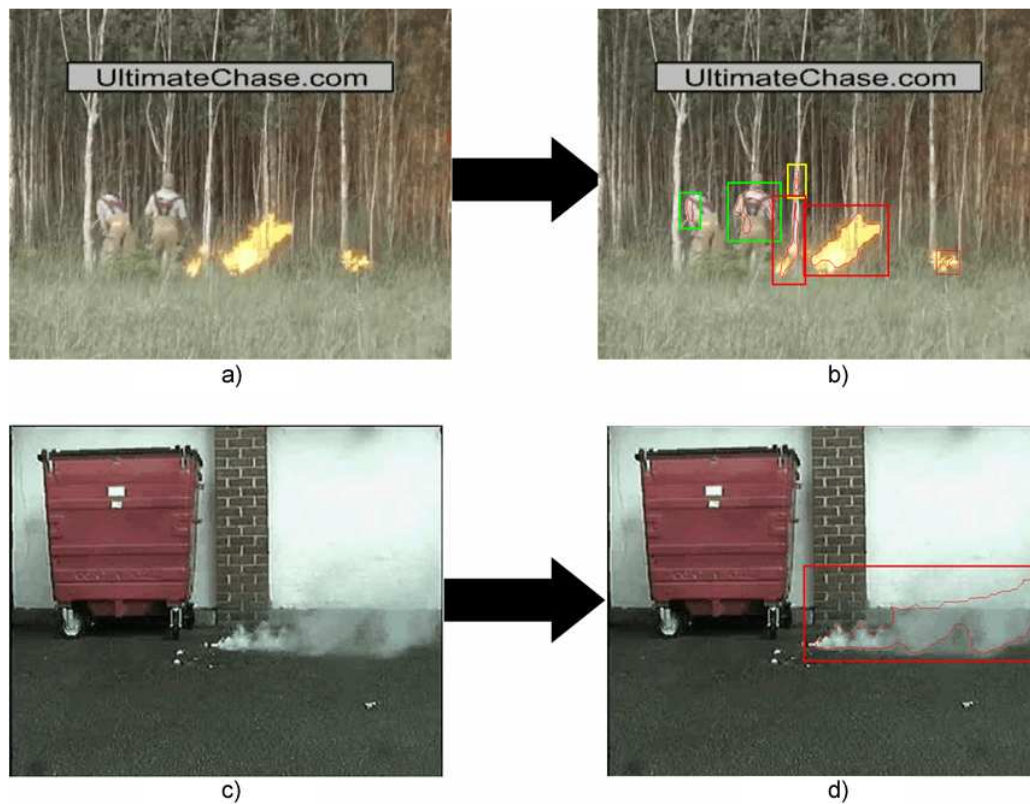


Figura 5.3 Resultado del método propuesto en imágenes *Movie 5* y *Movie 6*,
 a) Primer frame detectado en *Movie 3*, b) Detección en *Movie 3* señalando la ROIs.
 c) Primer frame detectado en *Movie 4*, d) Detección en *Movie 4* señalando la ROIs.

Mientras tanto en la *Movie 6* (Figura 5.3.c y Figura 5.3.d) no existen falsas alarmas y hay una sola detección confirmada inmediatamente. El incendio aparenta ser muy grande pero se debe al tiempo de procesamiento del algoritmo y que en la escena controlada este incendio crece rápidamente por lo que para un tiempo de procesamiento de 32.8 segundos (incluyendo la confirmación de incendio), aparenta ser un incendio muy grande para el tamaño de la escena. En este caso se permite al algoritmo correr tal como lo haría en tiempo real, por lo que la detección ocurre 16.7 segundos después de que se detecta la primera señal de humo y la confirmación 32.8 segundos después de la primera detección.

Para las películas 7, 8 y 9 no se presenta ni detección ni confirmación en un patrón definido, las vibraciones excesivas de la cámara causan errores en el algoritmo

presentando datos incongruentes como resultados. Un ejemplo puede verse en la Figura 5.4 de la *Movie 7*.

Por último en la *Movie 10* se presenta una situación peculiar que se puede presentar en cualquier momento, pensando que no se tiene una imagen de una escena sin incendio y el zoom es demasiado grande. Es aquí donde el algoritmo prueba ser bastante versátil pues estimando que este funcionará de manera inmediata se analiza, frame por frame, una secuencia de video y se presentan los resultados en la Figura 5.5. Como puede observarse, el primer frame (ver Figura 5.5.a) que muestra las primeras ROIs para comparar posteriormente con el algoritmo de confirmación. En la Figura 5.5.b y Figura 5.5.c, se presentan las primeras alarmas intermedias que ocurren y finalmente en la Figura 5.5.d, se expone la alarma final indicando que existe un incendio. Como puede observarse, si el algoritmo se ejecutará de manera inmediata la detección ocurriría en sólo 3 segundos, pero debido al tiempo de ejecución del algoritmo el tiempo es de 1 minuto para la confirmación del incendio.

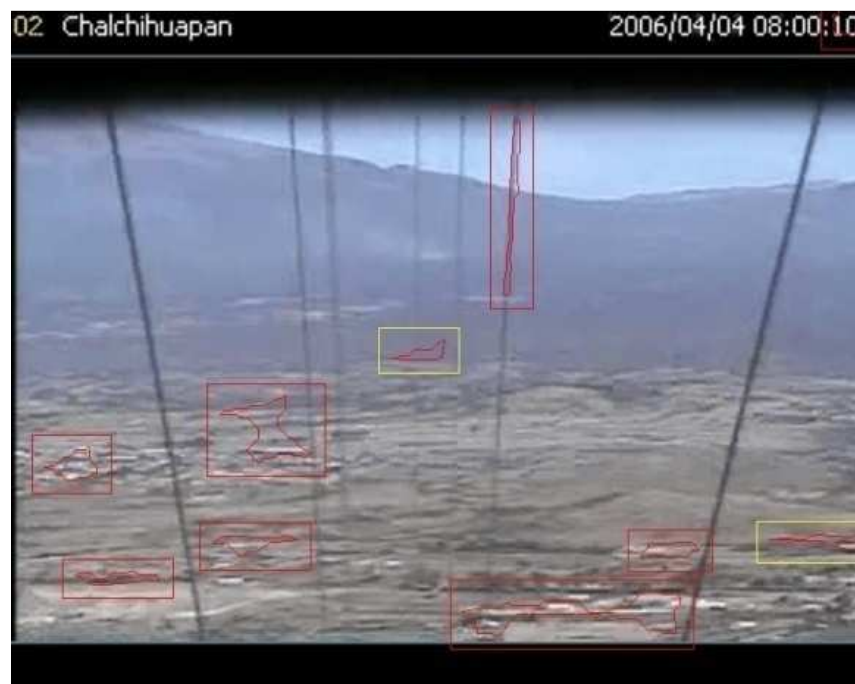


Figura 5.4 Limitantes del método cuando existe excesiva vibración de la cámara

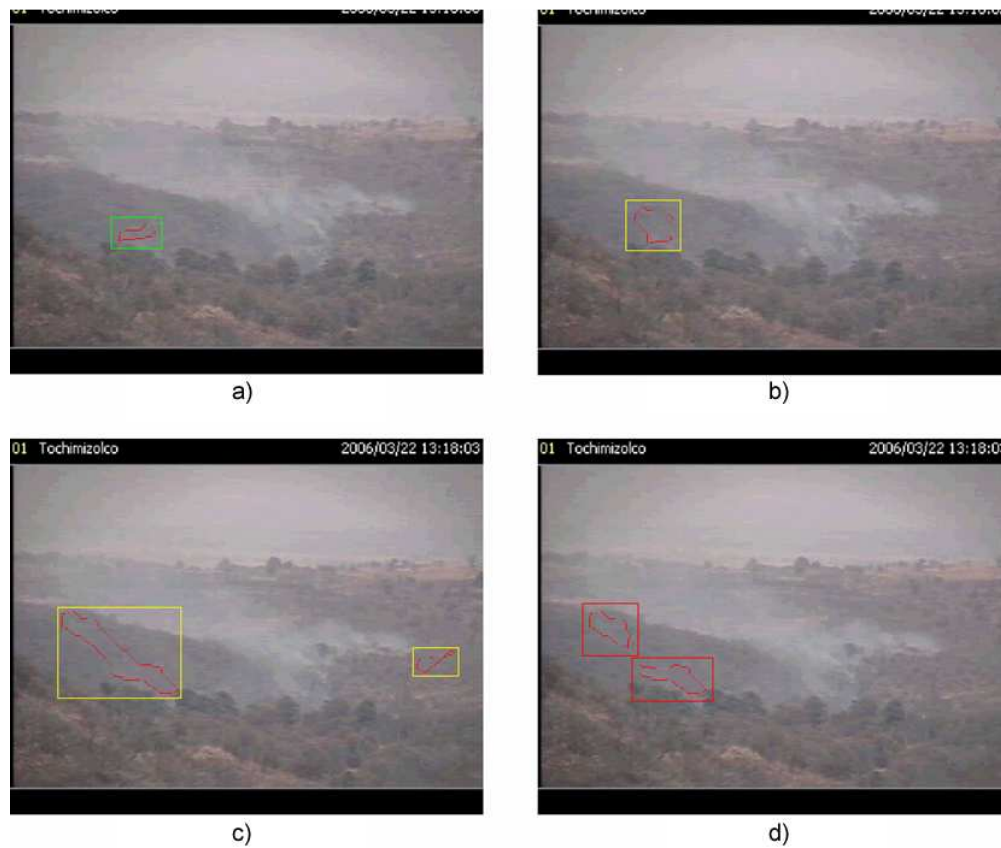


Figura 5.5 Resultado de aplicar el método propuesto en caso de zoom muy grande, a) Primer frame detectado en *Movie 10*, b) Primer alarma detectada en *Movie 10*, c) Alarmas intermedias detectadas, d) *Alarma final detectada en Movie 10*.

La cualidad de este algoritmo según lo observado en la figura pasada, es que puede detectar las secciones de humo, en un incendio, que más varían en una escena que ya presenta humo (caso de que no se tenga una imagen sin incendio o el caso de que el zoom este muy aumentado).

5.3 Resultados comparativos

Para comparar la efectividad del método propuesto, se realizaron simulaciones seleccionando 10 imágenes de cada video disponible (solo *Movie 1* y *Movie 3*, considerados los dos casos representativos para los cuales fue diseñado el método), de

estas 10 imágenes 5 de ellas no presentan humo y 5 de ellas si lo hacen (las 10 imágenes se obtienen en intervalos de tiempo iguales en donde la 6 imagen es el primer frame donde se sabe existe humo). Se definieron dos medidas de desempeño para calcular el índice de detección (DR), ecuación (5.1) y el índice de falsas alarmas (FAR), ecuación (5.2), en estas secuencias de 10 imágenes:

$$DR = \frac{\#de_frames_con_Detección}{\#de_frames_con_humo} * 100 \quad (5.1)$$

$$FAR = \frac{\sum \#de_ROI's_Detectadas}{\#de_frames_con_humo} * 100 \quad (5.2)$$

El análisis de detección y falsa alarma fue realizado en dos partes, la primer parte fue comparar el método con 5 diferentes familias de wavelets (Haar, Daubechies, Coiflet, Symlet y Biorotogonal) y diferente número de coeficientes. Este análisis como se observa en la Tabla 5.2 indica que la mejor wavelet a utilizar en cuestión de DR, FAR (depende en gran medida de la sensibilidad que se ajuste al sistema) y tiempo de procesado es la Biorotogonal 6.8 en un nivel de descomposición de $J=3$.

La segunda parte fue comparar el método propuesto contra dos técnicas diferentes. La primera técnica a comparar con el método propuesto fue un método similar al propuesto, que realizaba los mismos pasos pero aplicaba un filtro gaussiano pasa-bajas en lugar del método explicado en la sección 4.4.1 que aplica la transformada SWT.

La segunda técnica a comparar fue un filtrado morfológico usando la transformada Top-Hat en las imágenes indexadas sin altas frecuencias de las matrices $M12$ y $M13$.

En el caso de utilizar el filtro gaussiano los resultados son similares pero la Tabla 5.3 indica que el método propuesto realiza una mejor detección que al utilizar

TABLA5.2 TASA DE DETECCIÓN Y FALSAS ALARMAS UTILIZANDO DIFERENTES FAMILIAS DE WAVELETS Y DIFERENTES INDICES DE COEFICIENTES

Familia de wavelet (# de coeficientes)	Nivel de descomposición	Movie 1		Movie 3		Tiempo de procesado sin algoritmo de confirmación
		DR	FAR	DR	FAR	
Haar(2)	J=1	80%	0%	60%	20%	13 seg
	J=2	60%	0%	60%	20%	13 seg
	J=3	100%	0%	100%	30%	13.5 seg
	J=4	60%	0%	20%	20%	13.5 seg
Daubechies (10)	J=1	80%	0%	80%	20%	15 seg
	J=2	80%	0%	60%	30%	15.5 seg
	J=3	100%	0%	100%	20%	15.5 seg
	J=4	60%	0%	40%	30%	18.5 seg
Daubechies(20)	J=1	80%	0%	80%	20%	18 seg
	J=2	80%	0%	60%	20%	19 seg
	J=3	100%	0%	100%	10%	20 seg
	J=4	60%	0%	40%	20%	24 seg
Coiflet (4)	J=1	80%	0%	60%	10%	15 seg
	J=2	60%	0%	60%	20%	15.5 seg
	J=3	100%	0%	100%	30%	16 seg
	J=4	60%	0%	40%	30%	17 seg
Biortogonal (6.8)	J=1	80%	0%	80%	20%	14.5 seg
	J=2	80%	0%	60%	30%	15 seg
	J=3	100%	0%	100%	10%	15 seg
	J=4	60%	0%	60%	20%	15.5 seg
Symlet (20)	J=1	80%	0%	80%	10%	18.5 seg
	J=2	80%	0%	60%	20%	19.5 seg
	J=3	100%	0%	100%	10%	21.5 seg
	J=4	60%	0%	60%	20%	25 seg

TABLA5.3 TASA DE DETECCIÓN Y FALSAS ALARMAS UTILIZANDO DIFERENTES VALORES PARA FILTROS SUAVIZADORES GAUSSIANOS

Filtro pasa bajas gaussiano (altura kernel, anchura kernel, sigma)	Movie 1		Movie 3		Tiempo de procesado promedio
	DR	FAR	DR	FAR	
(10,10,1)	80%	0%	80%	30%	14 seg
(10,10,5)	40%	0%	40%	30%	14 seg
(100,100,1)	80%	0%	100%	30%	15 seg
(100,100,5)	0%	0%	20%	10%	15 seg

diferentes tipos de filtros suavizadores.

Para el caso de la transformada Top-Hat los resultados indican un número excesivo de falsas alarmas y no hay un patrón definido en la detección como se observa en uno de los casos Figura 5.6. Que presenta la comparación de utilizar el método propuesto para encontrar ROIs (Figura 5.6.b) y utilizar la transformada Top-Hat (Figura 5.6.c) en la *Movie 1*.

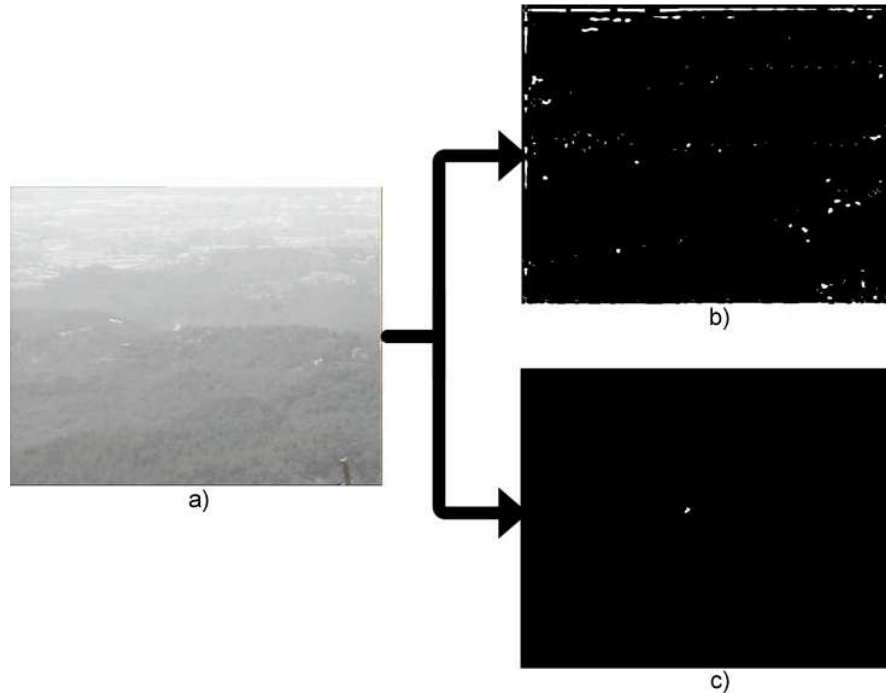


Figura 5.6 Comparación de utilizar la transformada Top-Hat y el método propuesto para detección de pixeles para posibles ROIs, a) Escena original, b) Detección utilizando la transformada Top-Hat, c) Detección con el método propuesto

La aplicación de reducción de ruido de la sección 4.3.3 es analizada para comprobar las posibles mejoras de utilizar este bloque y buscar la wavelet adecuada y nivel de indexación óptimo para esta aplicación. Como puede observarse en la Tabla 5.4 la cantidad de pixeles detectados en una ROI confirmada como incendio varían al aplicar el algoritmo de reducción de ruido con umbral de forma fija. Sin embargo, la primera detección ocurre justo en el mismo instante para todos los casos analizados, ya sea utilizando o no utilizando la reducción de ruido. Es por ello que se concluye que el algoritmo de reducción de ruido es efectivo para reducir el número de alarmas intermedias y pasar directamente a la alarma definitiva cuando se aplica el algoritmo de confirmación de incendio. Pueden apreciarse los cambios en el DR y FAR de las ROIs detectadas ya que el algoritmo solo indica las alarmas intermedias y definitivas como posibles regiones de humo. Mientras que en la 5.2 se definían como posibles ROIs cualquier posible escena, aquí se define como posible ROI solo las alarmas generadas.

TABLA 5.4 AREA TOTAL DE LA ROI CONFIRMADA COMO INCENDIO UTILIZANDO DIFERENTES WAVELETS Y NIVELES DE DESCOMPOSICIÓN EN EL ALGORITMO DE REDUCCIÓN DE RUIDO CON UMBRAL FIJO

Familia de wavelet (# de coeficientes)	Nivel de descomposición	Movie 3			Tiempo de procesado de la reducción de ruido (seg)
		Diferencia de área al reducir ruido	DR de las alarmas generadas	FAR de las alarmas generadas	
Haar(2)	J=1	559	80%	0%	0.5081
	J=2	557	80%	10%	0.4882
	J=3	522	100%	20%	0.5183
	J=4	516	40%	10%	0.5462
Daubechies (10)	J=1	0	80%	20%	0.7203
	J=2	0	80%	30%	0.8027
	J=3	543	100%	10%	0.8564
	J=4	550	60%	20%	0.8392
Cofilet (4)	J=1	0	80%	10%	0.7544
	J=2	569	80%	0%	0.8894
	J=3	568	100%	20%	0.9176
	J=4	552	60%	20%	0.9743
Biortogonal (6.8)	J=1	0	80%	20%	0.7020
	J=2	0	80%	30%	0.8033
	J=3	-20	100%	10%	0.8297
	J=4	-3	60%	20%	0.8223
Symlet (20)	J=1	0	80%	10%	1.6454
	J=2	569	80%	10%	1.8511
	J=3	-18	100%	20%	1.9678
	J=4	554	80%	10%	2.0123

5.4 Discusión

Las simulaciones presentan resultados alentadores respecto al funcionamiento del método propuesto. Si bien la cantidad de videos debe acrecentarse, los resultados con los videos disponibles muestran una buena detección sin falsas alarmas para el caso óptimo para el cual es diseñado el método, una cámara de video montada en una torre de vigilancia (bien anclada para evitar vibraciones) en medio de un bosque a monitorear.

Se presentan algunos casos en los que existen objetos cerca de la cámara que se están moviendo, o escenas difíciles como una zona urbana con mucho movimiento, sin embargo, el algoritmo de confirmación de incendio prueba ser un método adecuado para reducir el número de falsas alarmas.

El uso de filtros tradicionales prueba ser una técnica a considerar en el algoritmo, debido a su eficiencia-respuesta, pero la SWT prueba ser el método más eficiente para detectar un incendio en sus primeras etapas de aparición.

El método presentado es una técnica muy robusta que puede tardar hasta 2 minutos en la detección de un incendio, pero la minimización de falsas alarmas de las técnicas utilizadas es un factor a tomar en cuenta para determinar la eficiencia-tiempo de respuesta del sistema. El método aunque no ha sido probado, se estima que pueda detectar flamas, por lo que se define como trabajo a futuro conseguir más referencias de videos con flamas y probar el algoritmo para determinar la eficiencia en detección de flamas.