

Sistema de detección de incendios basado en visión artificial

CUAYA-SIMBRO, Germán†*, GUTIERREZ-FRAGOSO, Karina, JIMÉNEZ-MEDINA, Eduardo y SALDIVAR-DELGADILLO, Edgar

Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo. Carretera Apan-Tepeapulco Km 3.5, Col Las Peñitas, Apan, Hidalgo, México

Recibido 21 de Julio, 2017; Aceptado 7 de Septiembre, 2017

Resumen

México cuenta con una gran biodiversidad en flora y fauna y la superficie de zonas forestales en el país es muy extensa de la cual el 40% aproximadamente son áreas arboladas. Detectar un incendio forestal de manera temprana puede ayudar a los departamentos de bomberos a sofocarlo con mayor prontitud, manteniendo reducido el foco del fuego y más manejable en muchos casos. Así, el uso de tecnología que pueda detectar de manera oportuna el riesgo de un posible incendio es un tema de interés. Este trabajo presenta el desarrollo de un sistema que detecta la posibilidad de ocurrencia de un incendio en tiempo real mediante el uso de 2 algoritmos computacionales que procesan secuencias de video. Los algoritmos utilizados están basados en el análisis del espacio de representación de color RGB y a través del análisis de la binarización de los *frames* respectivamente. El sistema desarrollado fue probado con videos existentes y grabados en tiempo real en los cuales se resalta las áreas detectadas como incendios mostrando así la funcionalidad del sistema.

Abstract

Mexico has a great biodiversity in flora and fauna and the surface of forest areas in the country is very extensive of which approximately 40% are wooded areas. Detecting a forest fire early can help fire departments to stifle it more quickly, keeping fire out of focus and more manageable in many cases. Thus, the use of technology that can detect early the risk of a possible fire is an issue of interest. This work presents the development of a system that detects the possibility of occurrence of a fire in real time through the use of 2 computational algorithms that process video sequences. The algorithms used are based on the analysis of the space RGB and through the analysis of the binarization of the frames respectively. The developed system was tested with existing and recorded in real time videos, where is highlighting the areas detected as fires with both algorithms which shows the system's functionality.

Artificial vision, fire, detection

Visión artificial, incendio, detección

Citación: CUAYA-SIMBRO, Germán, GUTIERREZ-FRAGOSO, Karina, JIMÉNEZ-MEDINA, Eduardo y SALDIVAR-DELGADILLO, Edgar. Sistema de detección de incendios basado en visión artificial. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-3:27-37

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gcuaya@itesa.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El 99% de los incendios son causados por actividades humanas. Entre las causas frecuentes por las cuales se generan incendios en zonas semiáridas, así como en bosque o selva, se pueden mencionar los accidentes automovilísticos, los ferroviarios y en ocasiones, los aéreos; las negligencias, que son quemas agropecuarias no controladas, fogatas que no son apagadas, fumadores, quema de basura, y uso general del fuego en otras actividades producidas dentro de estas áreas; las intencionales, que son generalmente por conflictos entre personas o comunidades; y las naturales que son principalmente la caída de rayos en una tormenta eléctrica o la erupción de un volcán.

En ocasiones no se tiene la precaución apropiada para la prevención de los incendios en regiones semiáridas, además de que son propensas a este tipo de eventos por sus mismas condiciones. De manera que la prevención de incendios en zonas semiáridas puede evitar la destrucción de hábitat de la fauna terrestre, la eliminación de plantas generadoras de oxígeno y el incremento del efecto invernadero en la atmosfera por la emisión de carbono y otros gases.

Actualmente existen acciones preventivas para los incendios, las cuales se mencionan a continuación: obras de ingeniería, para reducir la acumulación de material combustible o modificar su continuidad, estas pueden ser brechas cortafuego o quemas prescritas; actividades educativas, como las campañas de difusión y cuidado y asistencia técnica para el uso del fuego en poblaciones rurales; supervisión legal, en esta se verifica que se cumplan las leyes y normas relativas para el uso del fuego (Forestal, 2010).

Asimismo, existen las acciones de detección las cuales consisten en actividades de vigilancia sobre una zona determinada, a través de torres de observación colocadas en puntos estratégicos de una determinada área con peligro de incendios, brigadas móviles distribuidas a través de carreteras o caminos en zonas de riesgo con recorridos de inspección y sobrevuelos. En zonas boscosas esta labor se complica para un solo equipo, por lo que en nuestro país participan de manera indirecta la Fuerza Aérea Mexicana, así como la Policía Federal Preventiva e incluso los vuelos comerciales y privados si detectan un incendio inmediatamente hacen un reporte a las autoridades correspondientes (Forestal, 2010).

Lo anterior es una tarea que demanda la atención continua de los encargados de detectar este tipo de eventos y en muchas ocasiones los vigilantes se ven superados por la necesidad de cubrir una zona geográfica amplia por lo que requieren contar con herramientas de apoyo que les permita mejorar la eficiencia de su trabajo.

Una alternativa para la detección de incendios es el uso de las TICs, las cuales han sido aplicadas con éxito en la detección de incendios en interiores detectando el humo en casas y edificios mediante sensores, pero la detección de incendios es una tarea complicada en un ambiente exterior, en específico en la naturaleza.

Este trabajo de investigación propone el uso de técnicas de visión artificial para detectar en tiempo real el inicio de un incendio mediante el análisis de los cambios que existen en un entorno semiárido. Además, el sistema podrá enviar alguna alerta, como puede ser un correo o un mensaje de texto, al personal de vigilancia para que ellos a la vez tomen las medidas necesarias para evitar los efectos de haber detectado un incendio de manera tardía.

Los resultados obtenidos de este sistema contrastan la efectividad de las dos técnicas utilizadas para la detección del inicio de un incendio en tiempo real.

El artículo está constituido por las siguientes secciones, trabajo relacionado donde se realiza una descripción de trabajos similares al nuestro, visión artificial en donde se describen las técnicas utilizadas en este trabajo de investigación, metodología utilizada donde se muestran las pruebas realizadas, resultados la cual reporta la información obtenida de los experimentos, y por último conclusiones y trabajo futuro derivadas de esta investigación.

Trabajo Relacionado

Existen métodos tradicionales de detección de fuego los cuales realizan un monitoreo llevado a cabo frecuentemente por personal del área determinada, uno de dichos métodos es la detección mediante infrarrojo y cámaras ópticas el cual debe tener una central de vigilancia y un monitor de supervisión, así como torres de vigilancia distribuidas por todo el terreno, si la cámara detecta dónde está un incendio se detiene y trasmite una alarma para el vigilante (Victor Hugo Medina García J. M., 2009). La implementación de esta estrategia en amplias zonas geográficas semiáridas tiene como principal desventaja un elevado costo.

Un método es la detección mediante imágenes por satélite, este detecta el humo y la señal de calor emitida por el incendio, con base en ello se elaboran mapas con los puntos cardinales de la ubicación del incendio, cabe mencionar que si el satélite detecta una temperatura entre 180 y 355°K se considera fuego (Medina y otros, 2009). Este tipo de métodos pueden resultar poco eficientes y enviar una alerta en forma tardía debido a que no se monitorea de manera permanente una zona específica.

Otro método tradicional empleado es la detección mediante la imagen térmica, este sistema detecta el fuego incluso con niebla con un alcance de 15 km por puesto de vigilancia además de un mínimo número de falsos positivos mediante un algoritmo experto de detección (Indra, 2010). No obstante, como en el caso de los sistemas basados en cámaras infrarrojas, la implementación puede resultar costosa.

Por otro lado, existen trabajos en los cuales no se requiere de equipo tan especializado y por lo que es más viable su implementación. Uno de ellos es un sistema de detección visual de columnas de humo, en el cual se adquiere un *frame* cada 0.5 segundos, la imagen se procesa mediante *wavelets* y utiliza el análisis de *Fourier* para descomponer las señales recibidas en ondas sinusoidales (Arrue, 2010). Conviene señalar que este sistema se enfoca en la detección de humo por lo que en zonas semiáridas se tiene el reto adicional de discriminar entre el humo y las formaciones de polvo ocasionadas por el viento. De manera que la eficiencia del sistema podría afectarse considerablemente.

En (Domènech, 2011-2012) se presenta un reporte de dos métodos de detección de fuego. El primer método se basa en el espacio de representación del color RGB, los autores mencionan que los componentes rojo y verde presentan valores de intensidad más altos que el componente azul al detectar el fuego. El segundo método se basa en una representación Gaussiana adaptativa que realiza la separación del fondo con el resto de la imagen y detectar el color característico de éste puede determinar si existe un incendio o no. En contraste, en este trabajo se utilizaron valores de intensidad similares para los canales verde y azul, además consideramos la combinación de los tres canales para obtener un método más eficiente.

El trabajo realizado en esta investigación propone una nueva técnica la cual es una variación de una de las técnicas presentadas en (Domènech, 2011-2012), además de que, a diferencia de los trabajos citados, ambas técnicas son probadas en tiempo real.

Visión artificial

Se calcula que el 70% de las tareas del cerebro son empleadas en el análisis de la información visual. La visión humana es el sentido más desarrollado y por ende el más difícil de entender cómo se produce.

Desde el invento de la fotografía se ha intentado obtener características físicas de las imágenes. La astronomía avanzó con el análisis de las imágenes recibidas por telescopios, así como el análisis de las radiografías en el área médica (Dueñas., 2009).

La visión artificial es un campo de la inteligencia artificial en donde mediante el uso de algoritmos adecuados se puede obtener información adicional en una imagen digital. La visión artificial está compuesta por un conjunto de procesos destinados a realizar el análisis de las imágenes, con lo que se pueden realizar diferentes actividades como son: inspeccionar objetos sin contacto físico; determinar objetos en un espacio determinado; identificar patrones de cambio en algún ambiente; determinar las coordenadas de algún objeto. La visión artificial es aplicada en diferentes campos de estudio para el desarrollo de sistemas que ayuden en la automatización de procesos o en la prevención de eventos que pueden ser fatídicos para la sociedad y para el planeta, en nuestro caso la detección del inicio de un incendio.

Algunos campos de aplicación de la visión artificial son:

- Robótica. Para la navegación en robótica se recurre generalmente a técnicas de visión estereoscópica con el fin de poder reconstruir la escena 3-D (Pajares y otros, 2008).
- Biología. En el campo de la biología existen aplicaciones microscópicas y macroscópicas. En una imagen microscópica nos podemos encontrar con abundantes organismos, que mediante técnicas de segmentación orientadas a regiones pueden ser aislados para su identificación mediante las correspondientes propiedades. En las imágenes macroscópicas pueden utilizarse las regiones para la identificación de determinados tipos de texturas en vegetales o características de diferentes áreas naturales por su color o el crecimiento (Pajares y otros, 2008).
- Geología. Se puede utilizar visión artificial en esta área para detectar movimientos de terrenos captando dos imágenes en diferentes momentos de tiempo para observar la variación mediante una diferencia de imágenes (Pajares y otros, 2008).
- Meteorología. Se pueden utilizar las técnicas de detección y predicción del movimiento para observar la evolución de ciertas masas nubosas, u otros fenómenos meteorológicos. También se utiliza para determinar el grado de cobertura de una nevada en función de la superficie cubierta (Pajares y otros, 2008).

Las aplicaciones de la visión artificial son diversas y crecientes.

Sin embargo, en este trabajo nos enfocaremos en la tarea de detectar un incendio en su fase inicial para evitar una propagación de mayores dimensiones con consecuencias desastrosas.

La aplicación de técnicas de visión artificial posibilita la detección de un incendio y la fase en la que se encuentra con base en determinados umbrales en los valores de intensidad de la imagen adquirida con parámetros de comparación.

Metodología utilizada

En este trabajo se realizaron pruebas con 3 videos disponibles en Internet y con videos propios, en el caso de los últimos se probaron en tiempo real para validar la eficacia del sistema propuesto. A continuación, se describen los algoritmos implementados:

Algoritmo Uno

El algoritmo tiene la función de analizar el espacio de color RGB (Red, Green, Blue) de cada imagen que pertenece al vídeo, es decir, procesa cada uno de los canales de color. Para cada pixel de la imagen se compara el valor de cada uno de sus componentes RGB con un intervalo valido de valores de cada canal si los valores se encuentran dentro de dichos intervalos se considera que ese pixel en un indicativo en un incendio, y el valor del pixel se modifica a 0.

La determinación de los intervalos de valores para cada canal fue realizada mediante el análisis de diferentes imágenes, en las cuales se delimitaban las áreas de incendio y se obtenían los valores de cada uno de los píxeles en los diferentes canales RGB, obteniendo así todos los posibles valores indicativos de un incendio en cada canal.

Los cuales son: para el canal R (180 al 255), para el canal G (100 al 180) y para el canal B (70 al 170), esto es, en una imagen analizada se encontró que todos los píxeles del área de incendio presentaban un valor entre 180 y 255 en el canal R, y así para los otros dos canales.

Cabe mencionar que las técnicas presentadas en (Domènech, 2011-2012) indican que los valores del canal R y G son altos en comparación del B, en cambio nuestro algoritmo los valores del canal R son más altos mientras que los del canal G y B son similares.

A continuación, se presenta el algoritmo uno.

- Inicio
- Obtener vídeo.
- Obtener número de frames del vídeo.
- Recorrer de 1 hasta número de frames.
- Obtener frame.
- Obtener componentes RGB del frame.
- Para cada pixel del frame.

Si el componente R del pixel es mayor a 180 y menor a 255 entonces:

Si el componente G del pixel es mayor a 100 y menor a 180 entonces:

Si el componente B del pixel es mayor a 70 y menor a 170 entonces:

El valor del pixel es igual a 0.

En caso contrario no se modifica el valor del pixel

- Mostrar imagen original
- Mostrar imagen modificada
- Fin

Algoritmo Dos

Este algoritmo transforma la imagen basándose en la teoría del color, la cual establece que el color amarillo es formado por rojo y verde, es decir, únicamente valores de los canales R y G, por lo que se realiza una suma de dichos canales y se resta el canal B, obteniendo así una representación en amarillo de la imagen. Una vez obtenida dicha representación se binariza la imagen con base a la comparación de los valores de cada pixel de la representación en amarillo respecto a un umbral, aquellos pixeles que se encuentren por debajo de ese umbral serán considerados como indicativos de incendio y serán resaltados en negro en la imagen original.

El umbral que se utilizó fue 50 debido a que en las pruebas realizadas fue el valor con el cual se obtiene una detección de incendio más eficiente, con base en el área detectada en la imagen.

A continuación, se describe el algoritmo dos.

- Inicio
- Obtener vídeo.
- Obtener un frame del video.
- Obtener dimensiones del frame.
- Obtener componentes RGB del frame.
- Calcular el umbral de binarización:

$$\text{umbral} = ((R+G)/2) - B$$

- Binarizar frame con base a lo siguiente:

Para cada pixel de la imagen:

Si el valor del pixel es mayor al umbral entonces:

Pixel = 255;

En caso contrario:

Pixel = 0;

- En la imagen original sustituir los pixeles con valor de 0 de la imagen binaria.
- Mostrar imagen original
- Mostrar imagen modificada
- Fin

La codificación de ambos algoritmos fue realizada en MATLAB R2015 debido a la eficiencia que proporciona en el procesamiento de imágenes.

Como se mencionó, se realizaron diferentes pruebas con ambos algoritmos, las cuales dividimos en pruebas *estáticas* y *dinámicas*. Las primeras incluyen pruebas con videos ya existentes de incendios, para las segundas se grabaron y analizaron videos de incendios en tiempo real.

Para las pruebas estáticas se analizaron 3 videos obtenidos de Internet los cuales presentan condiciones similares a una región semiárida. Y para las pruebas dinámicas se generaron de manera controlada 2 incendios los cuales fueron grabados y analizados en tiempo real. La siguiente sección presenta los resultados obtenidos de las pruebas realizadas.

Resultados

Pruebas estáticas

Con los dos algoritmos presentados en la sección anterior, se analizan tres videos diferentes. Como resultado del análisis se resalta en color negro la región dentro del video que fue detectada como fuego por ambos algoritmos, las Figuras 1 y 2 muestran el resultado de ambos algoritmos en un *frame* del primer video, las Figuras 3 y 4 corresponden al análisis del segundo video y finalmente, las Figuras 4 y 6 al análisis del tercer video.

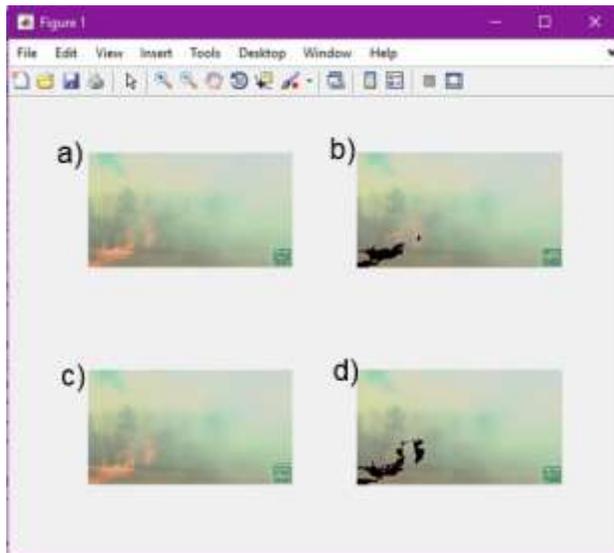


Figura 5 Análisis del Frame 1 del primer vídeo de las pruebas estáticas, a), c), son el frame original analizado, b) es la detección del algoritmo 2, y d) es la detección del algoritmo 1. Los pixeles en negro corresponden al área que fue determinada como indicativo de fuego

Fuente: elaboración propia

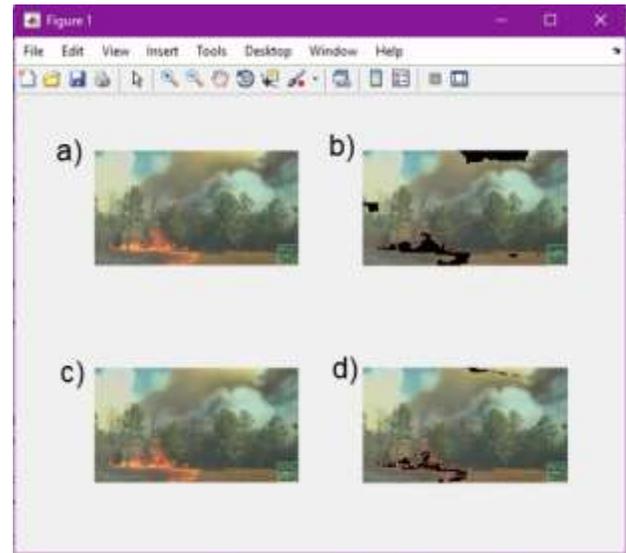


Figura 6 Análisis del Frame 15 del primer vídeo de las pruebas estáticas, a), c), son el frame original analizado, b) es la detección del algoritmo 2, y d) es la detección del algoritmo 1. Los pixeles en negro corresponden al área que fue determinada como indicativo de fuego

Fuente: elaboración propia

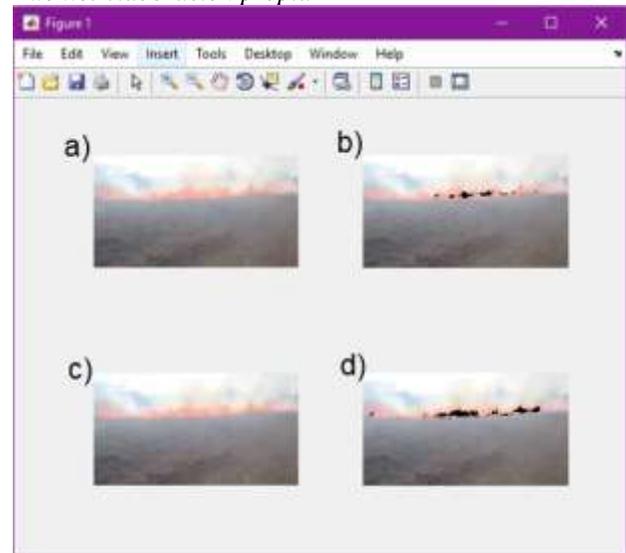


Figura 3 Análisis del Frame 5 del segundo vídeo de las pruebas estáticas, a), c), son el frame original analizado, b) es la detección del algoritmo 2, y d) es la detección del algoritmo 1. Los pixeles en negro corresponden al área que fue determinada como indicativo de fuego

Fuente: elaboración propia

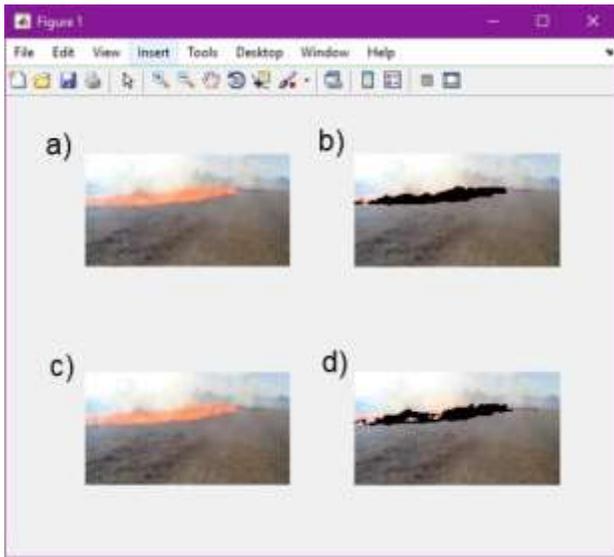


Figura 4 Análisis del Frame 10 del segundo vídeo de las pruebas estáticas, a), c), son el frame original analizado, b) es la detección del algoritmo 2, y d) es la detección del algoritmo 1. Los pixeles en negro corresponden al área que fue determinada como indicativo de fuego

Fuente: elaboración propia

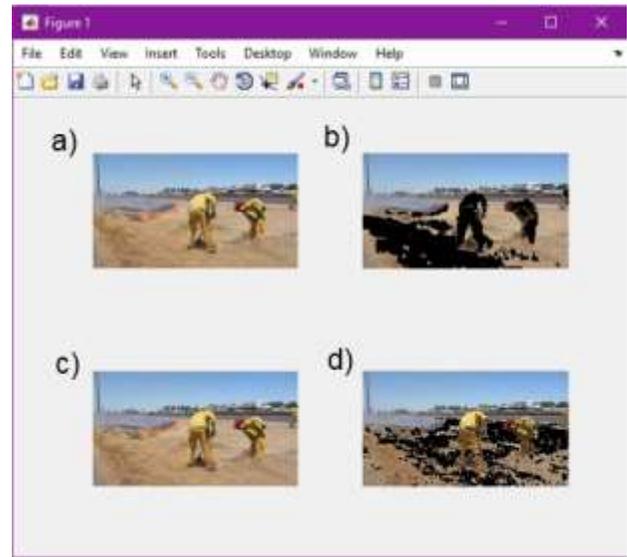


Figura 6 Análisis del Frame 10 del tercer vídeo de las pruebas estáticas, a), c), son el frame original analizado, b) es la detección del algoritmo 2, y d) es la detección del algoritmo 1. Los pixeles en negro corresponden al área que fue determinada como indicativo de fuego.

Fuente: elaboración propia

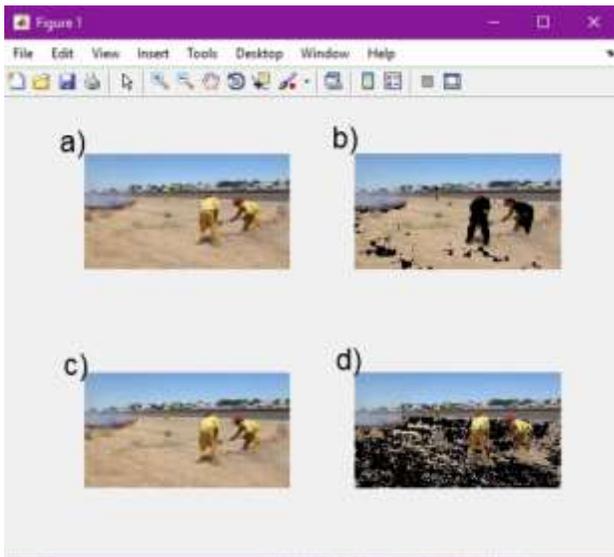


Figura 5 Análisis del Frame 5 del tercer vídeo de las pruebas estáticas, a), c), son el frame original analizado, b) es la detección del algoritmo 2, y d) es la detección del algoritmo 1. Los pixeles en negro corresponden al área que fue determinada como indicativo de fuego.

Fuente: elaboración propia

Como se muestra en las figuras anteriores, en los videos 1 y 2 el algoritmo 1 identifica con mayor precisión el fuego, esto es, discrimina mejor el área en donde existe éste, aunque en el video 3 el algoritmo 2 es más exacto en la detección del área identificada como fuego. Además, el costo computacional en tiempo de cada algoritmo en cada uno de los videos, se presenta en la Tabla 1.

Video	Tamaño en pixeles de un frame	Tiempo de procesamiento por frame (Seg.)	
		Algoritmo 1	Algoritmo 2
1	360x640/1487	11.16	0.68
2	352x640/6489	12.12	0.61
3	360x640/4217	12.32	0.76

Tabla 1 Costo computacional en tiempo del procesamiento de un frame de los algoritmos propuestos

Fuente: elaboración propia

En general, ambos algoritmos cumplen con la tarea de detección de fuego, dado que como muestran los resultados ambos algoritmos identifican áreas en donde existe fuego, pero queda manifestada la necesidad de mejorar los algoritmos propuestos para reducir la detección de áreas en donde no existe indicativo de fuego. Finalmente, de acuerdo a la Tabla 1 el algoritmo 2 es más rápido y por lo tanto sería más adecuado para la detección en tiempo real de un incendio.

Pruebas dinámicas

Para la realización de estas pruebas se provocaron de manera controlada 2 incendios, los cuales fueron analizados en tiempo real por ambos algoritmos. De la misma manera que en las pruebas anteriores, se registró el tiempo de procesamiento de un *frame* por ambos algoritmos, Tabla 2, y se resaltó en negro el área que es detectada como incendio en los videos.

Video	Tamaño en Pixeles de un frame	Tiempo de procesamiento por frame (Seg.)	
		Algoritmo 1	Algoritmo 2
1	1280x720	48.35	2.72
2	1280x720	49.05	2.86

Tabla 2 Costo computacional en tiempo del procesamiento de un frame de los algoritmos propuestos

Fuente: elaboración propia

La Figura 7 y 10 muestran los *frame* del video correspondiente al primer y segundo incendio controlado respectivamente, los cuales fueron analizados por ambos algoritmos. Las Figuras 8 y 9 muestran, enmarcadas en un recuadro rojo, el área identificada como incendio en el *frame* de la Figura 7. Así mismo, las figuras 11 y 12 son los resultados del análisis del *frame* de la Figura 10.



Figura 7 Frame del vídeo del incendio controlado 1

Fuente: elaboración propia



Figura 8 Identificación de fuego realizada por el algoritmo uno. Donde el recuadro rojo enmarca el área detectada

Fuente: elaboración propia



Figura 9 Identificación de fuego realizada por el algoritmo dos. Donde el recuadro rojo enmarca el área detectada

Fuente: elaboración propia

La Figura 10 presenta un *frame* del video correspondiente al segundo incendio controlado, las Figuras 11 y 12 presentan la detección realizada por los algoritmos uno y dos respectivamente.



Figura 10 Frame del vídeo del incendio controlado 2

Fuente: elaboración propia



Figura 11 Identificación de fuego realizada por el algoritmo uno. Donde el recuadro rojo enmarca el área detectada

Fuente: elaboración propia



Figura 12 Identificación de fuego realizada por el algoritmo dos. Donde el recuadro rojo enmarca el área detectada

Fuente: elaboración propia

Los resultados de las pruebas realizadas no fueron tan buenos en relación al área determinada como incendio como los obtenidos en las pruebas estáticas, esto se debe principalmente a las condiciones de iluminación, pues los videos fueron tomados en tiempo real y a la intemperie. Conviene señalar que el algoritmo 2 fue más eficiente en el tiempo de análisis pues el algoritmo 1 le tomaba mayor tiempo el analizar un *frame* del video, como se muestra en la Tabla 2. El desempeño de ambos algoritmos no es ideal por lo que es necesario el mejoramiento de ambos, pero cabe resaltar que son pruebas realizadas con equipo no sofisticado y en tiempo real, lo que es un primer paso para el desarrollo de un sistema más robusto.

Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se presentó la implementación de dos algoritmos para la detección de incendios en zonas semiáridas a partir del procesamiento digital de *frames* de videos obtenidos de Internet y videos en tiempo real.

Los resultados de las pruebas realizadas mostraron que, si bien la aplicación de técnicas de visión artificial puede contribuir con la detección oportuna de incendios y con ello evitar que se propague con consecuencias devastadoras, factores tales como la iluminación, tipo de zona geográfica y la formación de polvaredas influyen en la eficiencia de los algoritmos.

Por lo anterior, es necesario realizar pruebas con otras técnicas de procesamiento digital de imágenes que ayuden a minimizar los factores que influyen en la eficiencia de detección de incendios, como pueden ser técnicas que exploten los valores de intensidad de los píxeles en los *frames* o inclusive otros espacios de representación del color.

Cabe destacar que el costo económico es la principal desventaja de los sistemas que se han utilizado hasta ahora, y a diferencia de ellos nuestro trabajo propone el uso de una cámara de bajo costo y los resultados presentados exhiben la factibilidad de los algoritmos propuestos aún con hardware de características básicas.

Como trabajo futuro se propone la extensión y/o robustecimiento de los algoritmos propuestos, así como la realización de pruebas adicionales en ambientes controlados. Además de extender el sistema actual para la generación de alertas una vez detectado el incendio.

Referencias

Dueñas Carlos. (junio 2009). Obtenido de elai.upm consultado en: http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/MIP_VisionArtificial/ApuntesVA/cap1IntroVA.pdf

Celula de Fabricacion Flexible ETI. (julio 2014). Obtenido de etitudela consultado en: <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visi-onartificial.pdf>

Muñoz, C. Acevedo, P., Salvo, S., Fagalde, G., Vargas, F. (2007). “Detección de incendios forestales utilizando imágenes en la Región de La Araucanía, Chile”. Revista bosque (Valdivia). Vol. 28, No. 2

Arrue, F. G. R. (2010). Sistema de detección visual de columnas de humo. Obtenido de <http://intranet.ceautomatica.es/>

Domènech, D. M. B. (2012). Sistema de detección de incendios. Catalunya.

Victor Hugo Medina García, Juan Manuel Cueva Lovelle, Rubén González Crespo, y Enrique Torres Franco, 2009. Software para la detección y extinción de incendios forestales, Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009), 1- 8.

Indra. (2010). Detección térmica de incendios: Sistema de detección automática, localización y monitorización de incendios forestales mediante imagen térmica. Moises de León: Indra.

Forestal, (2010). Incendios forestales. Zapopan. Gonzalo Pajares Martinsanz, Jesús M. De La Cruz Garcia, y Antonio Garcia Tome 2008, Visión por computador. Imágenes Digitales y Aplicaciones. 2ª Edición, RA-MA, ISBN-10: 8478978313.