



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES

Agente de visión artificial para la detección de fuego dentro de un establecimiento cerrado de la ciudad de Trujillo

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Sistemas Computacionales

Autor(es):

Br. Tumba Burgos Hugo Jurek Camilo

Br. Tumba Burgos Víctor Piero Milcar

Asesor:

Ing. Alex Llerena Rodríguez

Trujillo – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres **Hugo Jurek Camilo Tumba Burgos** y **Víctor Piero Milcar Tumba Burgos**, denominada:

“Agente de visión artificial para la detección de fuego dentro de un establecimiento cerrado de la ciudad de Trujillo”

Ing. Alex Llerena Rodríguez
ASESOR

Ing. Víctor E. Dávila Rodríguez
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Rolando J. Berrú Beltrán
JURADO

Ing. Marcelino Torres Villanueva
JURADO

DEDICATORIA

Dedico este Proyecto a Dios, así como también a mi familia, amigos y compañeros que me han apoyado en todos y cada uno de los pasos que dimos.

A mis compañeros de trabajo, por ser pacientes y certeros en las decisiones tomadas.

A mis profesores, por ayudarme a ser mejor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mis compañeros de trabajo, y a mis profesores por inculcarme los aprendizajes necesarios.

A la Universidad Privada del Norte.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	13
1.3. Justificación	13
1.4. Limitaciones	13
1.5. Objetivos	14
1.5.1. Objetivo general	14
1.5.2. Objetivos específicos	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes	15
2.2. Bases teóricas	16
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS	27
3.1. Formulación de la Hipótesis	27
3.2. Hipótesis Específicas	27
3.3. Variables	27
3.4. Operacionalización de variables	27
CAPÍTULO 4. DESARROLLO	28
CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA	36
5.1. Diseño de investigación	36
5.2. Unidad de estudio	36
5.3. Población	36
5.4. Muestra (muestreo o selección)	36
5.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	36
5.6. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	36
CAPÍTULO 6. RESULTADOS	38
CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS	45
ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Complejidad del tiempo Amortizado	21
Tabla 2 Operacionalización de Variables.....	27
Tabla 3: Cuadro de descripción de recolección de datos.	38
Tabla 4: Cuadro de recolección de datos.	39
Tabla 5: Cuadro de procesamiento de datos	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Representación Gráfica de la Relación $f(n) = O(g(n))$	18
Ilustración 2 Máscara B	25
Ilustración 3 Matriz.....	25
Ilustración 4 Matriz 2.....	26
Ilustración 5 Análisis de la morfología de humo 1	28
Ilustración 6: Análisis de la morfología de humo 2	29
Ilustración 7: Análisis de la morfología del fuego 1	29
Ilustración 8 Análisis de la morfología del fuego 2	30
Ilustración 9: Análisis de la geometría del fuego 1.....	31
Ilustración 10: Análisis de la geometría del fuego 1.....	32
Ilustración 11: Algoritmo para la detección de bordes	33
Ilustración 12: Algoritmo propio para la detección de bordes	34

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Recolección de Información- Complejidad Algorítmica.....	40
Gráfico 2: Recolección de Información- Oclusión.....	40
Gráfico 3: Recolección de Información- Detección de Objetos	41
Gráfico 4: Recolección de Información- Punto de Vista	41
Gráfico 5: Recolección de Información- comportamiento en el Tiempo.....	42
Gráfico 6: Recolección de Información- Funcionalidad - Exactitud	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Estadística de Emergencias atendidas a nivel nacional.....	46
Anexo 2: Recolección de datos: Escala de observación	46
Anexo 3: Recolección de datos: Entrevista	47
Anexo 4: Recolección de datos: Cuadro de recolección de datos	48

RESUMEN

Para prevenir incendios en el hogar y establecimientos comerciales, se necesita tener un mecanismo que permita responder de manera diligente. La inteligencia artificial permite que sea posible a través de sensores de agentes con visión artificial que analizan imágenes capturadas por la cámara.

La presente investigación busca, a través de fundamentos de visión artificial, poder encontrar una manera de implementar los objetivos de este proyecto. Uno de los objetivos específicos será llevar a cabo una implementación de software para detectar incidencias de fuego en ambientes cerrados y así los incendios en establecimientos comerciales puedan evitarse de manera eficiente.

La mayoría de las víctimas del fuego sucumben al humo y a los gases tóxicos antes que a las quemaduras. El fuego produce gases venenosos que pueden propagarse rápidamente y, lejos del fuego en sí, para reclamar a las víctimas que están dormidas que ni siquiera son conscientes del fuego. Incluso si los residentes se despiertan, los efectos de la exposición a estos gases pueden nublar su pensamiento y retardar sus reacciones para que no puedan escapar. Por eso es tan importante para tener una advertencia suficiente para que todos puedan escapar antes de que su capacidad de pensar y moverse se vea afectada.

ABSTRACT

To prevent fires in home and commercial establishments it does need to have a mechanism that allows to respond in a diligent manner. The artificial intelligence allows that it is possible through agent sensors with artificial vision analyzing images captured by camera.

The present research reviews through artificial vision foundations to find a way to implement the objectives of this project. One of the specific objectives will be to carry out a software implementation to verify that fires in homes and commercial establishments can be avoided in an efficient manner.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Centrándonos en el contexto global, alrededor del mundo se provocan una gran cantidad de incendios en residencias y oficinas. Solamente en los Estados Unidos hay un incendio cada 23 segundos. A pesar de que casi todas las casas en los Estados Unidos tienen cuando menos un detector de humo, el 60% de los incendios se producen en residencias donde no había ningún tipo de alarma o ésta no funcionaba correctamente (SecureWeek, 2017). Los incendios en casas o establecimientos cerrados, además de causar un número significativo de muertes, tienen un costo monetario desproporcionadamente alto. Además, por poner un ejemplo latinoamericano, el día 2 de septiembre de 2018 ocurrió un incendio de grandes proporciones en el Museo Nacional de Brasil, situado al norte de Río de Janeiro. Este fatal incendio afectó a casi la totalidad del edificio, donde se albergaban más de 20 millones de piezas de diferentes periodos de la historia de Brasil y del mundo. Incluso el presidente brasileño, Michel Temer, indicó que se había perdido más de 200 años de trabajo, investigación y conocimiento (BBC News Mundo, 2018). En Latinoamérica la mayoría de los incendios terminan con muertes múltiples o pérdidas cuantiosas.

En el Perú, en la actualidad, los incendios son un problema. La frecuencia probabilística con el tiempo crece. Día a día va aumentando la ocurrencia de incendios alcanzando pérdidas monetarias en las personas y con mayor severidad en los lugares cerrados y las industria, donde se valúan mayores pérdidas. Se han publicado artículos donde se estima el aumento de incendios en términos porcentuales, tal y como lo indica el diario Perú 21 en un artículo publicado el 31 de diciembre del 2014 (Peru21, 2014), donde señala que la probabilidad de ocurrencia de incendio ha llegado a cifras exorbitantes, alzándose hasta un 220%.

Existen distintos mecanismos como los detectores de humo, pero estos no necesariamente disminuyen el impacto del incendio. Uno de estos impactos son las vidas humanas, donde se concluye la necesidad de generar una alarma con un detector que la active, de la misma manera que un detector de humo, pero más eficiente. Existe un inconveniente con los detectores de humo y es que, para su activación, necesita de cierto volumen de humo provocado por pérdidas monetarias y hasta vidas humanas. Por otro lado, no siempre este humo es incendio, mucho más en las industrias donde residuos químicos se esparcen constantemente, haciendo necesario otro tipo de identificación y prevención de incendio, como por ejemplo el procesamiento inteligente de imágenes y el sistema de visión artificial. Esta solución podría detectar fuego y prevenir un posible incendio de la manera más eficientemente posible, antes de que el fuego se haga irreversible para los medios caseros como los extinguidores, y de esta forma se moderniza la visión de detección de fuego que se tiene actualmente, dando lugar a una adquisición masiva.

También se debe tener en consideración que un sistema inteligente de procesamiento de imágenes puede ser aprovechado como un mecanismo de seguridad contra robos y desfalcos en las propias instalaciones donde opera tal sistema, ya que no solamente puede procesar imágenes para identificar fuego, sino también movimientos y contrastes de luz. Sin tomar en cuenta que puede capturar imágenes en tiempo real para posteriores investigaciones policiales.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la implementación de un agente de visión artificial hace eficiente la detección de fuego dentro de un establecimiento cerrado de la ciudad de Trujillo?

1.3. Justificación

Como objeto de estudio, se tiene una relevancia académica significativa porque permitirá profundizar la rama de visión artificial y enriquecerá los conocimientos sobre las ciencias de la computación al permitir el estudio y publicación de este proyecto de tesis.

El estudio en esta investigación contiene también una clara relevancia social debido a que permitirá, desde el marco de las ciencias de la computación, específicamente en la rama de la visión artificial, optimizar la detección de fuego, previniendo incendios, lo que evitará daños materiales, pérdidas humanas y monetarias en las casas y los centros comerciales. Además de que también podrá garantizar, en tiempo real, la seguridad pecuniaria de los establecimientos.

Asimismo, la implementación de este proyecto de tesis tiene también una relevancia ambiental, al reducir significativamente la expulsión de agentes tóxicos provenientes de incendios provocados por incidencias de fuego no contraladas.

1.4. Limitaciones

En cuanto a los recursos del proyecto:

- El estudio se llevará a cabo en los laboratorios de Electrónica y Física dentro de las instalaciones de UPN, por lo que dependeremos del uso de horarios disponibles, según el ciclo. Esta es una clara limitación debido a que la disposición de las aulas varía de ciclo a ciclo.
- El laboratorio donde se realizará el estudio es escaso en cuanto a ciencias de la computación, y no existe cámaras digitales disponibles, por lo que recurriremos a instrumentos comprados con dinero propio.
- Se Implementará simulaciones al no tener acceso a un número grande de industrias donde podamos realizar las ediciones. Al pasar el estudio a escala real, obtenemos claros inconvenientes con la cámara respecto a la focalización y luz, debido a ser una

simulación. Los errores humanos y demás que son complejos de estudiar debido a la manera de actuar algunas personas al momento de un incendio, lo cual sería relevante al detectarlo y medir las consecuencias.

En cuanto a la implementación del proyecto:

- Para el correcto funcionamiento del sistema de visión artificial, se necesita que los espacios donde va a operar estén cerrados, con luces tenues y con los objetos en reposo.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Implementar un agente de visión artificial que haga eficiente el nivel de respuesta en la detección de fuego dentro de un establecimiento cerrado de la ciudad de Trujillo.

1.5.2. Objetivos específicos

- Medir el agente según las técnicas de visión artificial aplicadas en la obtención de imágenes.
- Medir el tiempo de respuesta que el agente de visión artificial se toma a partir de la ocurrencia de fuego.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En la investigación que realizó Hussam Elbehiery (Elbehiery, 2012) el objetivo principal del sistema de alarma contra incendios es proporcionar una alerta temprana de incendios para que las personas puedan ser evacuadas y se puedan tomar medidas inmediatas para detener o eliminar el efecto de incendio tan pronto como sea posible. La alarma se puede activar mediante detectores o mediante un punto de llamada manual (de forma remota). Para alertar o evacuar a los ocupantes se utilizan sirenas. En la investigación se explica que con el rápido desarrollo de aplicaciones tecnológicas y el crecimiento de la demanda del mercado de las alarmas contra incendios comerciales, la clave es utilizar un sistema de alarma contra incendios que contenga un sistema informático distribuido e inteligente. Aunque la instalación de las alarmas contra incendios es mucho más fácil que en el pasado, aún no pueden satisfacer las necesidades modernas de ubicuidad y disminuir los daños causados, y además el costo de instalación de los equipos aún es elevado.

Para poder analizar los recursos que mínimamente debe tener un algoritmo que se utilice para la captación inteligente de imágenes, se revisó el trabajo de David Martín-Borregón (Martín-Borregón, 2012), donde se puede apreciar que se han creado cuatro etapas del algoritmo que permiten detectar el humo, sustracción de fondo, eliminación de elementos rápidos, detección de color, análisis por componentes conexas, y además de estas cuatro etapas que permiten diferenciar el humo de otros elementos en una secuencia de video, hay una etapa más que provee al algoritmo de *feedback*, el no aprendizaje de humo que asegura que aquellos elementos clasificados como humo no sean aprendidos por el algoritmo y dejen ser detectados en la primera etapa. El trabajo a desarrollar necesita los procedimientos (los cuales son obtenidos con esta tesis). Esta investigación aporta al presente trabajo porque contiene la medición de la efectividad del procesamiento de imágenes y el proceso, además de un algoritmo para su posterior desarrollo, el cual se desarrollará en este proyecto de tesis.

Si queremos empaparnos un poco sobre las técnicas de procesamiento de imágenes, tenemos que en el trabajo de Mauricio Martínez y Jonathan Potes (Martínez & Potes, 2013) nos muestra que existen diferentes técnicas para el procesamiento de imágenes que se pueden utilizar en la detección de humo, con esta experiencia se puede avanzar mucho más rápido en el desarrollo del algoritmo, al hablar de las técnicas que los autores proponen en este proyecto para la automatización en la detección de brotes vegetales y la aparición de las especies de arañas mencionadas, utilizando un sistema basado en tecnología de visión artificial, montado en un dispositivo embebido, capaz de detectar en su zona de visión la aparición de los individuos de estudio, adquiriendo una imagen del evento y permitiendo a los miembros del grupo de investigación acceder a ellas desde un punto de acceso a red.

Por otro lado, en el trabajo de Nazael Mendoza (Mendoza, 2009) podemos apreciar los requerimientos para poder medir incendios, así como los procedimientos. Con respecto a esto último, este trabajo se enfocó en caracterizar los sistemas de detección que son utilizados por la empresa Forestal Valdivia S.A., y se evaluó por un período de ocho años desde el 2000 al 2008. Se pudo determinar que se utilizan tres sistemas de detección, las Torres, los Vigilantes y Personal de F.V.S.A., quedando como “Otras fuentes” los incendios detectados por personas ajenas a la empresa. El sistema de detección con aviones era inexistente en todo el periodo. La información fue extraída de las fichas de incendios de cada temporada, en las cuales aparece toda la información concerniente a las ocurrencias. En el periodo analizado se determinó que el conjunto de sistemas entre Torres, Vigilantes y Personal de F.V.S.A. alcanzaban un gran porcentaje de detección, siendo muy eficientes. Las Torres presentaron la mayor regularidad y número de detección en todos los periodos.

En la investigación que realizó el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Electrónica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Pariona Silva, Eche Llenque, Martín Herrero, Carrillo Gomero, & Rojas Acuña, 2002) se visualiza el procesamiento de las imágenes desde un satélite, y, por ello, destaca bastante la optimización de recursos como los métodos y metodologías para obtener eficientemente las imágenes y procesarlas adecuadamente. En el estudio el análisis procede con la función de filtrado y permite mover una ventana de unos cuantos pixeles en dimensión (es decir 3x3, 5x5, etc.), sobre cada píxel central con el nuevo valor. La ventana es movida un pixel a través de las dimensiones de fila y columna a un tiempo, y el cálculo es repetido hasta que la imagen entera haya sido filtrada y una nueva imagen se haya generado. Mediante la variación del cálculo realizado y los pesos de los pixeles individuales en la ventana de filtrado, los filtros pueden ser diseñados para mejorar y suprimir diferentes tipos de características. Calculando óptimamente las ventanas y los incendios.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Complejidad Algorítmica.

(S.Adamchik, 2009)

A. Introducción

La complejidad algorítmica se refiere a la rapidez o la lentitud de un algoritmo en particular. Definimos la complejidad como una función numérica $T(n)$ - tiempo versus el tamaño de entrada n . Queremos definir el tiempo tomado por un algoritmo sin depender de los detalles

de la implementación. ¿Pero estamos de acuerdo en que $T(n)$ depende de la implementación? Un algoritmo dado tomará diferentes cantidades de tiempo en las mismas entradas dependiendo de factores tales como velocidad del procesador; conjunto de instrucciones, velocidad del disco, marca del compilador, etc. La forma es estimar la eficiencia de cada algoritmo de manera asintótica. Mediremos el tiempo $T(n)$ como el número de "pasos" elementales (definidos de cualquier manera), siempre que cada paso tome un tiempo constante.

Consideremos dos ejemplos clásicos: la suma de dos enteros. Agregaremos dos enteros dígito a dígito (o bit a bit), y esto definirá un "paso" en nuestro modelo computacional. Por lo tanto, decimos que la adición de dos enteros de n bits toma n pasos. En consecuencia, el tiempo computacional total es $T(n) = c * n$, donde c es el tiempo tomado por la adición de dos bits. En diferentes computadoras, la adición de dos bits puede tomar un tiempo diferente, digamos c_1 y c_2 , por lo tanto, la adición de dos enteros de n bits toma $T(n) = c_1 * n$ y $T(n) = c_2 * n$ respectivamente. Esto muestra que las diferentes máquinas producen pendientes diferentes, pero el tiempo $T(n)$ crece linealmente a medida que aumenta el tamaño de la entrada.

El proceso de abstraer detalles y determinar la tasa de uso de recursos en términos del tamaño de entrada es una de las ideas fundamentales en computación.

B. Notaciones Asintóticas

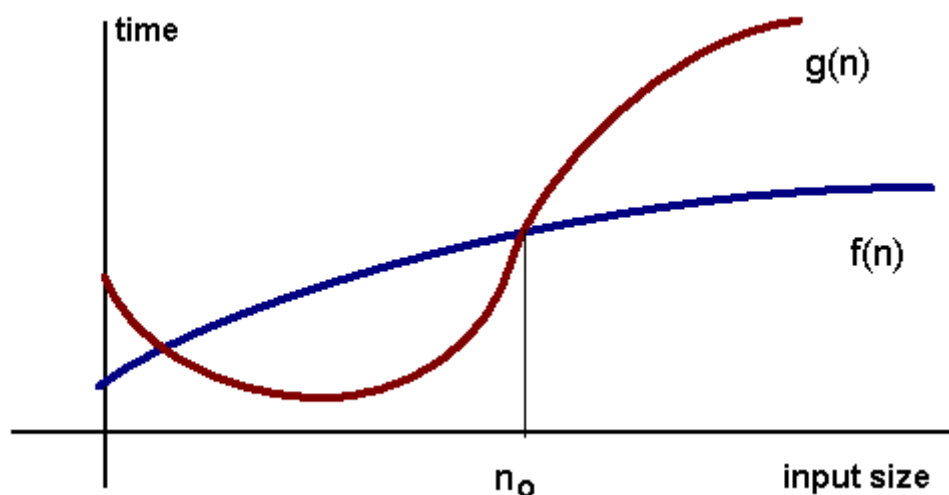
El objetivo de la complejidad computacional es clasificar los algoritmos de acuerdo con sus actuaciones. Representaremos la función de tiempo $T(n)$ utilizando la notación "O grande" para expresar la complejidad del tiempo de ejecución de un algoritmo. Por ejemplo, la siguiente declaración $T(n) = O(n^2)$ dice que un algoritmo tiene una complejidad de tiempo cuadrática.

C. Definición de "big Oh"

Para cualquier función monótonica $f(n)$ y $g(n)$ de los enteros positivos a los enteros positivos, decimos que $f(n) = O(g(n))$ cuando existen constantes $c > 0$ y $n_0 > 0$ de tal manera que $f(n) \leq c * g(n)$, para todos $n \geq n_0$.

Intuitivamente, esto significa que la función $f(n)$ no crece más rápido que $g(n)$, o que la función $g(n)$ es un límite superior para $f(n)$, para todos los $n \rightarrow \infty$ suficientemente grandes

Ilustración 1 Representación Gráfica de la Relación $f(n) = O(g(n))$



Fuente: (S.Adamchik, 2009)

Ejemplos:

$$1 = O(n)$$

$$n = O(n^2)$$

$$\log(n) = O(n)$$

$$2n + 1 = O(n)$$

La notación "big Oh" no es simétrica: $n = O(n^2)$ pero $n^2 \neq O(n)$.

Ejercicio: Probemos $n^2 + 2n + 1 = O(n^2)$. Debemos encontrar c y n_0 que $n^2 + 2n + 1 \leq c \cdot n^2$. Sea $n_0 = 1$, entonces para $n \geq 1$:

$$1 + 2n + n^2 \leq n^2 + 2n + n^2 \leq n^2 + 2n^2 + n^2 = 4n^2$$

Por lo tanto, $c = 4$.

D. Tiempo constante: $O(1)$

Se dice que un algoritmo se ejecuta en tiempo constante si requiere la misma cantidad de tiempo independientemente del tamaño de entrada.

Ejemplos:

- **Array:** accediendo a cualquier elemento.
- **Pila de tamaño fijo:** métodos *push* y *pop*.
- **Cola de tamaño fijo:** métodos de puesta en cola y salida de cola.

E. Tiempo lineal: $O(n)$

Se dice que un algoritmo se ejecuta en tiempo lineal si su ejecución de tiempo es directamente proporcional al tamaño de entrada, es decir, el tiempo crece linealmente a medida que aumenta el tamaño de entrada.

Ejemplos:

- **Array:** búsqueda lineal, recorrido, búsqueda mínima.
- **ArrayList:** contiene el método.
- **Cola:** contiene método.

F. Tiempo logarítmico: $O(\log n)$

Se dice que un algoritmo se ejecuta en tiempo logarítmico si su tiempo de ejecución es proporcional al logaritmo del tamaño de entrada.

Ejemplo:

- Búsqueda binaria.

Recuerde el juego de las "veinte preguntas": la tarea es adivinar el valor de un número oculto en un intervalo. Cada vez que hace una conjetura, se le dice si su conjetura es demasiado alta o demasiado baja. Veinte preguntas del juego requieren una estrategia que usa tu número de conjetura para reducir a la mitad el tamaño del intervalo. Este es un ejemplo del método general de resolución de problemas conocido como búsqueda binaria: "Ubique el elemento a en una matriz ordenada (en orden ascendente) comparando primero a con el elemento central y luego (si no son iguales) dividiendo la matriz en dos subgrupos; si a es menor que el elemento central, repite todo el procedimiento en el subarreglo izquierdo, de lo contrario, en el subarreglo derecho. El procedimiento se repite hasta que se encuentra a o la subarreglo es una dimensión cero."

Obsérvese que $\log(n) \ll n$ cuando $n \rightarrow \infty$. Los algoritmos que se ejecutan en $O(\log n)$ no utilizan toda la entrada.

G. Tiempo cuadrático: $O(n^2)$

Se dice que un algoritmo se ejecuta en tiempo cuadrático si su tiempo de ejecución es proporcional al cuadrado del tamaño de entrada.

Ejemplos:

- Ordenamiento por burbuja.
- Ordenamiento por selección.

- Ordenamiento por inserción.

H. Definición de "big Omega"

Necesitamos la notación para el límite inferior. En este caso se utiliza una notación omega capital mayúscula. Decimos que $f(n) = \Omega(g(n))$ cuando existe una constante c que $f(n) \geq c * g(n)$ para para todos los n suficientemente grandes.

Ejemplos:

- $n = \Omega(1)$.
- $n^2 = \Omega(n)$.
- $n^2 = \Omega(n \log(n))$.
- $2n + 1 = O(n)$.

I. Definición de "big Theta"

Para medir la complejidad de un algoritmo particular, significa encontrar los límites superior e inferior. En este caso se utiliza una nueva notación. Decimos que $f(n) = \Theta(g(n))$ si y solo $f(n) = O(g(n))$ y $f(n) = \Omega(g(n))$.

Ejemplos:

- $2n = \Theta(n)$.
- $n^2 + 2n + 1 = \Theta(n^2)$.

J. Análisis de los algoritmos

El término análisis de algoritmos se utiliza para describir enfoques para el estudio del rendimiento de los algoritmos, realizándose los siguientes tipos de análisis:

- La complejidad del tiempo de ejecución del caso más desfavorable del algoritmo es la función definida por el número máximo de pasos realizados en cualquier instancia de tamaño a .
- La complejidad del mejor tiempo de ejecución del algoritmo es la función definida por el número mínimo de pasos realizados en cualquier instancia de tamaño a .
- La complejidad promedio de tiempo de ejecución del caso del algoritmo es la función definida por un número promedio de pasos tomados en cualquier instancia de tamaño a .
- La complejidad de tiempo de ejecución amortizada del algoritmo es la función definida por una secuencia de operaciones aplicada a la entrada de tamaño a y promediada en el tiempo.

Ejemplo: Consideremos un algoritmo de búsqueda secuencial en una matriz de tamaño n .

- Su peor complejidad en tiempo de ejecución es $O(n)$.
- Su mejor complejidad en tiempo de ejecución es $O(1)$.
- Su complejidad promedio en tiempo de ejecución de caso es $O(n/2) = O(n)$.

K. Complejidad del Tiempo Amortizado

Considere una matriz de matriz dinámica. En este modelo, `push()` duplicará el tamaño de la matriz si no hay suficiente espacio. Dado que la copia de matrices no se puede realizar en tiempo constante, decimos que la inserción no se puede hacer en tiempo constante. En esta sección, mostraremos que `push()` lleva tiempo constante amortizado.

Contemos el número de operaciones de copia necesarias para realizar una secuencia de pulsos.

Tabla 1 Complejidad del tiempo Amortizado

<code>push()</code>	copy	old array size	new array size
1	0	1	-
2	1	1	2
3	2	2	4
4	0	4	-
5	4	4	8
6	0	8	-
7	0	8	-
8	0	8	-
9	8	8	16

Fuente: (S.Adamchik, 2009)

- Vemos que 3 *push* requieren $2 + 1 = 3$ copias.
- Vemos que 5 *push* requieren $4 + 2 + 1 = 7$ copias.
- Vemos que 9 *push* requieren $8 + 4 + 2 + 1 = 15$ copias.

En general, las pulsaciones $2n + 1$ requieren $2n + 2^{n-1} + \dots + 2 + 1 = 2^{n+1} - 1$ copias.

Hablando asintóticamente, el número de copias es aproximadamente el mismo que el número de empujes.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2n + 1 - 1}{2n + 1} = 2 = O(1)$$

Decimos que el algoritmo se ejecuta en tiempo constante amortizado.

2.2.2. Oclusión.

(Yingkun , Lei , Guorong , & Qingming , 2014)

A. Introducción.

La oclusión es uno de los problemas desafiantes en el seguimiento visual. La mayoría de los trabajos al respecto alivian los problemas de oclusión mediante el muestreo aleatorio de características débiles, o lo analizan mediante métodos estrechamente relacionados con rastreadores específicos. Se debe proponer un mecanismo eficaz para detectar el estado de oclusión mediante bosques aleatorios, e incorporar este método en rastreadores de objetos con una estrategia común. Se deberá dividir la región objetivo en algunas partes regulares y extraer las características de emparejamiento dentro y fuera de las partes para codificar la información de la estructura del objetivo rastreado. Los bosques aleatorios se entrenan en línea para discriminar el estado de oclusión de las partes utilizando muestras dependientes de oclusión. Se utilizan varias secuencias de video desafiantes para verificar el modelo, y esto prueba que nuestro modelo es capaz de reconocer el estado de oclusión durante el seguimiento. El rendimiento de dos rastreadores de objetos de vanguardia típicos se mejora al integrar este método de detección de oclusión.

El mundo tridimensional está lleno de objetos opacos que ocupan diferentes profundidades. Los objetos que se encuentran más cerca del espectador ocultarán, total o parcialmente, los objetos que están más lejos. Para una escena real, la aparición de oclusión es la norma y no una excepción. La capacidad de detectar la discontinuidad de profundidad y la oclusión es esencial para la visión artificial tridimensional. En estéreo basado en funciones, cuando un mapa de profundidad densa de la escena es requerido por interpolación, el conocimiento acerca de si una superficie particular es continua entre los puntos coincidentes de características debe ser comprobada.

(Unity Technologies, 2018)

B. Occlusion Culling

Occlusion Culling es una característica que desactiva el renderizado de objetos cuando actualmente no están visibles por la cámara, puesto que están oscurecidos (occluded)

por otros objetos. Esto no sucede automáticamente en gráficas computacionales 3D, ya que la mayoría de veces los objetos que están más lejos de la cámara son dibujados primero y los objetos más cercanos son dibujados encima de estos (esto se llama "overdraw"). El *Occlusion Culling* es diferente del *Frustum Culling*, ya que éste solamente desactiva los renderers para objetos que están afuera del área visible de la cámara, pero no desactiva nada oculto de la vista por *overdraw*. Asimismo hay que tener en cuenta que cuando se utilice *Occlusion Culling* todavía se obtiene beneficio de *Frustum Culling*.

El proceso de la eliminación selectiva (*occlusion culling*) puede usar una cámara virtual para construir una jerarquía de un conjunto de objetos potencialmente visibles. Esta información es usada en el tiempo de ejecución por cada cámara para identificar qué es visible y qué no es. Cuando uno está equipado con esta información, se puede asegurar que solo los objetos visibles se van a enviar para ser renderizados. Esto reduce el número de las llamadas de dibujo (*draw calls*) y aumenta el rendimiento.

La información para la eliminación selectiva de oclusión está compuesta por células. Cada célula es una subdivisión de la totalidad del volumen de delimitación de la escena. Más específicamente las células forman un árbol binario. La eliminación selectiva de oclusión usa dos árboles, uno para *View Cells* (objetos estáticos) y la otra para *Target Cells* (objetos en movimiento). Las *View Cells* se asignan a una lista de índices que definen los objetos estáticos visibles que da un resultado de eliminación selectiva más preciso para objetos estáticos.

2.2.3. Técnicas de Visión Artificial

(EDMANS, 2006)

A. Segmentación

Segmentar una imagen digital significa dividirla en zonas disjuntas e individualizadas. Es decir, consiste en diferenciar los diversos objetos y dónde se encuentran del fondo, que puede ser más o menos complejo, de la imagen.

Al final de la etapa de segmentación, se tienen que conocer perfectamente los objetos que hay para extraer las características propias de cada uno de ellos. Además, cada *pixel* de la imagen tiene que tener una etiqueta que los defina, de forma que simplemente por agrupación de puntos con la misma etiqueta y conectados especialmente, se pueda determinar la lista de objetos (estos objetos son realmente zonas o regiones individualizadas dentro de la imagen, ya que un objeto, en el sentido estricto de la palabra, puede estar repartido en varias regiones diferentes dentro de la imagen obtenida).

Realmente, la etapa de segmentación es crucial para el reconocimiento de formas pudiéndose complicar o simplificar enormemente según sea la escena más o menos compleja. En un entorno industrial puede ocurrir que las escenas se compliquen más o menos, dependiendo del conjunto de objetos que se tengan que reconocer y de la disposición de éstos en el entorno. Dentro de las técnicas de segmentación que se van a analizar, se van a tratar fundamentalmente aquellas técnicas que se aplican para disposiciones de objetos no muy complejas, donde los objetos no estén “montados” unos sobre otros. Esto producirá que la medida del contorno de los objetos se complique enormemente.

Estas técnicas también se pueden utilizar en aplicaciones industriales donde los objetos se montan unos sobre otros, siempre que no sea necesario obtener el contorno de los objetos y éste sea conocido (por ejemplo, el uso de un sistema de visión para contar el número de piezas iguales, aunque éstas estén unas sobre otras).

B. Transformaciones Morfológicas

Las transformaciones morfológicas se encargan de cambiar la forma y la estructura de los objetos. Estas herramientas matemáticas permiten obtener componentes que dan una idea de la forma y la estructura de los objetos que forman la imagen. Además, permiten modificar estas formas para separar los objetos unos de otros, obtener contornos primarios, descomponer formas complejas en formas más simples, obtener contornos dentro de entornos ruidosos, reconstruir elementos distorsionados, etc.

Generalmente esta serie de transformaciones se realizan en imágenes previamente binarizadas (en blanco y negro), aunque también existen estudios de aplicación de estas técnicas en imágenes con niveles de grises. Las transformaciones que se van a tratar corresponden a la morfología matemática cuyo lenguaje de expresión es la teoría de conjuntos.

C. Dilatación Binaria

Dados dos conjuntos A y B de Z^2 , la dilatación, denotada por $A \oplus B$, se define como:

$$A \oplus B = \{c \in E^N \mid c = a + b \text{ para todo } a \in A, b \in B\}$$

Es decir, dada una máscara B (formada por uno y ceros), la dilatación de A por B es el conjunto de todos los desplazamientos de x tales que B y A se solapen en al menos un elemento distinto de cero.

Por ejemplo, dada una máscara B formada por una matriz:

Ilustración 2 Máscara B

0	1	0
1	1	1
0	1	0

Fuente: (S.Adamchik, 2009)

Y una figura A formada por una matriz:

Ilustración 3 Matriz

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Fuente: (S.Adamchik, 2009)

El proceso de dilatación $A \oplus B$ consiste, para cada punto $A(i,j)$, en solapar la máscara B en A (siendo (i,j) el punto central de B), ver si algún uno de B coincide con algún uno de A (si es así, se deberá poner el punto $A(i,j)$ a uno). Es decir, la dilatación consiste en ir desplazando el elemento estructurante (B) por toda la imagen, y si alguno de los elementos de la matriz (denominados vecinos de la máscara) coincide con un *pixel* del entorno, entonces el pixel que está centrado en A cambia a uno.

Ilustración 4 Matriz 2

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Fuente: (S.Adamchik, 2009)

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la Hipótesis

La implementación de un agente de visión artificial hace eficiente la detección de fuego dentro de un establecimiento cerrado de la ciudad de Trujillo.

3.2. Hipótesis Específicas

- El agente de visión artificial, según las técnicas de visión artificial aplicadas en la obtención de imágenes, permite la detección de fuego.
- El tiempo de respuesta que el agente inteligente se toma a partir de la ocurrencia de fuego es eficiente.

3.3. Variables

Variable Independiente: Agente de visión artificial.

Variable Dependiente: Detección de fuego en un establecimiento cerrado.

3.4. Operacionalización de variables

Tabla 2 Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Agente de visión artificial	Es el conjunto de procesos y algoritmos que realizan procesos computacionales que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información, finalizando con un análisis de la misma. Ello debe contener atributos de calidad tanto como software en sí y sistema de visión.	Complejidad Algorítmica	Métrica teórica que se aplica a los algoritmos y que cumpla con complejidad mínima de media ($f_n\Theta$).
		Oclusión	Calidad en la detección de objetos externos que opacan la imagen
Detección de fuego en un establecimiento cerrado	Es el reconocimiento de un incidente de fuego no controlado que puede abrasar algo que no está destinado a quemarse	Detección de objetos	Tiempo determinado en segundos
		Punto de vista	Longitud de distancia
		Eficiencia-Comportamiento	Tiempo determinado en segundos
		Funcionalidad- Exactitud	Eficiencia en detección de fuego

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 4. DESARROLLO

Esta tesis se ha realizado teniendo en cuenta el análisis de una incidencia de fuego que será posteriormente detectada, para ello se ha realizado un estudio del fuego en su color y forma.

4.1 Análisis:

A continuación, estudiaremos el procesado de imágenes para el análisis de las características de la toma con humo y las fases y cambios que existen.

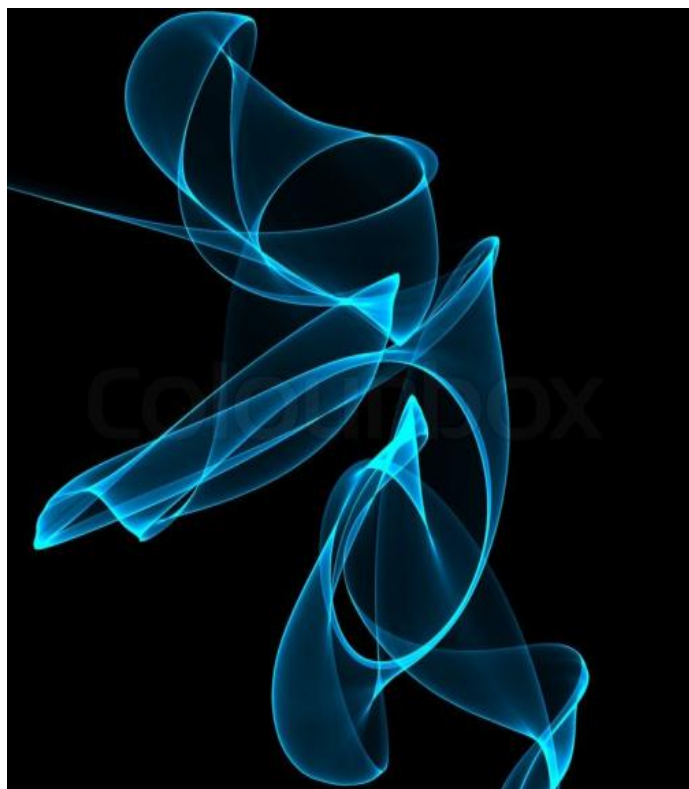
4.1.1. Tomas de humo:

Podremos apreciar las distintas tomas de humo:

Morfología:

Se puede apreciar una forma ondulada y, con una imagen computarizada, se puede ver con forma de cono, de abajo a arriba, como una pirámide invertida.

Ilustración 5 Análisis de la morfología de humo 1



Fuente: Elaboración Propia.

Color:

Se puede apreciar un color gris perenne y blancuzco por algunas zonas. El color natural es el gris.

Ilustración 6: Análisis de la morfología de humo 2



Fuente: Elaboración Propia.

Tomas de Fuego:

Podremos apreciar las distintas tomas de fuego en dos apreciaciones distintas. Las cuales podrán darnos dos perspectivas, de manera clara y con obstrucción de luz por opacidad debido a algún efecto químico:

Forma:

Se puede apreciar una forma puntiaguda y en la imagen computarizada se puede ver en forma de cono de arriba a abajo, como pirámide.

Ilustración 7: Análisis de la morfología del fuego 1



Fuente: Elaboración Propia.

Color:

Se puede apreciar un color amarillo y rojo perennes y azulado por algunas zonas. El color natural es el oro rojo y ante la cámara un brillo intenso.

Ilustración 8 Análisis de la morfología del fuego 2



Fuente: Elaboración Propia.

Análisis Geométrico:

El Fuego tiene longitudes, las cuales pueden ser dimensionadas y comparadas con las unidades de medida para esto, se hace un estándar de las longitudes del fuego y un análisis geométrico.

Podemos decir que las proporciones promedio de fuego son:

Punto 1: 100%

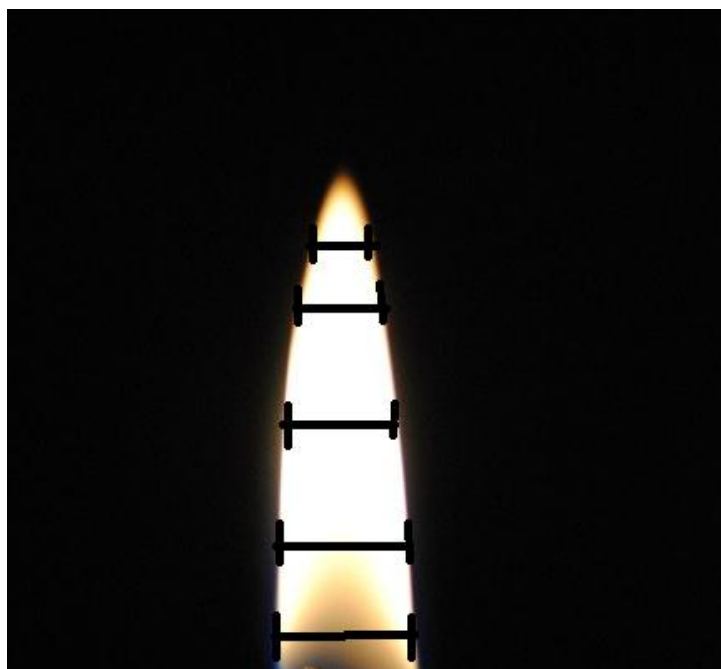
Punto 2: 110%

Punto 3: 120%

Punto 4: 120%

Punto 5: 119%

Ilustración 9: Análisis de la geometría del fuego 1



Fuente: Elaboración Propia.

Análisis de la estructura:

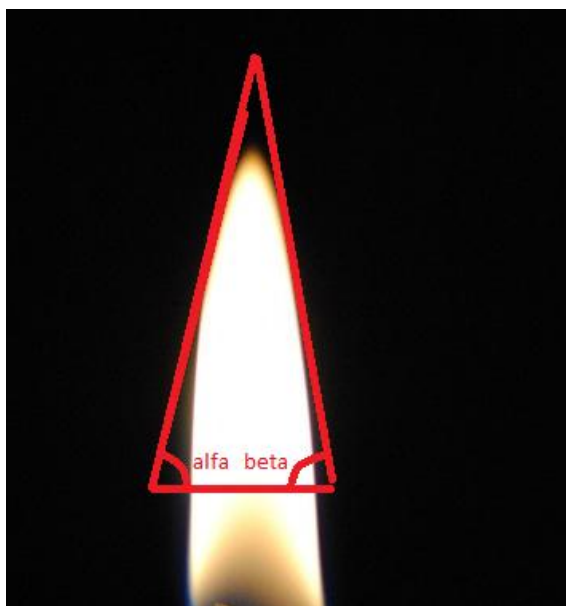
El Fuego tiene bordes altos y anchos, al unirse, nos proporcionan el ángulo de cada tangente y nos brinda datos del objeto analizado, para esto, se hace un estándar de los ángulos del fuego y un análisis Estructural.

Podemos Analizar los ángulos que nos interesan:

Alfa: 60°

Beta: 60°

Ilustración 10: Análisis de la geometría del fuego 1



Fuente: Elaboración Propia.

Elaboración del Algoritmo:

Se presenta la Elaboración del código desarrollado en C#.

Algoritmo Base de Procesamiento de Imágenes.

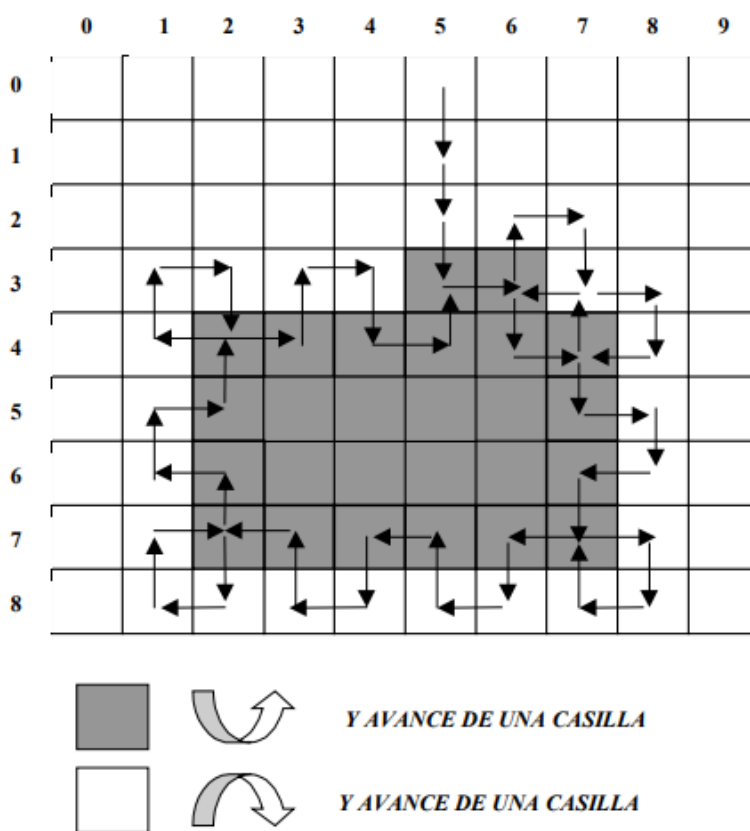
```

for (int i = 0; i < Width; i++)
    for (int j = 0; j < Height; j++) {
        Color c;
        if (i > 9 && i < Size.Width - 10 && j > 9 && j < Size.Height - 10) {
            R = imagen.GetPixel(i, j).R;
            G = imagen.GetPixel(i, j).G;
            B = imagen.GetPixel(i, j).B;
            if (R > 129 && R < 201 && G > 9 && G < 89 && B > 0 && B < 39) {
                c = Color.FromArgb(0, 0, 0);
            }
            else {
                c = Color.FromArgb(255, 255, 255);
            }
        }
        else {
            c = Color.FromArgb(0, 0, 0);
        }
        imagen2.SetPixel(i, j, c);
    }

```


}

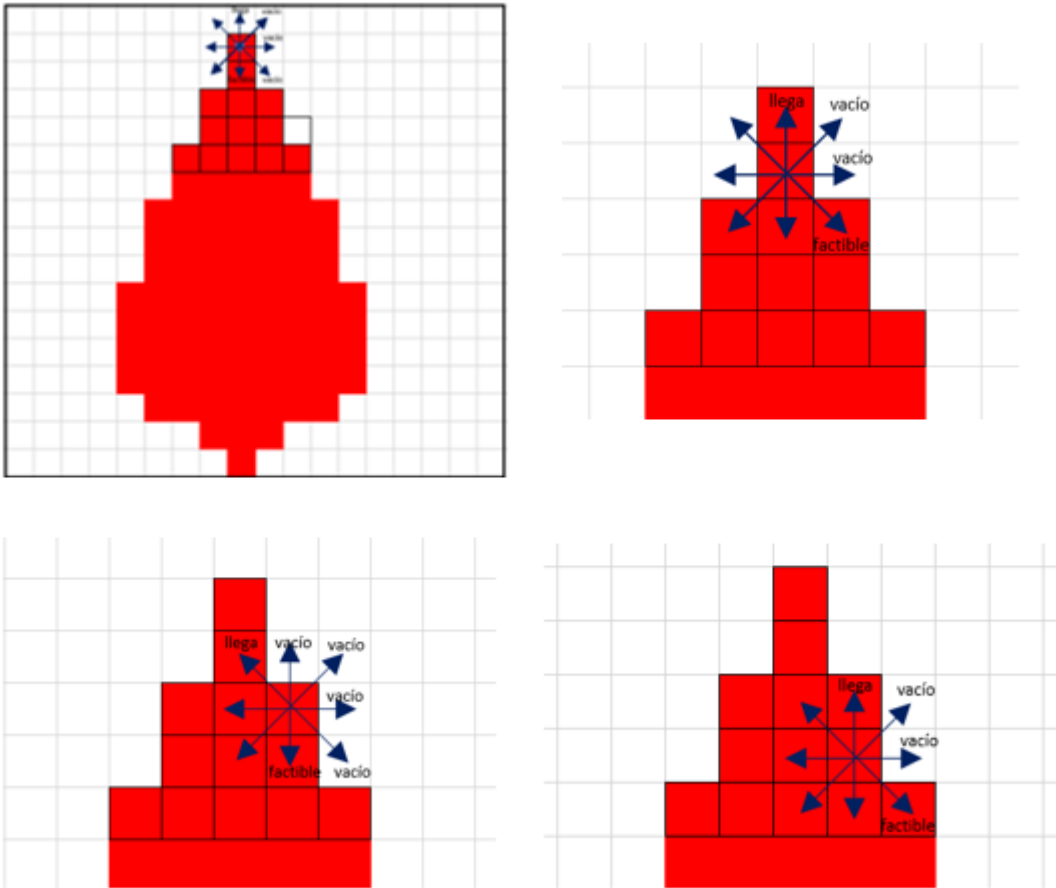
Ilustración 11: Algoritmo para la detección de bordes



Fuente: (EDMANS, 2006)

En base al algoritmo anterior, se elabora un algoritmo propio para realizar la detección de bordes de una silueta de fuego.

Ilustración 12: Algoritmo propio para la detección de bordes



Fuente: Elaboración Propia.

```

for (int i = 0; i < img1.Size.Height; i++)
{
    Coordenada cc = new Coordenada();
    coordenadas.Add(cc);
    int menor = 479; int mayor = 0;
    for (int j = 0; j < img1.Size.Width; j++)
    {
        p = ConstrutePixel(img1, i, j);

        if ((p.R + p.G + p.B) == 0)
        {
            if (menor > j) menor = j;
            if (mayor < j) mayor = j;
        }
    }
    cc.Y = i;

```

```

cc.XMenor = menor;
cc.XMayor = mayor;
coordenadas[i] = cc; }

```

Algoritmo para detectar el cuadrante de fuego.

```

for (int i = 0; i < img1.Size.Height; i++)
if (lista[i].XMayor != 0 && lista[i].XMenor != 479)
{
    if (dist < (lista[i].XMayor - lista[i].XMenor))
    {
        dist = lista[i].XMayor - lista[i].XMenor;
        CAncha = lista[i];
    }
    if (Xmenorgeneral > lista[i].XMenor)
        Xmenorgeneral = lista[i].XMenor;
    if (Xmayorgeneral < lista[i].XMayor)
        Xmayorgeneral = lista[i].XMayor;
    if (Ymenorgeneral > i){
        Ymenorgeneral = i;
        CAlta = lista[i];
    }
}

```

Algoritmo para dibujar las coordenadas:

```

for (int i = 0; i < img1.Size.Height; i++)
if (lista[i].XMayor != 0 && lista[i].XMenor != 479)
{
    promedioiz += lista[i].XMenor;
    promediodr += lista[i].XMayor;
    cant++;
}

```

CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA

5.1. Diseño de investigación

Preexperimental.

5.2. Unidad de estudio

Detección de fuego en un laboratorio de estudio industrial de la Universidad Privada del Norte de la ciudad de Trujillo.

5.3. Población

50 detecciones de fuego en un laboratorio de estudio industrial de la Universidad Privada del Norte de la ciudad de Trujillo.

5.4. Muestra (muestreo o selección)

15 detecciones de fuego cumplimentadas correctamente en un laboratorio de estudio industrial de la Universidad Privada del Norte de la ciudad de Trujillo.

5.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Escala de observación.

En el cuadro (anexo 2) podemos apreciar una Escala de observación, la cual no servirá para recolectar datos observables y medibles cuantitativamente. Nos muestra los ítems respectivos a la operacionalización de variables, que serán medidos en cada prueba de caja negra de posibles incidencias de fuego.

Entrevista

Se aplica a una persona con conocimientos sobre los incendios, en este caso, el jefe de la compañía de bomberos de la ciudad de Trujillo en el año 2018. Estas respuestas nos darán un panorama más claro sobre los incendios y errores en la medición, así como también enriquecerá los datos diseñados para la medición de las variables, específicamente la variable dependiente.

5.6. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Instrumentos de Recolección de Datos

Esta Prueba tiene el objetivo de medir el software, se realizarán pruebas de la codificación del software y también pruebas del funcionamiento para ser medido.

Se implementará el software con la simulación correspondiente y luego de ello se tomará los datos necesarios contados por el software.

Entrevista

Esta entrevista está diseñada para aplicarse a una persona posicionada en un cargo con conocimientos medios a altos sobre incendios y descripción de ellos. Al ser respondidas por una persona se puede obtener datos imprecisos que al complementarse con datos estadísticos y descriptivos de los informes mensuales, conllevarán mayor precisión.

Procedimiento de análisis cuantitativo

Se procederá a comparar los resultados obtenidos con los instrumentos de recolección de datos para extraer información consistente y comparable y dar como respuesta nuestros objetivos e hipótesis, para ello se desarrolla el procedimiento cuantitativo de la metodología estándar de investigación.

Tal como lo explica Monje C. en su libro “Metodología de la Investigación cuantitativa y cualitativa, guía didáctica” escrita en el año 2011, para la investigación podemos resaltar dos fases fundamentales al proceder con el análisis de datos.

Fase empírica la cual nos ayuda a la recolección de datos y a la preparación de datos para su análisis, para la recolección de datos se cuenta con los instrumentos de recolección preestablecidos.

Fase analítica, en la cual se procede el análisis de datos y la interpretación de resultados obtenidos para la posterior discusión, resultados y conclusiones.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

A lo largo del desarrollo de esta tesis, se analizó la técnica de visión artificial para procesar las imágenes de extraídas de la cámara web de una computadora, además de ellos se analizó el color y la forma del fuego para conseguir resultados más óptimos y contribuir con la eficiencia y eficacia de este proyecto.

El agente de visión artificial, según las técnicas de visión artificial aplicadas en la obtención de imágenes, permite la detección de fuego.

Asimismo, se midió el software según las técnicas de visión artificial:

- Complejidad Algorítmica.
- Oclusión.
- Detección de Objetos.
- Punto de Vista.

El tiempo de respuesta que el agente inteligente se toma a partir de la ocurrencia de fuego es eficiente. Se midió el software según el ISO 9126 de software:

- Eficiencia- Comportamiento en el tiempo
- Funcionalidad- Exactitud

Fase Empírica:

Los Resultados obtenidos son como se muestra a continuación:

Se realizó un cuadro para plasmar los resultados (Anexo 2).

Tabla 3: Cuadro de descripción de recolección de datos.

ítem	Superado	Logrado	Deficiencia
Complejidad Algorítmica. (fn Θ)	Más de la fn Θ	Media de fn Θ	Menos de fn Θ
Oclusión.	Detecta en cualquier posición	Detecta en el centro de la imagen	No Detecta
Detección de objetos.	Detecta el objeto	Detecta con retraso	No Detecta
Punto de vista.	Detecta a cualquier distancia.	Detecta en distancia media	No Detecta

Eficiencia- Comportamiento	Detecta en menos de 4 segundos	Detecta entre 4 y 6 segundos.	Detecta en más de 6 Segundos
Funcionalidad- Exactitud	Detecta fuego e ignora objetos con el mismo color y forma.	Detecta Fuego	No Detecta

Fuente: Elaboración Propia.

El siguiente es el cuadro de Resultados obtenidos en 15 pruebas de laboratorio de UPN, con restricciones de ambiente cerrado y luminosidad baja.

Tabla 4: Cuadro de recolección de datos.

ítem	Superado	Logrado	Deficiencia	Resultados
Complejidad Algorítmica. (fnΘ)	2	12	1	15
Oclusión	14	1	0	15
Detección de objetos.	15	0	0	15
Punto de vista.	3	12	2	15
Eficiencia- Comportamiento en el tiempo	4	10	1	15
Funcionalidad- Exactitud	1	14	0	15
Total	39	49	4	90

Fuente: Elaboración Propia.

Fase Analítica:

El siguiente cuadro es la información obtenida de los datos del cuadro anterior.

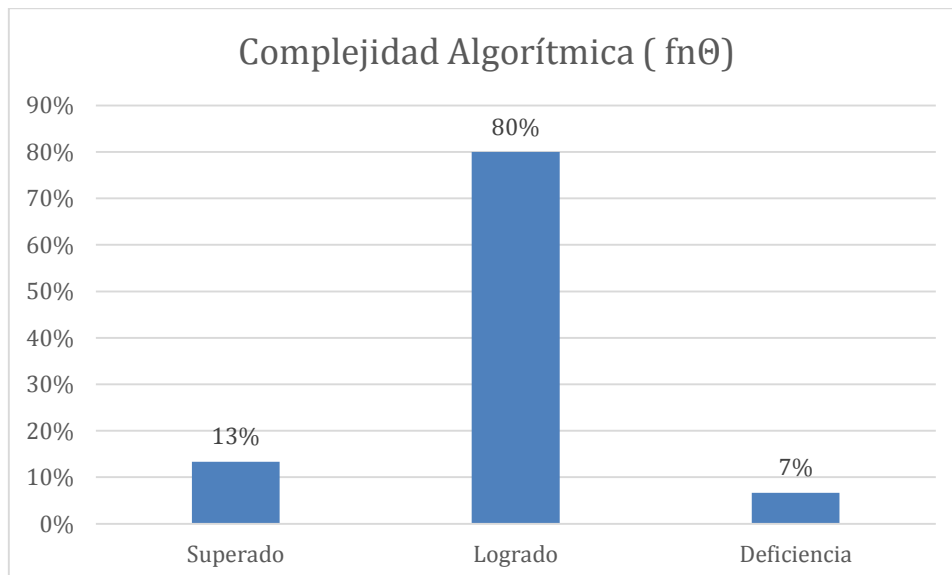
Tabla 5: Cuadro de procesamiento de datos

ítem	Superado	Logrado	Deficiencia	Resultados
Complejidad Algorítmica.(fnΘ)	13%	80%	7%	15
Oclusión	93%	7%	0%	15
Detección de objetos.	100%	0%	0%	15
Punto de vista.	20%	80%	13%	15
Eficiencia- Comportamiento en el tiempo	27%	67%	7%	15
Funcionalidad- Exactitud	7%	93%	0%	15
Total	43%	54%	4%	90

Fuente: Elaboración Propia.

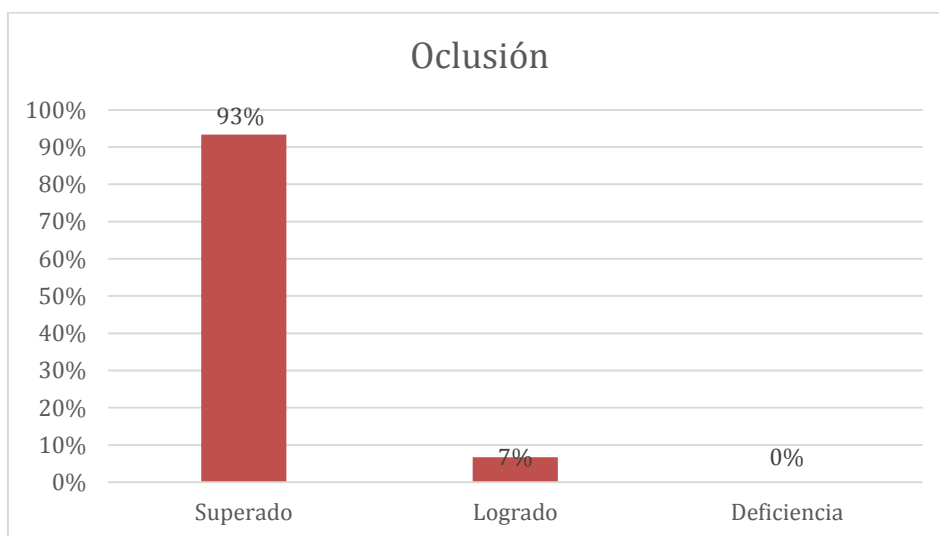
Se puede ver los gráficos obtenidos en cada dimensión.

Gráfico 1: Recolección de Información- Complejidad Algorítmica

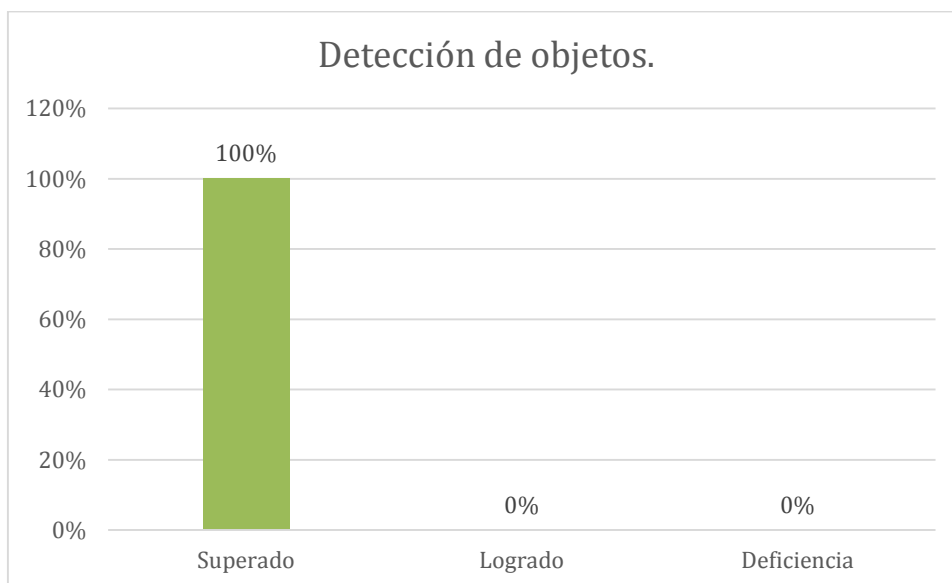


Fuente: Elaboración Propia.

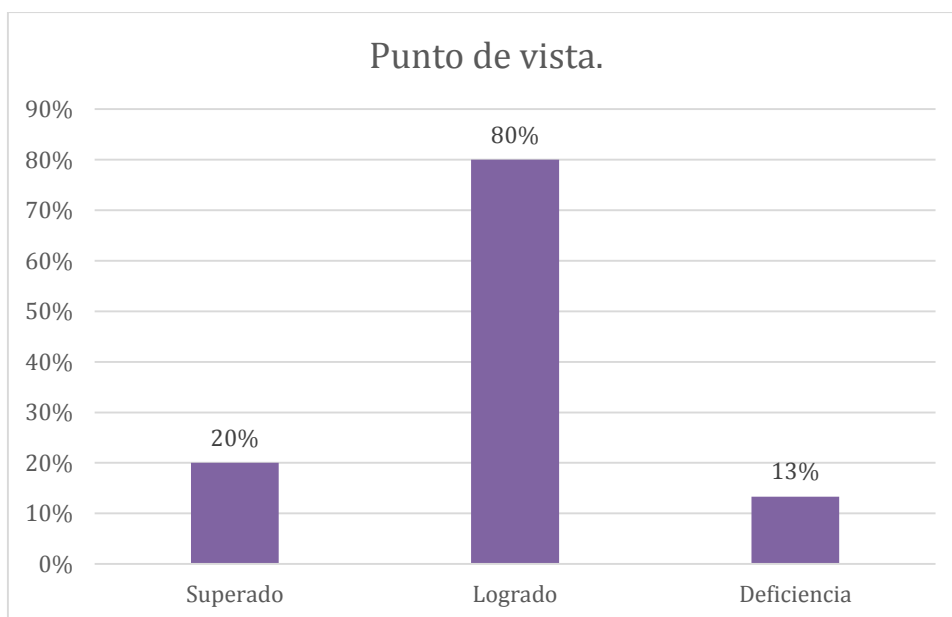
Gráfico 2: Recolección de Información- Oclusión.



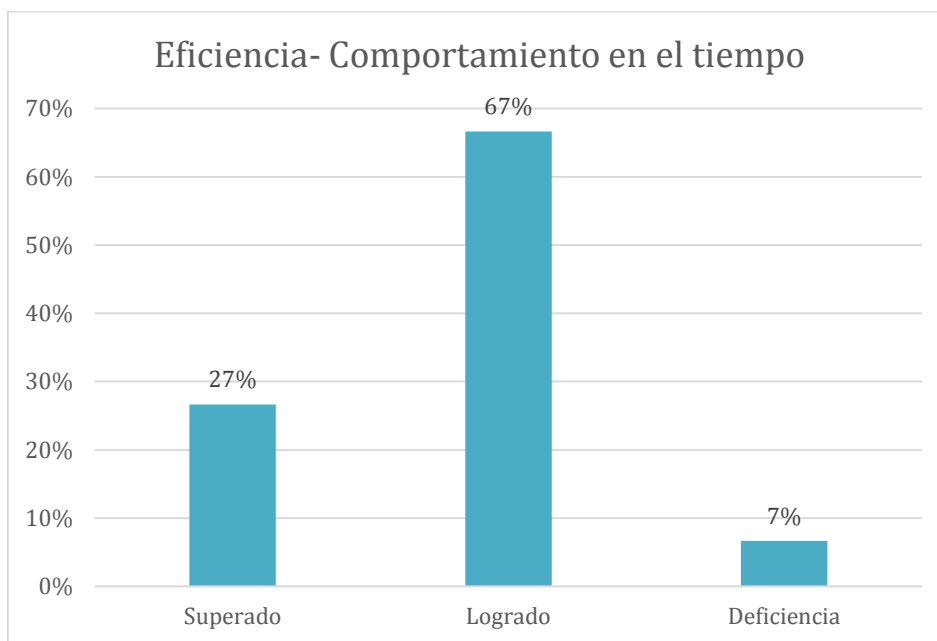
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 3: Recolección de Información- Detección de Objetos

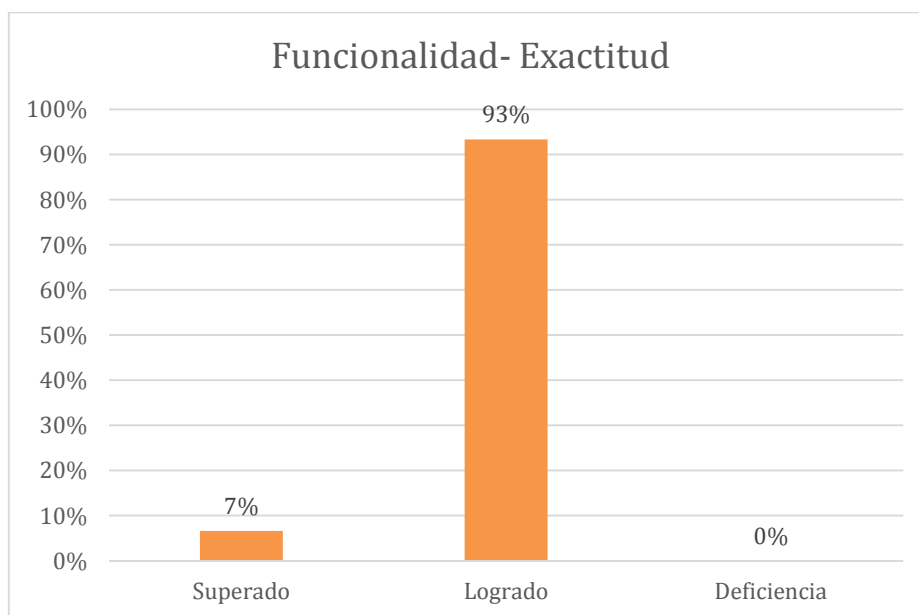
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 4: Recolección de Información- Punto de Vista

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 5: Recolección de Información- comportamiento en el Tiempo

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 6: Recolección de Información- Funcionalidad - Exactitud

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

La manera en que se realizó el proyecto hizo posible que se obtuviera un producto con las siguientes características:

- Detección de fuego. Como ya se explicó, el software se realizó con un estudio de color y forma del fuego, lo cual hizo posible la detección de software de manera eficiente al elaborarse midiendo la complejidad algorítmica de cada uno de los pasos que tomará el software para realizar la detección de fuego.
- Detección de fuego en cualquiera de sus posiciones. Al realizar el software se pudo analizar que el fuego podía incurrir en cualquier posición de la imagen y también en cualquier distancia de esta, pudiendo aparecer en cualquiera de las tres dimensiones de la realidad, por ello durante el proyecto se midió también la oclusión de visión artificial, punto de vista, detección de objetos, con lo cual se concibió un producto eficaz.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la presente investigación se estudiaron las detecciones de fuego, simulando escenarios con establecimientos cerrados, con el objetivo de determinar cuan eficiente es un agente (sistema) inteligente al proporcionar una detección de fuego. Luego de ser analizados los datos, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- En primera instancia, la eficiencia que un agente inteligente de visión artificial debe tener al momento de procesar imágenes es considerablemente alto, debido a lo que se desprende de los resultados obtenidos: una deficiencia de:
 - 7% para la complejidad algorítmica.
 - 0% para la oclusión de imágenes.

- Con respecto a la detección de objetos, se puede observar una eficiencia considerable, ya que, al utilizar el agente inteligente para la detección de imágenes, tiene una deficiencia de:
 - 0% en la detección de objetos.
 - 13% en el punto de vista de los objetos.
 - 7% en la eficiencia – comportamiento.
 - 0% en la funcional – exactitud.

REFERENCIAS

- BBC News Mundo. (3 de Septiembre de 2018). *BBC News Mundo*. Obtenido de https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-45380592?ocid=wsmundo.chat-apps.in-app-msg.whatsapp.trial.link1_.auin
- EDMANS, I. d. (2006). *Técnicas y Algoritmos Básicos de Visión Artificial*. La Rioja, España: Servicio de Publicaciones de Universidad de La Rioja.
- Elbehery, H. (Octubre de 2012). Developed Intelligent Fire alarm system. (editor@americanscience.org, Ed.) *Journal of American Science*, 1016-1025. Obtenido de <http://www.americanscience.org>
- Martín-Borregón, D. (2012). *Sistema de detección de incendios forestales utilizando técnicas de procesamiento de imagen*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/15216/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, M. E., & Potes, J. (22 de Octubre de 2013). *Repositorio Educativo Digital, Universidad Autónoma de Occidente*. Obtenido de <http://red.uao.edu.co/handle/10614/5274>
- Mendoza, N. (2009). *Tesis Electrónicas UACH, Universidad Austral de Chile*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/fifm539d/doc/fifm539d.pdf>
- Pariona Silva, E., Eche Llenque, C., Martín Herrero, J., Carrillo Gomero, F., & Rojas Acuña, J. (2002). *Revistas de investigación, UNMSM*. Obtenido de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/electron/article/view/4053/3228>
- Peru21. (31 de Diciembre de 2014). *Peru21*. Obtenido de <https://peru21.pe/lima/incendios-incrementaron-220-ano-138593>
- S.Adamchik, V. (2009). *Algorithmic Complexity*. Obtenido de Carnegie Mellon University: <https://www.cs.cmu.edu/~adamchik/15-121/lectures/Algorithmic%20Complexity/complexity.html>
- SecureWeek. (25 de Mayo de 2017). *Más de 3280 muertes anuales por Incendios en Estados Unidos según la NFPA*. Obtenido de SecureWeek: <https://www.secureweek.com/2017/05/25/14494/>
- Unity Technologies. (10 de Octubre de 2018). Obtenido de <https://docs.unity3d.com/Manual/OcclusionCulling.html>
- Yingkun , X., Lei , Q., Guorong , L., & Qingming , H. (13 de Febrero de 2014). *An efficient occlusion detection method to improve object trackers*. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/6738504>

ANEXOS

Anexo 1: Estadística de Emergencias atendidas a nivel nacional



CUERPO GENERAL DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERU
COMANDO NACIONAL

ESTADISTICA DE EMERGENCIAS ATENDIDAS A NIVEL NACIONAL TIPO DE EMERGENCIA - 2016

TIPO DE EMERGENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Incendios	1149	871	1010	805	820	869	1096	1194	534	0	0	0	8348
Fuga de gas licuado	564	474	507	415	438	477	451	454	294	0	0	0	4074
Emergencias medicas	6830	7330	7213	6915	6307	5639	6061	5903	4375	0	0	0	56573
Rescates	409	429	372	333	329	274	322	291	154	0	0	0	2913
Derrame de productos	15	13	14	10	7	20	21	13	4	0	0	0	117
Corto circuito	238	172	174	215	171	199	217	215	164	0	0	0	1765
Servicios especiales	583	663	513	570	634	689	794	658	253	0	0	0	5357
Accidentes vehiculares	1179	1159	1139	1075	1127	1055	1206	1094	614	0	0	0	9648
Falsa alarma	247	252	247	234	183	200	186	354	33	0	0	0	1936
Otros	174	223	174	202	195	162	199	148	10	0	0	0	1487
TOTAL	11388	11586	11363	10774	10211	9584	10553	10324	6435	0	0	0	92218

Estadísticas procesada el al %
FUENTE: CUERPO GENERAL DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERÚ

Fuente: Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú. Comando Nacional.

En el Perú, 9 de cada 10 emergencias atendidas por el cuerpo de bomberos, es un incendio en ambientes cerrados.

Anexo 2: Recolección de datos: Escala de observación

Instrumento de Recolección de Datos

Estas pruebas tienen el objetivo de medir el software, se realizarán pruebas de la codificación del software y también pruebas del funcionamiento para ser medido.

Procedemos a explicar las escalas de medición

ítem	Superado	Logrado	Deficiencia
Complejidad Algorítmica. (fnΘ)	Más de la fnΘ	Media de fnΘ	Menos de fnΘ
Oclusión.	Detecta en cualquier posición	Detecta en el centro de la imagen	No Detecta
Detección de objetos.	Detecta el objeto	Detecta con retraso	No Detecta
Punto de vista.	Detecta a cualquier distancia.	Detecta en distancia media	No Detecta

Eficiencia- Comportamiento	Detecta en menos de 4 segundos	Detecta entre 4 y 6 segundos.	Detecta en más de 6 Segundos
Funcionalidad- Exactitud	Detecta fuego e ignora objetos con el mismo color y forma.	Detecta Fuego	No Detecta

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla con escala de observación

ítem	Superado	Logrado	Deficiencia	Resultados
Complejidad Algorítmica (fn Θ)				
Oclusión (%)				
Detección de objetos. (%)				
Punto de vista (%)				
Eficiencia - Comportamiento en el tiempo				
Funcionalidad - Exactitud				

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 3: Recolección de datos: Entrevista

Instrumento de Recolección de Datos – Entrevista

Esta entrevista tiene el objetivo de profundizar en la realidad trujillana y ver las medidas de prevención y los sucesos fallidos.

Está Dirigida al jefe de la Compañía Salvadora de Bomberos de Trujillo.

ítem	Respuesta
¿Qué sucesos pueden salir mal en un incendio desprevenido?	
¿Cuánto tiempo tiene que transcurrir para que el incendio sea irreversible?	
En promedio ¿Cuánto es el tiempo de socorro de la compañía de bomberos de Trujillo?	
¿Son frecuentes los incendios a causa de fallas en aparatos estándar de medición de humo?	
¿Qué tiempo tienen las industrias para prevenir el incendio?	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 4: Recolección de datos: Cuadro de recolección de datos**Instrumento de Recolección de Datos**

Este cuadro de resultados tiene el objetivo de medir el software previamente antes de extraer resultados con pruebas en rangos establecidos.

Ítem	Superado
Tiempo de Respuesta a detección de objetos externos.	
Tiempo de Respuesta de Detección de objetos.	
Tiempo de Respuesta al Fuego.	
Tiempo de Eficiencia y Comportamiento en el tiempo, menor 1.5s	

Fuente: Elaboración Propia.