

Capítulo 1. Introducción

1.1 Introducción

Puebla es un estado con una gran diversidad forestal. Va de las regiones tropicales en la frontera con Veracruz, en la Sierra Norte, a las serranías del territorio de la Mixteca, en las colindancias con Oaxaca y Guerrero. Y pasa por los bosques templados en el entorno de sus volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Citlaltépetl, con algunos de los bosques más vistosos y mejor conservados en la república mexicana, con experiencias de organización para la producción forestal de gran importancia, como las que se encuentran en la región serrana de Chignahuapan, y con experiencias de desarrollo ecológico de gran interés. Las siguientes imágenes muestran la distribución de la superficie del estado de Puebla:

Distribución de la superficie del Estado de Puebla.

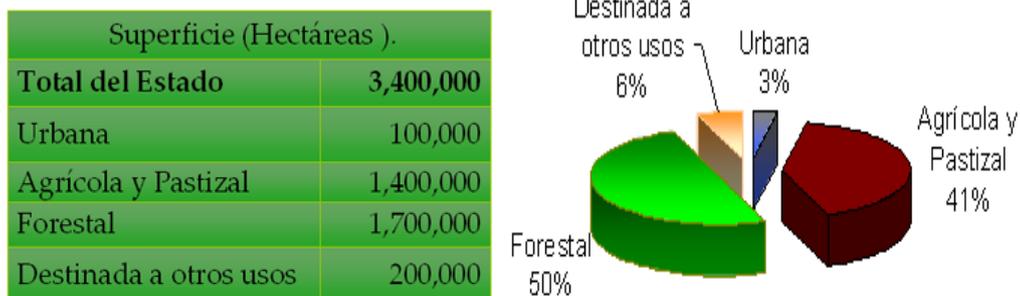


Figura 1.1 Distribución de la Superficie del Estado de Puebla

Como se observa el territorio es 50% bosques, lo cual advierte de la importancia de mantenerlos conservados ya que es una riqueza primordial en el Estado. Ese 50% se encuentra a su vez dividido en zonas: árida, arbolada perturbada y arbolada como se muestra a continuación:



Figura 1.2 Tipos de bosques [1].

Los principales problemas relacionados con la foresta en el estado de Puebla son los siguientes:

- *Tala Clandestina:*

Tabla 1.1 Tala clandestina

Problema	Principales Causas	Efecto	Programas y acciones
Tala clandestina	Falta de programas de manejo forestal. Problemas de tenencia de tierra. Exceso de demanda de madera. Desconocimiento de la ley. Problemas sociales y económicos	Degradación de los bosques y disminución de la cubierta vegetal	-Programa para el desarrollo forestal. -Áreas naturales protegidas

- *Cambios de uso de suelo:*

Tabla 1.2 Cambios de uso de suelo

Problema	Principales Causas	Efecto	Programas y acciones
Cambios de uso de suelo	Falta de opciones productivas. Edificación de obras. Costos de restauración. Crecimiento de frontera agrícola	Disminución de la cubierta vegetal. Pérdida de biodiversidad y degradación del suelo	Planeación. Organización. Productividad y competitividad forestal. Restauración forestal. Control de la erosión. Especies comerciales

- *Sobrepastoreo¹ en áreas forestales con regeneración y reforestación:*

Tabla 1.3 Sobrepastoreo

Problema	Principales Causas	Efecto	Programas y acciones
Sobrepastoreo en áreas forestales con regeneración y reforestación	Desarrollo de la actividad ganadera sin control	Deterioro de la vegetación forestal. Incendios forestales. Proliferación de plagas y enfermedades	Restauración forestal

- *Incidencia de plagas forestales y enfermedades en las masas forestales:*

Tabla 1.4 Plagas y enfermedades forestales

Problema	Principales Causas	Efecto	Programas y acciones
Incidencia de plagas forestales y enfermedades en las masas forestales	Falta de cultura forestal entre los dueños	Deterioro y pérdida de la masa forestal	Establecimiento de especies comerciales y protección forestal. Prevención y combate de incendios. Manejo del fuego.

-*Ocurrencia de incendios forestales:*

Principales causas:

- Actividades agrícolas.
- Actividades pecuarias.

Efecto:

- Perturbación y deterioro de la cubierta vegetal.

¹ Sobrepastoreo: Se refiere a un exceso en las actividades pecuarias en un terreno, que provoca la desaparición de la vegetación e impide el crecimiento de las plantas, de modo que se pierde la capacidad de renovación del terreno

Estrategias:

- Cultura del manejo del fuego en actividades agrícolas y pecuarias.
- Combate oportuno de incendios forestales.

Programas y principales acciones.

Incendios forestales, capacitación y combate de incendios forestales. [1]

De acuerdo a información proporcionada por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SMRN, los incendios forestales son un problema que persiste y que es difícil de erradicar. Sin embargo, sí es posible reducirlos en gran medida. Los esfuerzos realizados por el Gobierno del Estado de Puebla para dicho fin son notorios.

De los cinco problemas mencionados anteriormente, el de los incendios forestales es el que se tomará en cuenta para la realización del siguiente trabajo.

1.2 Incidencia de incendios forestales en el Estado de Puebla

A causa de determinados factores, los incendios forestales han ido gradualmente en aumento durante los últimos años. Ahora se presentan con mayor frecuencia e intensidad. Por esto, es de vital importancia contar con un sistema que ayude a detectarlos de alguna manera más funcional que las existentes hasta ahora.

En el estado de Puebla se presentaron un total de 345 incendios forestales en 2006, siendo afectada una superficie de 3273 hectáreas. Y teniendo un promedio por cada incendio de 9.49 hectáreas afectadas. Para combatir estos incendios se cuenta únicamente con siete brigadas especializadas [2].

En el estado existe un sistema de monitoreo de incendios. Se cuenta con cámaras IP (abreviación para *Internet Protocol*) que permiten observar distintos puntos del estado simultáneamente desde un punto estratégico ubicado en el parque ecológico Flor del Bosque que pertenece al Gobierno del Estado de Puebla [2].

Dichas cámaras permiten detectar los incendios y actuar más rápidamente en el sofocamiento de los mismos; sin embargo, el sistema actual aún supone que una persona esté monitoreando todas las cámaras y en el momento en que se observe la existencia de un incendio se dé oportuno aviso a quien corresponda para enviar las brigadas correspondientes al punto del siniestro.

Si existieran incendios simultáneamente (lo cual es más probable en verano y actualmente con el calentamiento del planeta), una sola persona sería incapaz de avisar de todos los eventos que se produjeran y de proporcionar su localización. También es posible que no haya una persona en el centro de monitoreo, perdiéndose la posibilidad de tener la información en el momento preciso. Existen otros aspectos que interfieren en el combate a los incendios, como lo es la escasez de brigadas o de equipo necesario en campo para combatirlo. Sin embargo, es posible comenzar por optimizar el sistema para que éste tenga un funcionamiento más eficaz.

El sistema de cámaras mencionado es ya un gran apoyo para el combate de incendios en comparación con la forma más básica de detectarlos, la cual consiste en un grupo de guardabosques que vigilen determinada área del bosque desde torres ubicadas en zonas estratégicas. Dicha práctica no es buena ya que

las extensiones de bosque generalmente son muy grandes y este método no es satisfactorio [3].

Si además de detectar un incendio, se tuviera la capacidad de localizarlo, el problema sería disminuido. El término “localizarlo” se refiere a proporcionar la posición aproximada del incendio tomando como referencia la posición donde se encuentra fija la cámara, la distancia desde la lente hasta el incendio, el ángulo de giro de la cámara (cuántos grados se mueve hacia la izquierda o a la derecha) y el ángulo de subida de la misma (cuántos grados se mueve hacia arriba o hacia abajo), todo de una manera automatizada en la que ya no existiera la necesidad de una persona al pendiente de las pantallas correspondientes a cada cámara continuamente, ahorrando así tiempo, trabajo y dinero.

Las cámaras con que cuenta la SMRN en Puebla son capaces de realizar movimientos de *pan* y *tilt*, así como de hacer *zoom*. Son cámaras marca “Pelco” modelo “*ESPRIT ES30CBW24*”, que incluyen ajustes manuales mediante *joysticks* de control con movimientos horizontales de 360° de rotación continua y movimientos verticales de +33° a -83° desde la horizontal [2,4].

1.3 Justificación del proyecto

El proyecto de esta tesis consistió en localizar objetos, pues se busca que más adelante se pueda agregar la capacidad de localización a un trabajo que actualmente se realiza para la detección automática de incendios. El Ingeniero Otto Joel Paz Luna, estudiante de maestría en Ingeniería en Electrónica de la Universidad De las Américas – Puebla, se encuentra trabajando en un proyecto

("Detección de Incendios Forestales a Partir de Video Utilizando *Wavelets*") para detectar columnas de humo, para reconocer la presencia de un incendio [3]. A grandes rasgos, el sistema de detección automática funciona de la siguiente manera:

Se utilizan las cámaras de la SMRN para monitorear periódicamente la señal de video proveniente de una de ellas. Se usa un bloque de muestreo donde se capturan diversas imágenes estáticas. Dichas muestras pasan a una etapa de pre-procesamiento de imágenes con el fin de mejorar las imágenes originales y eliminar cualquier ruido en las mismas, lo cual, en conjunto, será útil para que el algoritmo de detección mejore su desempeño. El trabajo utilizará *wavelets*² para hacer la detección de patrones, elementos o indicadores que permiten alertar sobre un incendio. Una alarma se activará cuando el fuego sea detectado. Se recomienda la lectura de dicho proyecto para el mejor entendimiento de la idea planteada [3]. En la Figura 1.3 se muestra un diagrama del sistema de detección de incendios a partir de video.

En la tesis escrita a continuación se pretende localizar un incendio suponiendo que ya es posible detectar una columna de humo. Y como se mencionó, localizar se refiere principalmente a la medición de la distancia del incendio a la lente de la cámara que lo esté observando.

² Wavelet: ondícula. La Transformada Wavelet representa una señal en términos de versiones trasladadas y dilatadas de una onda finita (denominada wavelet madre).

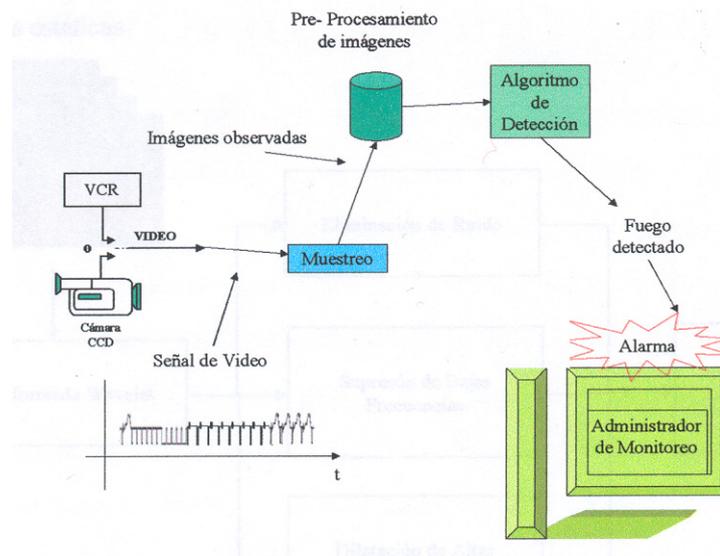


Figura 1.3 Sistema de detección de incendios con video

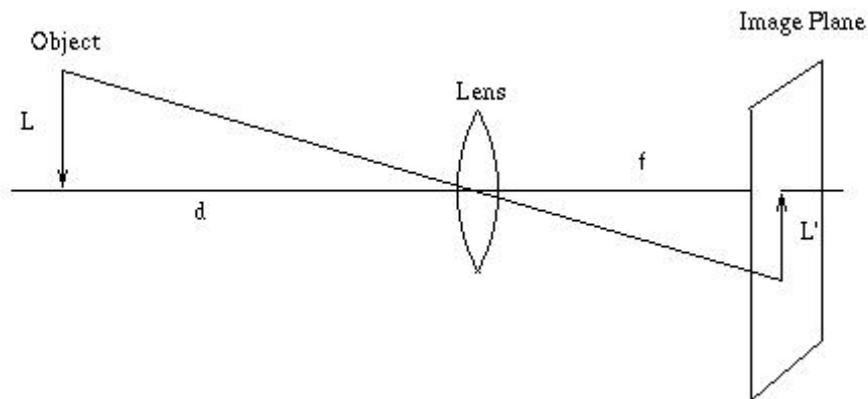
Sabiendo que el trabajo para la detección de incendios se encuentra en proceso y/o fase de terminación, entonces se realizó un algoritmo, el cual no se aplica específicamente para detectar un incendio o columna de humo, sino para encontrar la posición de un objeto fácil de detectar y extraer de una imagen. Más adelante se darán a conocer los detalles del objeto, se explicará cómo se realizó la detección del mismo y la medición de su distancia con respecto de la lente. Esto es diferente de realizar el experimento con una columna de humo, pero el proceso a seguir es similar.

1.4 Planteamiento del problema

El objetivo principal es determinar la distancia de un objeto con respecto a una cámara. Se tomarán en cuenta dos casos importantes en los que se puede determinar la distancia mediante cámaras. El primer caso es el correspondiente a la toma de una imagen con una sola cámara. El segundo caso, cuando el objeto de interés es visualizado por dos o más cámaras.

Caso 1: Captura del objeto de interés con una sola cámara

Cuando se toma una imagen de un objeto con una cámara, la distancia del objeto en la imagen con respecto a la lente (profundidad) no se conoce, al menos mientras no sea medida físicamente [5]; sin embargo, el principio básico de formación de una imagen virtual sostiene que la distancia real de los objetos con respecto a la cámara existe implícitamente cuando el tamaño de los mismos es conocido. Este principio se ilustra en la Figura 1.4.



En la figura, f es la distancia de la lente al plano de imagen³, d es la distancia de la lente al objeto, L' es el tamaño del objeto proyectado en el plano de imagen y L es el tamaño real del objeto [6]. Esta figura muestra el principio de formación de una imagen virtual⁴ hecha por una lente. Ésta es una de las leyes más comunes en ciencia óptica y nos dice que la distancia del objeto a la lente determina directamente el tamaño de la imagen virtual en el plano de imagen, ya

³ Plano de Imagen: Se refiere a la pantalla interior de una cámara, donde se forma la imagen después de pasar por el lente.

⁴ Imagen Virtual: Se refiere a la escena proyectada en el plano de imagen.

que el tamaño real del objeto es conocido y es constante y la distancia entre la lente y el plano de imagen se conoce una vez que se saben los parámetros de la cámara⁵ que se está utilizando [7]. De acuerdo a la fórmula óptica:

$$\frac{L'}{f} = \frac{L}{d} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

despejando d :

$$d = \frac{L}{L'} f \quad \text{Ecuación 1.2}$$

entonces se observa que la distancia d es inversamente proporcional al tamaño de la imagen virtual L' .

A partir de la información que se tiene con esta definición, la tarea que se propone es calcular el tamaño virtual⁶ del objeto y el factor de proporción correspondiente. Si se conocen el tamaño real del objeto, la distancia de la lente al plano de imagen y el tamaño de la imagen virtual formada en el plano de imagen, entonces es posible calcular por medio de la ecuación 1.2 la distancia real d que existe de la lente al objeto.

La descripción de la realización del algoritmo para medir la distancia de un objeto con respecto a una cámara se dividirá en los siguientes capítulos: El Capítulo 3 explica la obtención de los parámetros de la cámara y el Capítulo 4

⁵ Parámetros de la Cámara: Son las características internas y externas de la cámara, que definen cómo ésta proyecta las imágenes.

⁶ Tamaño Virtual del Objeto: Corresponde al tamaño que ocupa el objeto dentro de una imagen, siendo el píxel la unidad de medida convencional.

explica como se calcula el tamaño del objeto virtual en el plano de imagen y la distancia real del objeto a la cámara.

Caso 2: Toma del objeto de interés con dos cámaras

Cuando un objeto es captado por dos cámaras ubicadas en diferentes posiciones (A y B), entonces es posible saber la distancia que existe entre dicho objeto (C) y cualquiera de ambas cámaras (distancias CA ó CB) o la distancia de la línea que parte del objeto hacia la línea que une ambas cámaras (distancia CR) por medio de una serie de cálculos trigonométricos. Las distancias mencionadas anteriormente pueden identificarse en la Figura 1.5

Este segundo caso es más sencillo de realizar que el primero. Al implementar el algoritmo de detección de distancia, es más recomendable primero usar el método de localización de un objeto mediante dos cámaras (ya que es teóricamente más preciso) y como opción restante, el método en el que sólo es detectado por una de éstas.

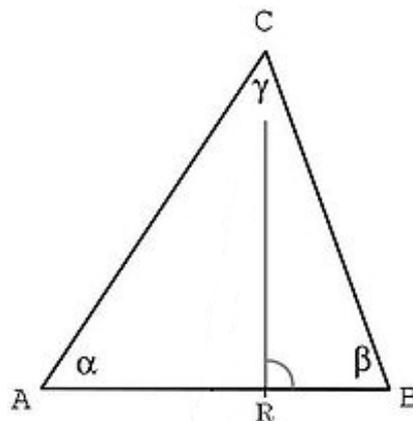


Figura 1.5 Triangulación para calcular distancias

1.5 Alcances y limitaciones

El presente proyecto tiene como fin presentar los principios de la localización de objetos a partir de imágenes estáticas o video para que en un trabajo futuro se pueda integrar al sistema de detección de incendios que se realiza actualmente.

Los métodos que se proponen sirven para detectar un objeto y calcular la distancia de este con respecto a la lente; sin embargo, no se hacen experimentos con columnas de humo, sino con objetos fáciles de extraer de imágenes. Se hace énfasis en la medición de distancias y no en la parte de detección de columnas de humo correspondiente a otro trabajo de tesis.

El objeto que se usa para las pruebas del algoritmo tiene una forma regular; sin embargo, una columna de humo no tiene un tamaño conocido (no exacta y precisamente) y ésta es una de las limitantes de este trabajo. Se propone, para extender el proyecto, una investigación de las incidencias de incendios en el estado de Puebla para ver si es posible realizar un estudio para estimar el diámetro promedio de una columna de humo.

Para tener mayor disponibilidad de tiempo y de equipo, se trabajó con una cámara propia, de diferentes características a las de la SMRN, pero sabiendo que el principio de funcionamiento de las lentes es el mismo.

El presente trabajo probará que es posible medir la distancia de una cámara hacia un objeto conocido, en el caso de una sola cámara que lo detecta, o la distancia del objeto hacia diversas cámaras, si es el caso en que dos o más

cámaras lo detectan. Acoplar el proyecto del Ingeniero Paz Luna con el presente será un trabajo a futuro, para tener, así, un sistema capaz de detectar incendios y de mostrar su localización aproximada automáticamente para ayudar en gran medida a las brigadas antiincendios.

Cabe mencionar que al tener un sistema capaz de medir una distancia entonces este puede tener otras aplicaciones. En el Capítulo 7 se mencionarán algunas de estas posibles aplicaciones.

1.6 Otros métodos posibles de medición de distancia usando cámaras

Además de los dos métodos que se plantean en esta tesis para detectar una distancia con ayuda de cámaras, existen otras técnicas dedicadas al mismo fin. Entre la investigación que se hizo se encontraron algunas que pueden ser del interés del lector para otras aplicaciones. La mayoría de estas técnicas tienen que ver con el uso de la geometría proyectiva, la cual puede ser entendida como la geometría que se obtiene al colocarse una persona en un punto, mirando desde ese punto; en otras palabras, cualquier línea que incide en el ojo parece ser sólo un punto en el plano proyectivo, ya que el ojo no puede ver los puntos que hay detrás. De esta forma, la geometría proyectiva también equivale a la proyección sobre un plano de un subconjunto del espacio en la geometría euclidiana tridimensional. Las rectas que salen del ojo del observador se proyectan sobre puntos. Los planos definidos por cada par de ellas se proyectan sobre rectas. Para un estudio a fondo del tema se recomienda leer la parte correspondiente en el libro *Multiple View Geometry in Computer Vision*, de Richard Hartley y Andrew Zisserman [11].

Entre los trabajos más importantes se encuentran los que usan formas geométricas dentro de las imágenes para poder medir distancias; formas como líneas o círculos [27, 28, 29, 30]. Se recomienda buscar en Internet el trabajo de Antonio Criminisi, en caso de que exista interés en trabajar en algún proyecto con métodos similares.

En la presente tesis se decidió no trabajar con estos métodos ya que, como se menciona, necesitan formas geométricas bien definidas en la fotografía para poder realizar el análisis, y al pensar en un ambiente boscoso no se encuentran líneas ni círculos bien conocidos, por lo que estas técnicas son más aplicables a entornos con construcciones.

Otro método posible pudo haber sido el uso de estereovisión⁷, que podría llegar a confundirse un poco con la triangulación, pero en realidad en la triangulación no se procesan imágenes, sólo se hacen mediciones, mientras que con la estereovisión si ocurre un procesamiento [31]. Otra idea en la que se había pensado es el uso de espectrometría⁸, sin embargo, esta técnica no es aplicable en este trabajo, debido a que no es posible de implementar con una cámara y de que su uso está pensado para distancias extremadamente grandes, como las distancias entre estrellas [34].

Algunos otros métodos son el uso de un láser que rebota en un objeto y regresa al punto de origen midiendo la velocidad de retorno, métodos de enfoque

⁷ Estereovisión: En visión por computadora, es el uso de dos cámaras al tomar fotos de la misma escena desde diferentes puntos para simular el funcionamiento del ojo humano y obtener información de la escena.

⁸ Espectrometría: A grandes rasgos, es una técnica mediante la cual se puede analizar la materia que emite la luz que llega de un cuerpo. El instrumento que la realiza se denomina espectrómetro o espectrógrafo.

de la cámara, métodos con uso de zoom, etcétera. Sin embargo, no se experimentó de estas formas por cuestiones de tiempo.

1.7 Organización del resto del trabajo

Los capítulos restantes de la tesis están organizados de la manera siguiente:

El Capítulo 2 presenta principios teóricos para el procesamiento de imágenes que serán de utilidad para tener claros conceptos que serán utilizados en los capítulos siguientes a éste. El Capítulo 3 explica cómo se calibra una cámara, es decir, cómo se obtienen sus parámetros, así como el procedimiento para llegar a la obtención de la distancia focal de una cámara en específico. En el Capítulo 4 se ve paso a paso el procesamiento de una imagen que lleva a calcular el tamaño virtual de un objeto y consecuentemente, medir la distancia entre dicho objeto y la lente de la cámara. El Capítulo 6 introduce el uso de la ley de los senos para el cálculo de distancias y en éste se propone una técnica que se puede usar con las cámaras.

Por último, los Capítulos 6 y 7, muestran los resultados obtenidos después de las pruebas y las conclusiones a las que se llega, así como algunas aplicaciones opcionales para el algoritmo y recomendaciones de trabajo a futuro.