

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APOYO AL DIAGNÓSTICO OPORTUNO DE RETINOPATÍA DIABÉTICA

Ing. Eduardo Bernal Catalán¹, M.T.I. Rafael Hernández Reyna²,
Dr. José Antonio Montero Valverde³ y Dr. Eduardo de la Cruz Gámez⁴

Resumen—En este artículo se muestra una propuesta de desarrollo de una herramienta hardware-software para la adquisición y tratamiento de imágenes de la retina la cual a partir de fotografías tomadas del árbol vascular del ojo permita realizar el procesamiento de imágenes para obtener un diagnóstico sobre la presencia de Retinopatía Diabética.

Palabras clave—Procesamiento de Imágenes, Visión Artificial, Retinopatía Diabética, Adquisición de imagen, Asequible.

Introducción

La oftalmología es, seguramente, la primera especialidad médico-quirúrgica en constituirse como tal; no es de extrañar que para 1876 se decidiera crear en la Ciudad de México una institución especializada en Oftalmología; de hecho, ya había algunos “consultorios” dedicados a la Especialidad. Desde 1804 se había fundado en Londres el primer hospital de la Especialidad y el mismo año otro en San Petersburgo; había uno más en *Philadelphia*, e incluso a mediados del siglo se había llevado a cabo el primer congreso internacional de la Especialidad, en Bélgica. En la era del México prehispánico y en la Nueva España, se realizaban cirugías oculares. En 1816, el Dr. José Miguel Muñoz, fundador de la oftalmología mexicana, describía al virrey la presentación que hizo ante la Real Escuela de Cirugía de un banquillo especialmente diseñado para operar cataratas (Neri-Vela, 2000).

El Hospital de la Luz además de ser el más antiguo de la Especialidad en México, es también el primero en América Latina y el segundo en el Continente; actualmente sigue su trayectoria sobresaliente, a los 126 años de su fundación y cuenta con el instrumental y equipo más modernos. En el 2001 se dieron 127,579 consultas (53,094 de primera vez) se practicaron 12,947 procedimientos quirúrgicos convencionales y con láser (Alcázar, 2002).

El Instituto Estatal de Oftalmología (I.E.O.) antes llamado Centro Estatal de Oftalmología (C.E.O), Es un organismo público de bienestar social creado en 1992 por el gobierno del Estado de Guerrero con el objeto de prestar todos los servicios tendientes a prevenir, curar y controlar los padecimientos oculares en el Estado de Guerrero.

Actualmente hay más de 422 millones de personas en todo el mundo que padecen diabetes. El 28.5% de ellos sufren de retinopatía diabética. El 50% de los diabéticos desconocen el riesgo de perder la visión. La prevalencia de la diabetes está aumentando debido a la mayor sobrevida y el cambio en el estilo de vida de la población, llegando incluso a desarrollar a más del 10% en algunos países. Después de 20 años, el 90% de los casos de diabetes tipo 1 y el 60% del tipo 2, tendrían alguna forma de retinopatía y de ellas, el 5% requerirá de tratamiento para evitar una ceguera irreversible. La retinopatía diabética es la tercera causa de ceguera irreversible en el mundo, pero la primera en personas de edad productiva (16 a 64 años) en países en vías de desarrollo, generando grandes pérdidas económicas. El riesgo de pérdida visual y ceguera se reduce con un control metabólico estable, una detección oportuna y un tratamiento adecuado. Un examen periódico y el tratamiento de retinopatía no eliminan todos los casos de pérdida visual, pero reduce considerablemente el número de pacientes ciegos por esta patología. No afecta la visión hasta etapas muy tardías, por lo cual, es necesaria la educación temprana del paciente para no descuidar sus controles sanitarios, promoviendo así la cultura del autocuidado evitando con ello alteraciones irreversibles que llevan a la ceguera.

La retinopatía diabética es una complicación visual que se presenta en pacientes con diabetes, teniendo un 43.6% de presencia en la población mundial, y en México se calcula en un 31.5% de los habitantes. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del 2012, mostró que la disminución de la visión y daño a la retina son los padecimientos más comunes a largo plazo en personas con diabetes mellitus. De acuerdo con la OMS (Organización Mundial de la Salud) el 80% de los casos de discapacidad visual a nivel mundial pueden evitarse o curarse, pero para ello es importante

¹ Ing. Eduardo Bernal Catalán es estudiante de Maestría en Sistemas Computacionales en un programa PNPC en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Acapulco, ebcatalan18@gmail.com (autor corresponsal).

² M.T.I. Rafael Hernández Reyna es docente de Maestría en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Acapulco, rafaelhernandez.reyna@gmail.com

³ Dr. José Antonio Montero Valverde es docente de Maestría en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Acapulco, jamontero1@infinitummail.com

⁴ Dr. Eduardo de la Cruz Gámez es jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación y docente de Maestría en Sistemas Computacional del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Acapulco, gameduardo@yahoo.com

promover el acudir con un oftalmólogo al menos una vez al año para su detección temprana y realizar el tratamiento pertinente para evitar la evolución de la enfermedad y prevenir la ceguera.

Objetivo general

El objetivo principal que se pretende lograr con la presente propuesta consiste en desarrollar un sistema asequible para la obtención de imágenes de la retina y su análisis mediante procesamiento de imagen que permita obtener un diagnóstico sobre la presencia de micro aneurismas que representen la existencia de retinopatía diabética en los pacientes del Instituto Estatal de Oftalmología, en la ciudad de Acapulco, Guerrero.

Procesamiento de imagen

La historia del **procesamiento de imágenes (PDI)** está directamente relacionada con la evolución de las computadoras, debido a que el PDI requiere de un alto poder computacional para almacenar y procesar imágenes. Es a partir de los años 60's cuando las computadoras pudieron ser capaces de realizar tareas de procesamiento. El PDI se entiende como el almacenamiento y representación de información de imágenes digitales mediante una computadora. La imagen se refiere a una **función bidimensional** de intensidad de luz $f(x,y)$ donde x e y representan las coordenadas espaciales y el valor de f en cualquier punto es proporcional al brillo de la imagen en ese punto. El procesamiento digital de imágenes se realiza a partir de la división de la imagen en un arreglo rectangular de elementos en el que cada elemento de la imagen dividida se le conoce como **pixel** al cual se le asigna un valor numérico según sea tu color, luminosidad, intensidad, etc. El PDI tiene que ver con la adquisición, transmisión, procesamiento y representación de imágenes mediante técnicas que se utilizan para mejorar la percepción visual de las imágenes para la computadora y así detectar zonas de alto interés y obtención de información. El paradigma del PDI suele clasificar los tipos de procesamientos computarizados en tres categorías: bajo, medio y alto. Los procesos de nivel bajo incluyen la reducción de ruido, realce de contraste y en general, al realce de características de la imagen, en este caso la entrada y salida es una imagen. Los procesos de nivel medio incluyen segmentación, descripción de objetos, clasificación, etc. La entrada es una imagen y la salida son los objetos obtenidos como bordes, contornos e identidades de objetos individuales. Por último, los de nivel alto involucran darle sentido al conjunto de objetos encontrados mediante el análisis de la imagen y realizar así las funciones cognitivas asociadas con la visión. (A. Van Der BILT, 2011)

Etapas de un proceso de visión artificial

La **visión artificial** conlleva una enorme cantidad de conceptos relacionados tanto con hardware como con software, que tienen unos pasos estructurales para llevar a cabo una tarea de visión artificial. El primer paso consta en la **adquisición de la imagen digital**, se necesitan sensores y la capacidad de digitalizar la señal producida por el sensor, que podemos realizar mediante una cámara digital. Una vez adquirida la imagen, el siguiente paso consiste en el **preprocesamiento** de dicha imagen con el objetivo de mejorar la imagen de forma que el objetivo tenga mayor posibilidad de ser encontrado con éxito. El paso siguiente es la **segmentación** que tiene como objetivo dividir la imagen en las partes que la constituyen, una buena segmentación facilitara mucho la solución del problema, pero una segmentación errónea puede alejarnos del resultado deseado. La salida del proceso de segmentación es una imagen que contiene los datos que serán traducidos en una imagen con representación por regiones, centrándose en las propiedades internas como la textura o el esqueleto. El siguiente paso es la **extracción de rasgos de interés**, que recibe el nombre de **parametrización**. La parametrización se dedica a extraer rasgos que producen alguna información cuantitativa de interés o rasgos que son básicos para diferenciar una clase de objetos de otra. En último lugar se encuentra el **reconocimiento y la interpretación**. El **reconocimiento** asigna una etiqueta a un objeto que concuerde con la información que proporciona la clasificación y la interpretación le da el significado al conjunto de objetos reconocidos.

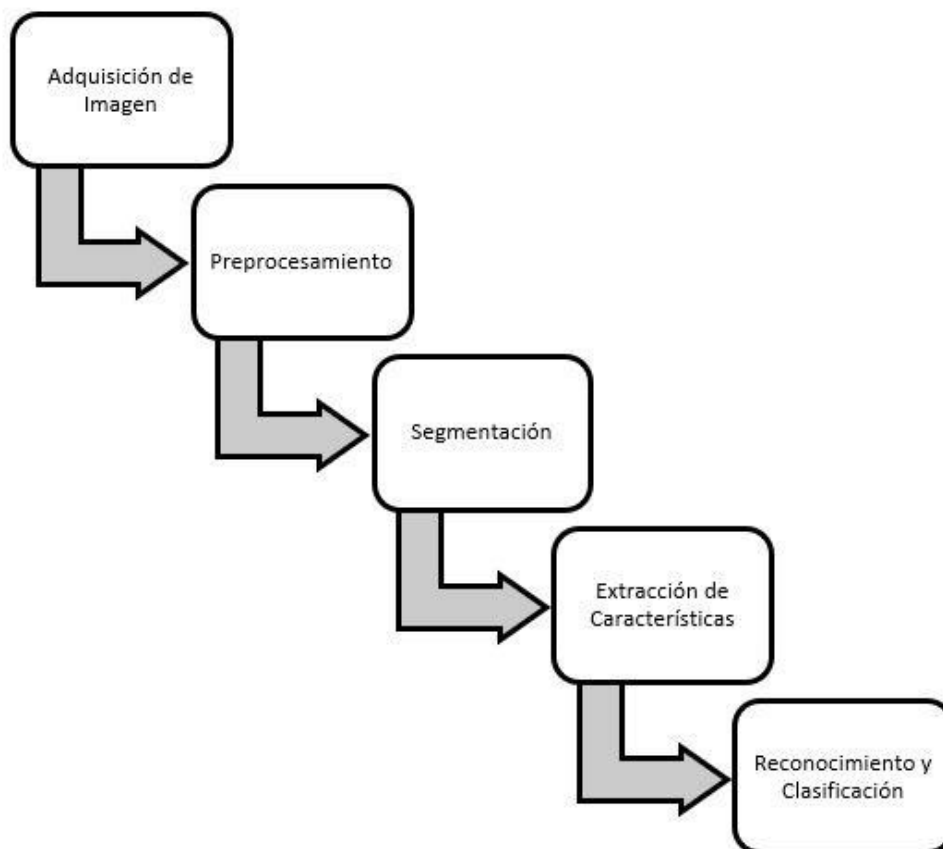


Figura 1. Diagrama de bloques de las etapas de un sistema de visión artificial.

Adquisición de imágenes

La visión artificial se asocia con conceptos relacionados con hardware y software, en este paso el objetivo es adquirir la imagen digital de la escena. Para ello se requiere de sensores y la capacidad para digitalizar la señal producida por el sensor. Una correcta adquisición de la imagen es importante para la obtención de información correcta. Existen dos métodos de obtención de imagen que se clasifican en dos grupos:

- **El sistema hardware de visión artificial:** cámara, óptica, tarjeta de adquisición de imagen, ordenador y software.
- **El entorno y posicionamiento de los elementos:** la iluminación, el fondo, posición correcta de la cámara, ruido eléctrico-óptico externo, etc.

Preprocesado

El preprocesado es la etapa en la que se pretende reparar la imagen obtenida en la adquisición que puede contener desperfectos producidos o no eliminados por el hardware de captura. Toda imagen que se obtiene por medios ópticos, electroópticos o electrónicos lleva en cierta medida los defectos de degradación que se presentan en forma de **ruido**, pérdida de definición y fidelidad de imagen. La **degradación** es provocada por el ruido de los sensores de captura, imprecisiones de enfoque de la cámara, movimiento o perturbaciones aleatorias. En un proceso de visión artificial se hace uso de algunos algoritmos con la intención de mejorar ciertas características de la imagen como mejorar el contraste, brillo, niveles de grises, eliminar brillos, resaltar bordes de formas, mejorar texturas, etc. A estas operaciones se les denomina **operaciones de mejora de imagen**.

Segmentación

La etapa de segmentación suele ser la parte más complicada de todo el proceso ya que consiste en dividir y diferenciar zonas disjuntas o individualizadas de la imagen. Es decir, **identificar y diferenciar los diversos objetos y donde se encuentran**.

Esta etapa es crucial para el **reconocimiento de formas**, que puede ser compleja o simplificada dependiendo según sea la escena. Esta sección cuenta con técnicas de segmentación que se utilizarán dependiendo cual sea el objetivo por identificar. Se puede llegar a la conclusión de que la etapa de segmentación es verdaderamente la etapa de reconocimiento dado a que el resultado de esta etapa es tener los objetos perfectamente ubicados e identificados en la escena.

Extracción de características

Es una de las partes que trabajan en la segmentación con el propósito de analizar los parámetros obtenidos para definir las características de cada objeto: **forma, textura, color, orientación, etc.** De todos los **parámetros**, habrá que seleccionar los que puedan obtener a aquellas formas que tengan las siguientes características:

- **Ser Discriminantes:** es decir, que diferencie y sepa distinguir entre objetos de diferentes clases o familias con otras.
- **Ser independientes entre sí:** es decir, que cada objeto no se relacione con otro, de forma que si uno cambia o se altera los demás no varíen por culpa de este.
- **Ser suficientes:** tienen que ser aptos para delimitar la pertenencia de un objeto a una clase o familia determinada.

Reconocimiento y Clasificación

Se realiza la selección de objetos que nos interesan y la interpretación de la presencia de esos objetos, asignándoles una etiqueta según sean las características que concuerden con los datos obtenidos en la extracción de características y su significado.

Dispositivo para la adquisición de imagen

Para el desarrollo completo de un sistema de visión artificial damos inicio con la etapa de adquisición de imagen que será nuestro punto de partida para la obtención de un diagnóstico de **Retinopatía Diabética (RD)**. La imagen que se pretende obtener es una fotografía del fondo del ojo que nos permita explorar el árbol vascular de la retina y buscar indicios de patologías propias de la retinopatía diabética. El dispositivo por desarrollar se le denomina **Retinógrafo u Oftalmoscopio** que sea capaz de obtener y almacenar las retinografías como primer paso del proceso completo.

Componentes

El dispositivo será programado en una **placa base reducida** que permita realizar las tareas de obtención de imágenes y administración de estas, agregando componentes necesarios como **cámara infrarroja** para observar el fondo del ojo con claridad, una **pantalla táctil** para la manipulación del software instalado y permita una amplia vista que no sea invasiva en medida del tamaño del dispositivo. Para maximizar la imagen se utilizará un **lente de 20 dioptrías** que es ocupado para la realización manual de un examen, ubicado entre el sensor de captura y el ojo del paciente. Para el almacenamiento de imágenes y del sistema operativo se ocupará una memoria **microSD** que pueda ser extraíble.

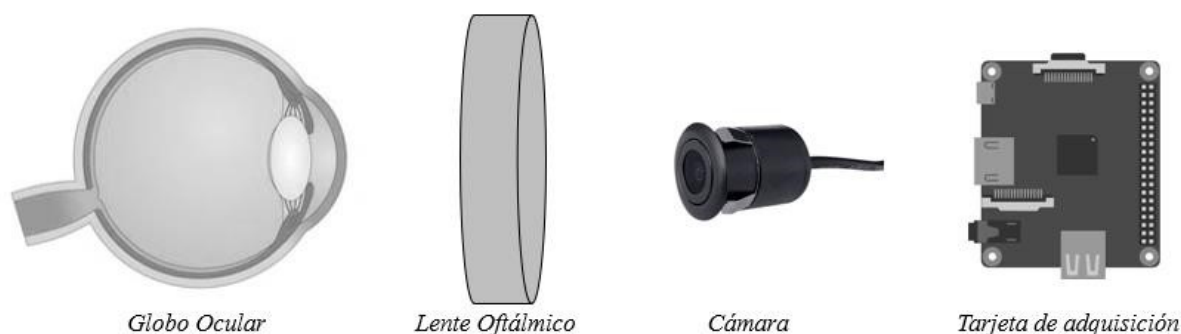


Figura 2. Diagrama de componentes.

Cuerpo

El cuerpo de este dispositivo será creado mediante la **impresión 3D** por su bajo costo, utilizando como material principal **plástico PLA**, que es un filamento biodegradable y no emite gases nocivos.

Comentarios Finales

Conclusiones

En este artículo, se presentó un análisis exploratorio en el que se describen las etapas de un sistema de visión artificial para el desarrollo de un sistema de apoyo al diagnóstico de retinopatía diabética, haciendo énfasis en la propuesta de desarrollo de un dispositivo con el cual se obtendrían retinografías de buena calidad, mencionando cada uno de los componentes que lo forman.

Trabajos a futuro

Este artículo forma parte de una serie de trabajos siendo éste el primero, donde los trabajos a futuro pueden abordar el diseño del sistema propuesto, por ejemplo, las fases del procesamiento de imágenes obtenidas con el hardware para la identificación y obtención de objetos e interpretación de la información, mostrar el desarrollo del dispositivo y la estructura para el funcionamiento en conjunto de sus componentes.

Referencias

- A. Van Der BILT, C. M. (2011). *Digital image processing versus visual assessment of chewed two-colour wax in mixing ability tests*. Utrecht, Holanda.
- Alcazar, J. L. (2002). El primer hospital oftalmológico de México. *Cirugías y Cirujanos*, 70, 127.
- Marcos, A. G. (2006). *Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial*. España.
- Neri-Vela, R. (2000). Desarrollo histórico de la terapéutica quirúrgica de las cataratas. *Revista Mexicana de Oftalmología*, 74, 295-301.