

## REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE DEFORMACIONES EN LA CÓRNEA UTILIZANDO DISCOS DE PLÁCIDO Y REALIDAD VIRTUAL

**Javier Maldonado Romo**

*Instituto Politécnico Nacional-CIDETEC*

*javier.mr.21@gmail.com*

**Israel Rivera Zárate**

*Instituto Politécnico Nacional-CIDETEC*

*irivera@ipn.mx*

**Miguel Hernández Bolaños**

*Instituto Politécnico Nacional-CIDETEC*

*mbolanos@ipn.mx*

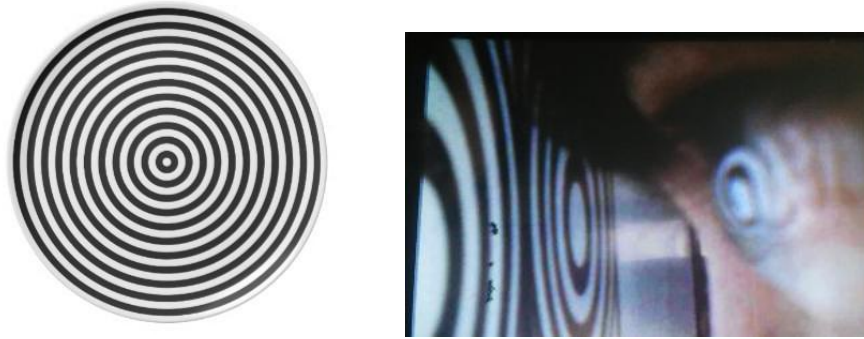
### **I. Introducción**

Los ojos de los seres humanos sufren cambios al igual que el resto del cuerpo, recientemente la incidencia de deformaciones presentes en los ojos se ha visto incrementada; considerándose la causa principal la exposición prolongada a pantallas pequeñas en cortas distancias como ocurre en el uso de teléfonos móviles por ejemplo. Entre las deformaciones más comunes se encuentran la miopía y el astigmatismo.

Se sabe que la mayoría de la población no acude con un oftalmólogo que es el especialista en el estudio de los ojos, sino que prefiere adquirir lentes de bajo presupuesto que obtienen en lugares no oficiales, adicionalmente los especialistas carecen de equipos que permitan brindar un diagnóstico y tratamiento adecuados y precisos. Dada la naturaleza de este problema se plantea una propuesta que permita evaluar las posibles deformaciones de la córnea mediante el empleo de los discos de plácido y la realidad virtual.

Los discos de plácido como podemos ver en la siguiente figura son un grupo de círculos concéntricos en los que se intercalan un círculo de color negro con un círculo de color blanco; entre más círculos concéntricos el estudio tendrá una reconstrucción más definida de la córnea ya que se busca la distorsión observable en la imagen reflejada en cada una de las córneas de los pacientes.

La imagen reflejada se fotografía y digitaliza para posteriormente ser analizada. Mediante el estudio de cada curvatura de los discos es posible determinar la deformación presente en cada una de las córneas. Este procedimiento se realiza de forma manual donde el especialista realiza las mediciones utilizando geometría básica sin embargo es posible respaldarse por equipo de cómputo. No se busca reemplazar al experto sino simplemente proporcionar un apoyo que facilite un procedimiento de forma más rápida y económica.



A) B)  
Figura 1. A) Discos de Plácido [2]. B) Reflexión producida en la córnea.

## II. Sistema Propuesto

Se propone el estudio de la deformación de la córnea utilizando los discos de plácido haciendo uso de la realidad virtual. La realidad virtual consiste en utilizar un casco que permita crear un mundo inmersivo el cual consiste en un escenario tridimensional que sumerge al usuario en un ambiente ficticio completamente 3D. Los cascos para la realidad virtual todavía tienen un costo elevado para personas que no buscan una experiencia realmente inmersiva, donde consiste en adquirir un equipo de cómputo con la tecnología más alta en cuanto al procesamiento de los gráficos debido a la gran cantidad de triángulos que conforman a los modelos tridimensionales.



Figura 2. Casco de Realidad Virtual [3]

Debido a lo anterior se proponen soluciones alternativas más económicas como utilizar dispositivos móviles. En la actualidad, los dispositivos móviles carecen de un poder computacional comparable con las computadoras convencionales pero debido a que hoy en día hay mayor número de personas demandando aplicaciones de realidad virtual van surgiendo equipos con características adecuadas para brindar buenas experiencias.

Las empresas quieren llevar a un gran número de usuarios la experiencia de la realidad virtual, por eso se crearon alternativas todavía más económicas como es utilizar unos lentes hechos de cartón los cuales tienen un peso considerablemente menor que las otras soluciones además se puede utilizar cualquier dispositivo móvil con menor poder computacional.



Figura 3. Lentes para Realidad Virtual de Cartón[4]

El uso de lentes de cartón es la manera más económica para experimentar e interactuar con la realidad virtual, no se requiere un equipo tan sofisticado, entre más sofisticado la experiencia será mejor eso se debe tomar en cuenta debido a que si se tiene un equipo con pocos recursos la experiencia será con menor calidad.

### III. Desarrollo

Una de las primeras características es que la pantalla del dispositivo móvil es dividida en dos partes para atender a cada uno de los ojos. Como se puede observar cada una de las imágenes tiene una inclinación no se tiene una representación totalmente plana como se vería la pantalla del dispositivo móvil una imagen normal. Esto se debe a que se busca que los ojos perciban completamente la imagen debido a que se tienen unos cristales que rectifican la imagen para poder ser observada completamente plana al ser percibida por el ojo humano.

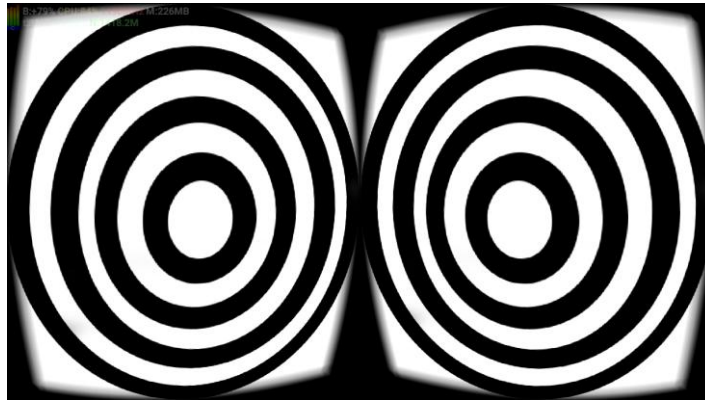


Figura 4. Discos de Plácido Mostrados en un Dispositivo Móvil para la Realidad Virtual

Haciendo uso de la refracción entre los cristales que tienen las lentes de cartón se obtiene una imagen natural como debería de llegar al ojo.

El siguiente paso es realizar el procesamiento de imágenes fotografiadas y digitalizadas para poder separar los contornos de los discos concéntricos que permitan delimitar la región correspondiente a cada uno de ellos. Se hace uso de la biblioteca OpenCV [1], la cual está especializada en procesamiento de imágenes.



A)

B)

C)

Figura 5. A) Fotografía de la reflexión de los discos de plácido.

B) Procesamiento de imagen determinación del centro.

C) Procesamiento de imagen detección de contornos.

En la siguiente imagen se puede observar que se está realizando la separación de cada uno de los círculos asignándole un color arbitrario que resalte entre el color negro y el blanco, cabe destacar que todo este procesamiento se está realizando en el dispositivo móvil.



Figura 6. Separación de los Círculos concéntricos

La biblioteca que se encarga de segmentar imágenes funciona adecuadamente lo que permite realizar el cálculo correspondiente para cada uno de los puntos que conforman a los círculos concéntricos.

Los parámetros que maneja la biblioteca OpenCV son una serie de puntos que conforman el diámetro del círculo. Tales puntos se ubican en un plano que posteriormente son proyectados a un espacio tridimensional o en otras palabras cambiarlo de dos dimensiones a tres dimensiones.

Para realizar la proyección de un punto del diámetro del círculo a un espacio tridimensional se debe considerar el radio que conformará a la simulación de la córnea la cual se propone un radio igual a una unidad (normalización); debido a que es el valor más acorde para realizar pruebas.

No se va a crear la esfera del glóbulo ocular sino que solamente se realizará la proyección de la cuerda de una esfera, en la siguiente imagen se muestra en que consiste dicho elemento geométrico.

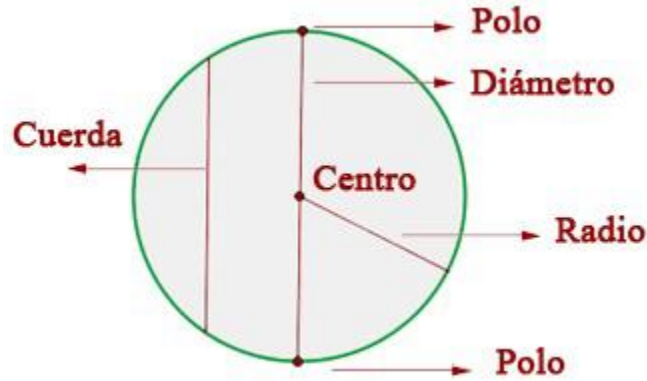


Figura 7. Cuerda de una esfera [5]

Como se puede observar la cuerda es una proporción del contorno de un círculo aunque también puede aplicarse a una esfera.

El tamaño de la cuerda es del 10% de lo que cubre el glóbulo ocular, debido a que se tiene la composición de los puntos que conforman al contorno de los círculos se realiza la proyección, utilizando geometría básica para obtener la profundidad del punto, en que consiste la raíz cuadrada del cuadrado o de la suma del cuadrado de la abscisa y la ordenada o mejor conocidas como la "X" y la "Y".

$$z = \sqrt{x^2 + y^2}$$

En la siguiente imagen se muestra la construcción de la cuerda del glóbulo ocular en un espacio en el dispositivo móvil.

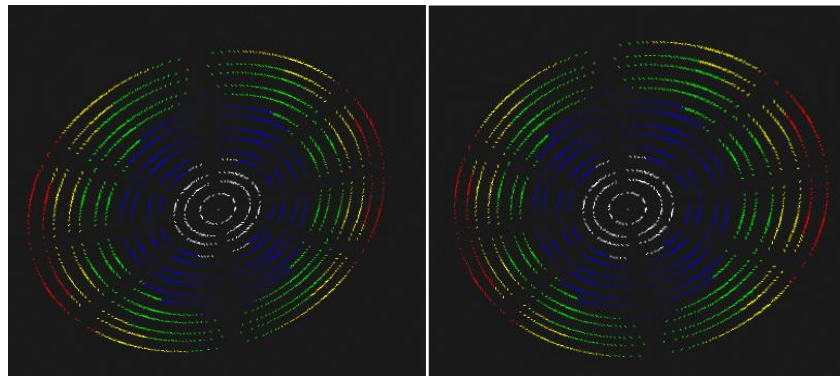


Figura 8. Glóbulo ocular de la córnea izquierda y derecha en 3D.

En la imagen se observa que se hace la reconstrucción de la cuerda del glóbulo ocular, el cual se le asigna un color de acuerdo a la profundidad que se encuentra esa deformación en la córnea, donde se especifica de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 1. Colores con porcentajes de profundidad.

Color	Porcentaje
Rojo	0 - 20 %
Amarillo	21 - 40 %
Verde	41 - 60 %
Azul	61 - 80 %
Blanco	81 - 100%

#### IV. Conclusiones

Utilizando la tendencia de la realidad virtual se pueden realizar herramientas que pueden ser aplicadas a diferentes líneas de investigación como es la oftalmología que se encarga del estudio de los ojos. Debido a que se requiere equipo muy especializado o mucho trabajo manual para el especialista, el crear herramientas que faciliten pero no reemplazando al experto sino apoyándolo para poder realizar con mayor seguridad sus estudios para poder determinar mejores diagnósticos, el desarrollo es accesible para cualquier especialista que le ayude a acelerar las deformaciones de los glóbulos oculares. Solamente con el uso de utilizar imágenes que se envían por medio de los lentes de cartón de realidad virtual se procesa esas imágenes para obtener una representación tridimensional de la córnea del ojo para brindar una representación más realista al especialista.

#### V. Referencias

- [1] OpenCV, 09/01/2017, [www.opencv.org](http://www.opencv.org)
- [2] Imagen, Discos de Plácido 09/01/2017, [https://r1v.zcache.es/placa\\_blanco\\_y\\_negro\\_de\\_los\\_circulos\\_concentricos\\_platos-rbcbcb79f5524d469b71247c3ee06417\\_ambb0\\_8byvr\\_324.jpg](https://r1v.zcache.es/placa_blanco_y_negro_de_los_circulos_concentricos_platos-rbcbcb79f5524d469b71247c3ee06417_ambb0_8byvr_324.jpg)
- [3] Imagen, Casco de Realidad Virtual 09/01/2017, <https://i.blogs.es/4425ea/oculus2/original.jpg>
- [4] Imagen, Lentes para Realidad Virtual de Cartón 09/01/2017, <http://www.hypergridbusiness.com/wp-content/uploads/2015/09/google-cardboardimage.jpg>
- [5] Imagen, Cuerda de una esfera 09/01/2017, <http://www.vitutor.co.uk/geo/esp/images/23.gif>