

# **Prototipo de Herramienta de apoyo al Daltonismo.**

## ***Trabajo Terminal No. 2019 -A094***

*Alumno: Solis Solis Jorge Armando\**

*Directores: Saucedo Delgado Rafael Norman, Solis Solis Rosa Itzel*

*Turno para la presentación del TT: Matutino*

*e-mail: JorgeASolis1995@outlook.com\**

**Resumen** – Este protocolo propone la creación de un prototipo que cuenta con la finalidad de apoyar a la gente que padece diferentes tipos de daltonismo exceptuando la acromatopsia. Actualmente hace falta investigación al respecto y en México se carece de sistemas que apoyen a personas daltónicas, siendo solamente empresas internacionales las que trabajan al respecto. El aporte será el apoyo a su detección y corrección sólo durante el uso del prototipo propuesto, teniendo una repercusión positiva en la problemática médica y social detectada (Discriminación). Esto se realizará utilizando la metodología SCRUM en el lapso de uno año de trabajo, en conjunto con la inteligencia artificial, por medio de algoritmos de clasificación, y las tablas de Ishihara. Con lo anterior descrito, se podrá diagnosticar la alteración en el paciente, y en aquellos que se encuentren diagnosticados el distinguir correctamente el espectro de colores en sus vidas cotidianas.

**Palabras clave** – Inteligencia Artificial, Realidad Virtual, Oftalmología, Daltonismo.

## **1. Introducción**

John Dalton (1766-1844) fue quien descubrió el daltonismo. Cuando fue a conocer al rey Guillermo IV acudió con un traje académico escarlata (rojo), un color demasiado llamativo para un acto tan solemne. La razón es simple: él veía su ropa de color gris oscuro.

John Dalton proporcionó una descripción científica sobre este fenómeno que posteriormente se conoció con el nombre de daltonismo. Su último experimento demostró que el daltonismo no es un problema del ojo mismo, sino que estaba causado por alguna deficiencia del poder sensorial [1].

La forma más frecuente del daltonismo es que el paciente presente dificultades para distinguir entre el verde (deutaconos) y el rojo (protacónos), aunque puede ocurrir con las tonalidades azules (tritaconos). En cambio, un daltónico puede apreciar más matices del violeta que un sujeto con visión normal[1][2]. Este defecto es genético, aunque también puede adquirirse por una enfermedad ocular o sistémica, e incluso por un traumatismo o uso de algún medicamento.

Esta ceguera hacia el rojo y el verde afecta a un ocho por ciento de la población masculina de todo el mundo. En América Latina uno de cada doce hombres es daltónico. La mayoría de los casos de daltonismo se deben a un problema genético ligado al sexo. Muy pocas mujeres son daltónicas y aproximadamente uno de cada diez hombres sufren alguna forma de daltonismo.

Los objetos absorben y reflejan la luz de forma distinta dependiendo de sus características físicas, como su forma, composición, etc. El color que se percibe de un objeto es el rayo de luz que rechaza. Las personas captan esos “rebotes” con diferentes longitudes de onda, gracias a la estructura de los ojos. Si los rayos de luz atraviesan al objeto, éste es invisible. Las células sensoriales (fotorreceptores) de la retina que reaccionan en respuesta a la luz son de dos tipos: conos y bastones. Los bastones se activan en la oscuridad y sólo permiten distinguir el negro, el blanco y los distintos grises. Nos permiten percibir el contraste. Los conos, en cambio, funcionan de día y en ambientes iluminados y hacen posible la visión de los colores. Tanto los conos como los bastones se conectan con los centros cerebrales de la visión por medio del nervio óptico.

La forma más grave de daltonismo es la acromatopsia. La persona que padece esta rara afección no puede ver ningún color, así que todo lo ve en sombras de gris. La acromatopsia suele estar asociada con ojo perezoso, nistagmos (pequeños movimientos espasmódicos del ojo), fotosensibilidad grave y extremadamente mala visión. Su diagnóstico es llevado a cabo por un oftalmólogo y dos principales herramientas como lo son las cartas de Ishihara y/o el test de Farnsworth[3].

En la actualidad no se cuenta con tratamiento para el daltonismo, sólo con distintos dispositivos de apoyo [1]. Sin embargo, se podría estar cerca de conseguir una cura para el daltonismo, el profesor Jay Neitz y su equipo consiguieron su objetivo introduciendo genes

terapéuticos en las células de la parte trasera del ojo de un mono adulto macho. Esos genes contenían el código de A.D.N. (Ácido Desoxiribo Nucléico) necesario para distinguir los colores. La terapia resultó ser todo un éxito, ya que tras la intervención los monos tratados pudieron señalar correctamente las formas rojas que aparecían en fondos verdes, así lograron restaurar la visión de todos los colores en monos adultos que nacieron sin la habilidad de distinguir entre el rojo y el verde. Los expertos aseguran que el mismo tratamiento podría funcionar en humanos[4].

Se tendrán en consideración algunos de los siguiente algoritmos, para la creación del módulo de diagnóstico.

### Árbol de Decisiones.

Desde el punto de vista de la clasificación, la tarea general consiste en lo siguiente:  
 Supongamos que disponemos de N ejemplos observados en el mundo real,  $\{e1,...,eN\}$  $\{e1,...,eN\}$ , que vienen definidos a partir de un conjunto de atributos (propiedades),  $ei=(pi1,...,pim)ei=(pi1,...,pim)$ , y para cada uno de ellos tenemos una clasificación observada, cici. La tarea del aprendizaje inductivo consiste en inducir de los datos anteriores un mecanismo que nos permita inferir las clasificaciones de cada uno de los ejemplos a partir únicamente de las propiedades. Si esto es posible, podríamos usar este mecanismo para deducir la clasificación de nuevos ejemplos habiendo observado únicamente sus propiedades.

Es evidente que obtener un mecanismo como este sería muy útil debido a que podríamos predecir comportamientos futuros a partir de los comportamientos observados en el pasado. Por ejemplo, a partir de los síntomas que tenemos observados en enfermos anteriores, y sabiendo ya si han desarrollado o no cierta enfermedad, podríamos extraer patrones que nos permitieran predecir si un paciente nuevo, aquejado de ciertos síntomas, desarrollará o no la misma enfermedad, lo que nos permitirá adelantarnos a su tratamiento. Otro ejemplo que es muy usado en la actualidad se encuentra en el mundo de los créditos bancarios, a partir de los comportamientos de los clientes antiguos con respecto a la morosidad o no de sus pagos del crédito concedido, podemos inferir qué nuevos clientes pueden ser los más convenientes para la concesión de un crédito, es decir, cuáles de ellos tienen más probabilidad de hacer frente al pago del mismo y cuáles más probabilidad de dejarlo sin pagar.

Aunque los resultados que se obtienen dependen de la calidad de los ejemplos introducidos (que sea una cantidad suficiente, que representen fielmente el comportamiento de la población no observada, que no muestran contradicciones internas, etc.), sin lugar a dudas este mecanismo de descubrimiento de patrones se ha convertido en los últimos años en una de las fuentes más fiables de predicciones y su uso se ha extendido velozmente.

Entre todos los posibles mecanismos para obtener estas predicciones de manera fiable, una de las que más destaca es la creación de árboles de decisión, que proporcionan un conjunto de reglas que se van aplicando sobre los ejemplos nuevos para decidir qué clasificación es la más adecuada a sus atributos.



Figura 1. Ejemplo gráfico de un árbol de decisiones

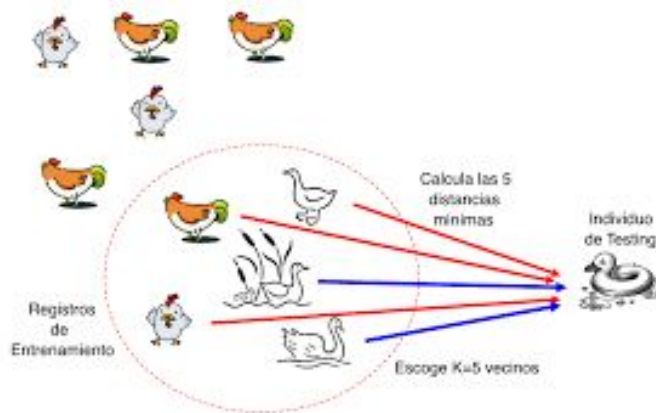
Un árbol de decisión está formado por un conjunto de nodos de decisión (interiores) y de nodos-respuesta (hojas):

- Un nodo de decisión está asociado a uno de los atributos y tiene 2 o más ramas que salen de él, cada una de ellas representando los posibles valores que puede tomar el atributo asociado. De alguna forma, un nodo de decisión es como una pregunta que se le hace al ejemplo analizado, y dependiendo de la respuesta que de, el flujo tomará una de las ramas salientes.
- Un nodo-respuesta está asociado a la clasificación que se quiere proporcionar, y nos devuelve la decisión del árbol con respecto al ejemplo de entrada.

El ejemplo anterior (el más clásico de los que se pueden encontrar) muestra la tabla de ejemplos que hemos observado a lo largo del tiempo respecto a las condiciones meteorológicas y la posibilidad de jugar al golf o no. El árbol de la derecha muestra un posible mecanismo aprendido para poder tomar decisiones para esta tarea de clasificación. Observa en el árbol está formado únicamente por los nodos azul oscuro (nodos de decisión) y los de color amarillo (nodos-respuesta), mientras que los rectángulos azules claro son simplemente las etiquetas de las ramas de salida de cada nodo de decisión, indicando cuál es la opción que verifica nuestro ejemplo. Es evidente que no siempre podremos conseguir un árbol de decisión que sea capaz de predecir los ejemplos con una fiabilidad del 100%, pero cuanto mejor sea la batería de ejemplos de los que disponemos (por ejemplo, que no haya contradicciones entre clasificaciones), mejor se comportará el árbol que podemos construir a partir de ellos.[12]

### Algoritmo del vecino más cercano.

Lo único que se requiere es la definición de una medida de disimilitud entre cada par de puntos en el espacio de representación, y que esa medida de disimilitud sea una métrica. Haciendo una descripción cronológica de algunos de estos métodos, uno de los primeros fue el trabajo de Fischer y Patrick (1970). Estos autores presentan un preproceso en el que ordenan el conjunto de prototipos y los almacenan en una lista. La ordenación realizada es utilizada junto con la desigualdad triangular para evitar el cálculo de muchas distancias entre los prototipos y la muestra a clasificar. Otro grupo de métodos propuestos utilizan estructuras arborescentes para almacenar los prototipos.



**Figura 2. Ejemplo de un árbol, del algoritmo del vecino más cercano.**

En este caso el pre proceso consiste básicamente en una descomposición jerarquizada del conjunto de prototipos en subconjuntos disjuntos. En estos métodos, la búsqueda se basa en técnicas de ramificación y poda para reducir el número de prototipos examinados. Un ejemplo, ya clásico dentro de este grupo, lo constituye el algoritmo propuesto por Fukunaga y Narendra. Cada nodo  $T$  del árbol, obtenido por descomposición del conjunto de prototipos  $P$ , representa un subconjunto  $S_p \subset P$ .

La información real que se almacena en cada nodo es el número de prototipos pertenecientes al subconjunto,  $N_p$ , el centroide de dicho conjunto  $m_p$  y el radio del nodo definido como:

$$rp = \max (d(xi, mp)) \text{ donde } xi \in Sp$$

ec. 1

**Donde:**

- $Sp$ : Es el subconjunto.
- $Xi$ : Es un punto perteneciente a la muestra.
- $mp$ : Es el centroide del subconjunto.
- $d(x,y)$ : Es la función a analizar.

En las hojas se almacena, además, la lista de prototipos pertenecientes a la misma,  $Sp$ . El método utiliza dos reglas de eliminación (una para los nodos internos y otra para las hojas) en el proceso de búsqueda. Estas reglas de eliminación están definidas en función de la información almacenada en los nodos. Un nodo interno  $p$  puede ser eliminado si se cumple:

$$Dmin + rp < d(x, mp)$$

ec. 2

**Donde:**

- $Dmin$ : La distancia del prototipo más cercano a la muestra hasta el momento.
- $x$ : La muestra a clasificar.
- $d(x,y)$ : Es la función a analizar.

La regla de eliminación para los nodos hoja se aplica individualmente a cada uno de los prototipos. Cada uno de estos prototipos es eliminado si se cumple:

$$Dmin + d(xi, mp) < d(x, mp) \text{ donde } xi \in Sp.$$

ec. 3

**Donde:**

- $Dmin$ : La distancia del prototipo más cercano a la muestra hasta el momento.
- $x$ : La muestra a clasificar.
- $d(x,y)$ : Es la función a analizar.

El proceso de búsqueda comienza expandiendo los hijos del nodo actual (empezando por la raíz) en la lista de nodos vivos en ese nivel (ramificación). Después de comprobar la regla de eliminación (poda) para los nodos expandidos, se repite el proceso anterior para “el mejor” nodo entre los supervivientes (el nodo para el que la distancia del centroide a la muestra es menor). Si no ha quedado ningún nodo se vuelve al nivel anterior del árbol. Cuando el nodo seleccionado es un nodo hoja, se aplica la segunda regla de eliminación a cada uno de los prototipos pertenecientes al mismo.

El proceso termina cuando, en la vuelta atrás, se llega al nodo raíz. Este método fue posteriormente mejorado por Kamgar-Parsi y Kanal (1985) con la incorporación de dos reglas más de eliminación. El coste espacial en casi todos los métodos mencionados es lineal con el número de prototipos. Sin embargo, para muchas aplicaciones es a veces preferible un coste espacial mayor a cambio de una reducción en el número de distancias a calcular.

Concretamente, el algoritmo conocido como AESA (Eliminating Approximating Search Algorithm) reduce significativamente el número de distancias calculadas respecto a otros métodos anteriormente propuestos. Los resultados empíricos obtenidos demuestran que el número de distancias calculadas para obtener el vecino más próximo permanece constante en promedio con el tamaño del conjunto de prototipos.

Debido a la importancia que va a tener este algoritmo en el desarrollo de este trabajo, dedicaremos un apartado para la explicación detallada de su funcionamiento. Un estudio teórico en el que puede encuadrarse este algoritmo y los resultados empíricos mencionados ha sido presentado recientemente por Faragó, Linder y Lugosi. Realizar la comparación de todos los métodos propuestos es muy difícil debido a que cada autor presenta los resultados asociados al comportamiento de cada algoritmo de diferente forma: tiempo consumido en la fase de búsqueda o número de distancias calculadas.

A su vez, en cada caso, las condiciones de los problemas son diferentes: distribución de los prototipos, tamaño del conjunto de prototipos, etc. Además, en muy pocos casos se hace un estudio del coste asociado a la fase de búsqueda y la de preproceso. De todas

formas, todos los métodos mencionados en esta sección presentan algún tipo de cuello de botella: en unos casos el coste espacial y/o temporal y en otros el número de distancias a calcular.[13]

### Algoritmo Bayesiano ingenuo.

El paradigma clasificatorio en el que se utiliza el teorema de Bayes en conjunción con la hipótesis de independencia condicional de las variables predictoras dada la clase se conoce bajo diversos nombres que incluyen los de idiota Bayes (Ohmann y col. 1988), naïve Bayes (Kononenko, 1990), simple Bayes (Gammerman y Thatcher, 1991) y Bayes independiente (Todd y Stamper, 1994).

A pesar de tener una larga tradición en la comunidad de reconocimiento de patrones (Duda y Hart, 1973) el clasificador naïve Bayes aparece por primera vez en la literatura del aprendizaje automático a finales de los ochenta (Cestnik y col. (1987)) con el objetivo de comparar su capacidad predictiva con la de métodos más sofisticados. De manera gradual los investigadores de esta comunidad de aprendizaje automático se han dado cuenta de su potencialidad y robustez en problemas de clasificación supervisada.

#### Teorema:

Sean A y B dos sucesos aleatorios cuyas probabilidades se denotan por  $p(A)$  y  $p(B)$  respectivamente, verificando que  $p(B) > 0$ . Supongamos conocidas las probabilidades a priori de los sucesos A y B, es decir,  $p(A)$  y  $p(B)$ , así como la probabilidad condicionada del suceso B dado el suceso A, es decir  $p(B|A)$ . La probabilidad a posteriori del suceso. A conocido que se verifica el suceso B, es decir  $p(A|B)$ , puede calcularse a partir de la siguiente fórmula:

$$p(A|B) = \frac{p(A, B)}{p(B)} = \frac{p(A)p(B|A)}{p(B)} = \frac{p(A)p(B|A)}{\sum_{A'} p(A')p(B|A')}$$

ec. 4

#### Donde:

- P: Es la distribución de probabilidad.
- A y B: Son dos sucesos aleatorios.

La formulación del teorema de Bayes puede efectuarse también para variables aleatorias, tanto unidimensionales como multidimensionales[14].

Comenzando por la formulación para dos variables aleatorias unidimensionales que denotamos por X e Y , tenemos que:

$$p(Y = y|X = x) = \frac{p(Y = y)p(X = x|Y = y)}{\sum_{y'} p(Y = y')p(X = x|Y = y')}$$

ec. 5

#### Donde:

- P: Es la distribución de probabilidad.
- A y B: Son dos sucesos aleatorios.
- X y Y: Variables aleatorias.

No existen trabajos hechos con inteligencia artificial, por lo que seremos los primeros en alcanzar un desarrollo a través de ese tipo de tecnologías, encontrando algunos pocos que han desempeñado algún apoyo al mismo, por lo que mencionaremos los que trabajan sobre ello, a continuación:

1. Samsung See Colors
2. Microsoft Color Binoculars
3. Verdmell

A continuación se emplea una comparación entre cada uno de ellos.

SOFTWARE	CARACTERÍSTICAS	PRECIO EN EL MERCADO
<b>SAMSUNG SEE COLORS®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnóstico digital que muestra los niveles de daltonismo usando filtros de colores y un meticuloso modelado matemático[15].</li> <li>• <i>SeeColors</i> se puede descargar desde la <i>App Store</i> de la TV, en <i>Google Play</i> o en <i>Galaxy App Store</i> para los teléfonos inteligentes Samsung Galaxy S6, S6 <i>edge</i>, S6 <i>edge+</i>, S7, S7 <i>edge</i> y S8[15].</li> <li>• Una vez que los usuarios conectan su teléfono inteligente Galaxy a su QLED TV, ésta ajustará automáticamente la configuración de colores basada en el diagnóstico personalizado[5].</li> </ul>	\$0.00 MXN
<b>MICROSOFT® COLOR BINOCULARS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La aplicación permite tres modos distintos de visualización: rojo y verde; rojo verde y rojo; azul y amarillo. Lo único que puedes hacer con la app es ver a través de ella como si se tratara de unos lentes.[16]</li> <li>• Por el momento 'Color Binoculars' solo está disponible en la App Store de Estados Unidos, pero se espera que llegue próximamente a otros territorios[16].</li> <li>• Usando cualquier tipo de cámara[6].</li> </ul>	NO DISPONIBLE
<b>VERDMELL®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una herramienta online para personas con disfunciones en la percepción de los colores que permite identificarlos y buscarlos digitalmente[7].</li> <li>• Representa gráficamente una biblioteca cromática de 1200 colores, ampliable a muchos más. Cuando el usuario introduce el nombre del color cuyo aspecto quiere conocer, le aparece en el cubo un conjunto de cubos-muestra unitarios que coinciden con el resultado de su búsqueda[7].</li> <li>• No ocupa cámara al ser una herramienta web.</li> </ul>	\$0.00MXN
<b>PROTOTIPO DE HERRAMIENTA DE APO DALTONISMO</b> (Solución propuesta)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se obtiene y cambia el tipo de colores a través de los diferentes tipos de filtros.</li> <li>• Se auxilia través de una computadora, con características básicas, así como lentes que acompañados de una cámara mostrarán una imagen como si de unos lentes para deficiencia de visión se trataran.</li> <li>• Se puede ocupar cualquier cámara, aunque entre mayor definición será mejor.</li> <li>• Al momento hay tres propuestos, el algoritmo de Bayanes, el algoritmo del vecino más cercano ó el algoritmo del árbol de decisión.</li> </ul>	

**Tabla 1.** Resumen de productos similares.

## **2. Objetivo**

Desarrollar un prototipo de herramienta médica capaz de diagnosticar y mostrar la correcta gama de colores durante su uso a pacientes con los diferentes tipos de daltonismo, exceptuando la acromatopsia.

### **2.1 Objetivos Específicos.**

- Diagnosticar pacientes con daltonismo, de manera más práctica a través de la Inteligencia Artificial.
- Identificar con mayor facilidad diferentes tipos de daltonismo.
- Mostrar al paciente el correcto espectro de colores, utilizando la transformación de colores RGB.

## **3. Justificación**

Desde que John Dalton lo descubriese en sí mismo el 1792 [1] a la fecha, se han realizado pocos estudios sobre el tema, al igual que lo poco que se ha diseñado en sistemas sobre el mismo. La mayor parte de la gente ignora padecer daltonismo. Si bien no es una enfermedad tiende a ser un problema de carácter médico, social y profesional. Una alternativa viable y poco ocupada es los sistemas, estos no pueden curar la alteración, pero sí pueden auxiliar de manera viable al uso de más herramientas para los oftalmólogos, los cuales pueden diagnosticar a través de del algoritmo de clasificación supervisada, de inteligencia artificial. Así que nuestro enfoque principal será el uso médico. Apoyando a mostrar el espectro real de colores a aquellos que acudan a consulta, logrando aminorar la marginación social provocada por la alteración, la cual ocurre cuando es expuesta la persona por sus grupos cercanos y/ familiares causando burlas, rezago y/o discriminación, acompañada de la limitante para desempeñar ciertos empleos.

## **4. Productos o Resultados esperados**

Se realizará una herramienta que funcione de manera correcta, el cual funcionará a través de la tecnología de R.V. (Realidad Virtual). Así mismo se buscará que este se encuentre en un costo razonable, ya que en el mercado existen variantes similares al producto, siendo una plusvalía el empleo de realidad virtual e inteligencia artificial. Al ser el daltonismo una enfermedad congénita se buscará funcionar como un apoyo a el tratamiento del daltonismo. Este se desarrollará en dos etapas, la primera basada en lo que en la actualidad podemos encontrar en distintos estudios, bibliografía, tratados y/o investigaciones. Mientras que la segunda será basada en una investigación de tipo cualitativa, en la cual la muestra será la gente que presente la alteración para comprobar la primera etapa.

La figura 2, muestra el diagrama a bloques de lo que se plantea realizar en el proyecto.

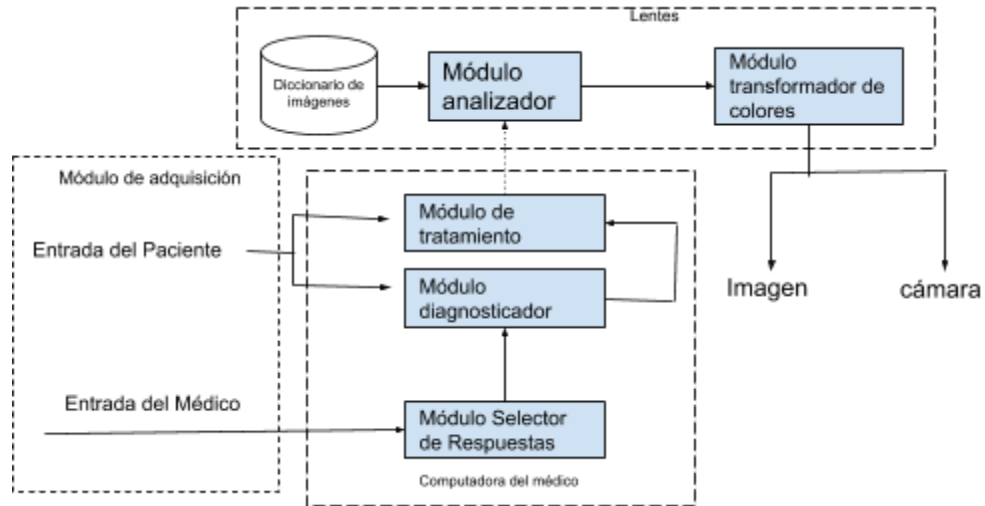


Figura 3. Bosquejo del proyecto

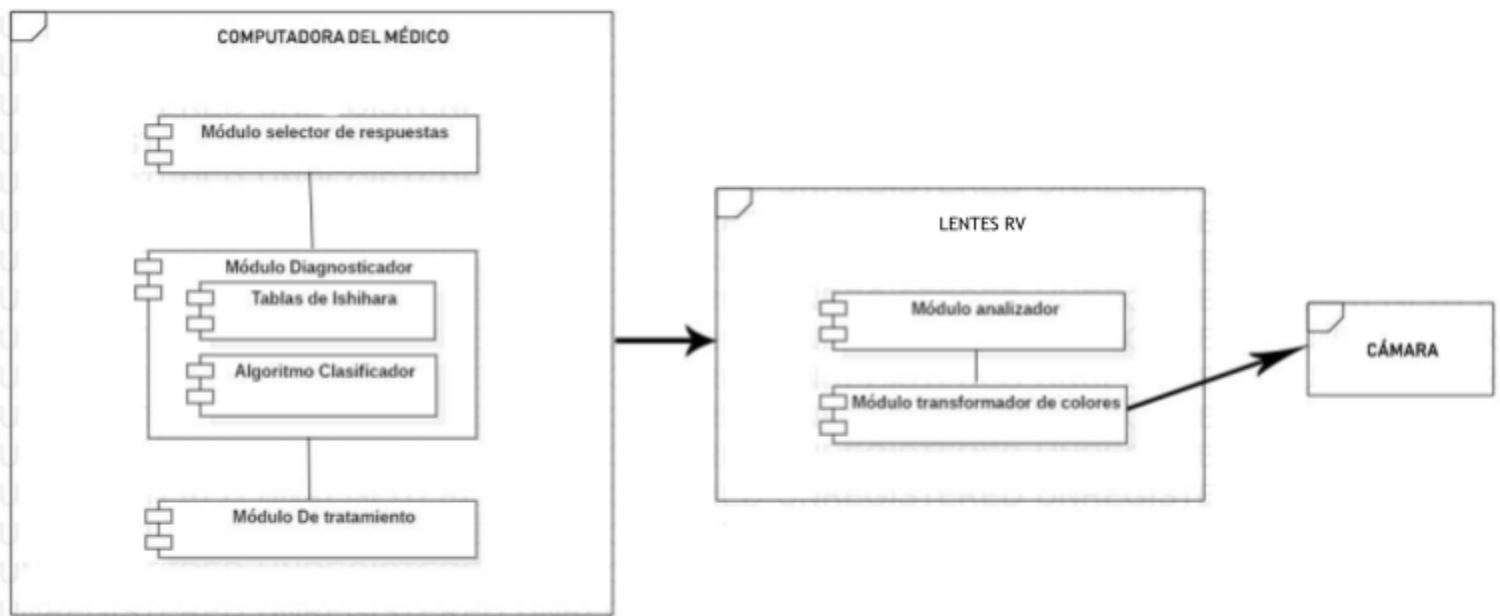


Figura 4. Diagrama de componentes del sistema

Los productos esperados al culmino de **Trabajo Terminal 2** son:

1. El código.
2. La documentación técnica del sistema.
3. El manual de usuario.
4. Prototipo en funcionamiento.



## 5. Metodología

Como metodología se ocupará *Scrum*, categorizada como ágil, marcando primeramente como una forma de crear y desempeñar la recolección de datos a través de las **historias de usuario**, mediante una investigación cualitativa, la cual arrojará los resultados deseados. La segunda etapa, la cual será definir los sprint a realizar, se presentan en la siguiente tabla:

sprint	Descripción	Tiempo estimado
1	Investigar en literatura	2 semanas
2	Investigar en campo	4 semanas
3	Realizar historias de usuario	1 semana
4	Realizar épicas	1 semana
5	Desarrollar documentación	4 semanas
6	Desarrollar diagramas UML	4 semanas
7	Culminar documentación	2 semanas
8	Realizar entregables T.T.1	1 semana
9	Desarrollar módulo selector de respuestas	2 semanas
10	Desarrollar módulo dianostico	2 semanas
11	Desarrollar algoritmo clasificador	3 semanas
12	Desarrollar módulo de tratamiento	3 semanas
13	Desarrollo de módulo analizador	1 semana
14	Desarrollar módulo transformador de colores	2 semanas
15	Probar funcionamiento	2 semanas
16	Desarrollar entregables T.T.2	1 semanas

**Tabla 2.** Propuesta de *sprints*.

Cada sprint debe de llevar el siguiente orden:



**Figura 5.** Ejemplo de un ciclo de un sprint.

Durante el proyecto y al culmino de este, se realizará la **burndown chart**, la cual es una gráfica, la cual, mostrará el avance obtenido contra el avance establecido en los *sprint*, tratando de crear y acabar en los tiempos desempeñados, así como en cada *sprint* se llevará a cabo un **backlog** y un **Taskboard**, los cuales nos servirán para evitar retrasos en los distintos **entregables**, así como desempeñar un control del proyecto.

## 6. Cronograma

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
INVESTIGAR												
INVESTIGAR EN CAMPO												
REALIZAR LAS HISTORIAS DE USUARIO												
REALIZAR LAS ÉPICAS												
REALIZACIÓN DE SPRINTS												
ANALIZAR Y DISEÑAR												
EVALUACIÓN DE TT1												
IMPLEMENTAR												
REALIZAR PRUEBAS												
EVALUACIÓN DE TT2												
REDACTAR DOCUMENTO												

Tabla 3. Cronograma de actividades propuesto.

## 7. Glosario

**Ojo.** Es el órgano que permite recrear una imagen del exterior, transformando la luz en pequeños impulsos eléctricos, los cuales viajan a través de billones de neuronas, además del nervio óptico, conectados a la corteza visual, en donde se analiza la información y se intenta identificar lo que se está viendo [8].

**Nervio óptico.** Un conjunto de fibras nerviosas que conectan la retina con el cerebro. El nervio óptico lleva las señales de luz, oscuridad y los colores al área del cerebro (la corteza visual) que convierte dichas señales en imágenes (por ejemplo, nuestra visión)[8].

**Pupila.** La abertura en el centro del iris a través del cual la luz pasa a la parte posterior del ojo[9].

**Retina.** La capa nerviosa sensible a la luz que recubre la parte posterior del ojo, capta la luz y crea impulsos que son enviados a través del nervio óptico al cerebro. Y cuenta con dos fotorreceptores conos y bastones [9].

**iris.** La parte coloreada del ojo. El iris es parcialmente responsable de regular la cantidad de luz que ingresa al ojo[9].

**Lente (cristalino).** La estructura transparente dentro del ojo que enfoca los rayos de luz en la retina[9].

**El núcleo geniculado lateral (NGL)** es un núcleo talámico estructurado histológicamente en capas, comunicadas entre sí, reciben aferencias procedentes de la retina[10].

**Córtex visual** parte de la corteza principalmente dedicada al procesamiento de la estimulación visual proveniente de los fotorreceptores de la retina. Se trata de uno de los sentidos más representados a nivel de corteza, ocupando su procesamiento la mayor parte del lóbulo occipital y una pequeña parte de los parietales [10].

**Daltonismo.** está enmarcado en la discromatopsia, un término que hace referencia a un inconveniente basado en la incapacidad para diferenciar los colores[11].

## 8. Referencias

- [1] A. Méndez Flores (2018) Oftalmología, Daltonismo [online] Available: [blog.ciencias-medicas.com](http://blog.ciencias-medicas.com)
- [2] L. Soldevila Bacardit (2018) Daltonismo [online] Available: [www.socv.org](http://www.socv.org)
- [3] V. Fernández (2018) Oftalmología Pediátrica [online] Available: [www.fenandez-vigo.com](http://www.fenandez-vigo.com)
- [4] D. Gudel (2017, Marzo.28) Pronto el daltonismo podría ser tratado con una inyección [online] Available: <https://www.aao.org>
- [5] J.Araque. (2017,Enero 1). La nueva app de Samsung ayuda a los daltónicos a ver el espectro completo de colores. [Online]. Available: <https://andro4all.com>
- [6] Microsoft. (2016). Microsoft Garage: Color Binoculars. [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/en-us>
- [7] E. de Haro Monés. Verdmell, una herramienta para daltónicos. Monográfica. 2009.
- [8] Concepto de definición (2015) Definición de ojo [online] Available: [conceptodefinicion.de](http://conceptodefinicion.de)
- [9] L.Packard (2018) Anatomia del ojo [online] Available: [www.stanfordchildrens.org](http://www.stanfordchildrens.org)
- [10] A, Herrera Espinosa (2015. Agosto, 19) El núcleo geniculado lateral en el contexto de la vía óptica, un estudio tactográfico [online] Available: <http://www.revista-portalesmedicos.com>
- [11] O. Castillero Mimenza (2018) Corteza visual del cerebro: estructuras, partes y vías [online] Available: <http://psicologiaymente.com>
- [12] F. Sancho (2018) Aprendizaje Inductivo: Árboles de Decisión [Online] Available: <http://www.cs.us.es>
- [13] M. Mico (1996, Marzo 1) Algoritmos de búsqueda de vecinos más cercanos en espacios métricos. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net>
- [14] P. Lagarraña, I. Inza, . Moujahid (2016). Clasificadores Bayesianos [Online]. Available: <http://www.sc.ehu.es>
- [15] Samsung lanza aplicación See Colors (2016) Samsung News[Online]. Available: <https://news.samsung.com/mx>
- [16] Xakata. Color Binacoulars, app que ayudará a los daltónicos. [Online] Available: <https://www.xataka.com.co/>

## 9. Alumnos y Directores

*Solis Solis Jorge Armando.- Alumno de la carrera Ingeniero en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta:2014630482, 5568187118, JorgeASolis1995@outlook.com*

Firma: \_\_\_\_\_

*Saucedo Delgado Rafael Norman.- Maestro en Ciencias de la Computación por el IIMAS-UNAM en 2004. Ingeniero en Sistemas Computacionales por la ESCOM-IPN en 2002. Profesor de la ESCOM-IPN en el Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación desde 2005. Más de 70 trabajos terminales dirigidos desde 2006 a la fecha. Áreas de Interés: Gráficas por computadora y Realidad Virtual. Correo-e: rsaucedo@ipn.mx Teléfono: 57-29-6000 Extensión 52022*

Firma: \_\_\_\_\_

*Solis Solis Rosa Itzel- Licenciada en Enfermería en UNAM en 2013, ¿Por qué los adolescentes utilizan la pastilla de emergencia como método anticonceptivo y no el condón? En Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía en 2012, Neurología en Hospital de Especialidades Centro Médico Nacional la Raza en 2014, Acreditación por la secretaria de trabajo y previsión social de acuerdo con la normatividad vigente "NOM-019-SSA-3-2013" para la Práctica de Enfermería en el Sistema Nacional de Salud en CCESMI México en 2015, Áreas de Interés: Salud pública, rehabilitación, Docencia e Investigación, Teléfono: 5516608820, email: fesze\_itsol@hotmail.com*

Firma: \_\_\_\_\_

CARÁCTER: Confidencial  
FUNDAMENTO LEGAL: Art. 3, fracc. II, Art. 18, fracc. II  
y Art. 21, lineamiento 32, fracc. XVII de la L.F.T.A.I.P.G.  
PARTES CONFIDENCIALES: No. de boleta y Teléfono.

TURNO PARA LA PRESENTACIÓN DEL  
TRABAJO TERMINAL: