

SIPCO - test cromático visual software de diagnóstico en la percepción del dolor

SIPCO - CHROMATIC VISUAL TEST Diagnostic Software in color perception

Lely Adriana Luengas Contreras* Daniel Felipe Garcia** Alex Calvo***

Recibido: agosto-2014 / Aprobado: septiembre-2014

Resumen

Valorar el estado de la visión cromática es una de las tareas más relevantes en la consulta optométrica, dada la importancia que tiene el color dentro de la vida diaria de cualquier individuo. La pretensión de este trabajo es desarrollar un test bajo software libre que permita evaluar la percepción visual cromática, a partir de la capacidad de un individuo de discriminar y ordenar secuencialmente tonalidades de los colores del espectro visible. De esta forma se logró una aplicación clínica para pacientes cuyas edades comprendan desde los diez hasta los cincuenta años de edad sin importar que tengan o no algún grado de escolaridad dada la simplicidad de manejo del software. Para comprobar la eficacia del Test Cromático Visual - SIPCO, se aplicó en 25 personas, revisando y analizando los resultados obtenidos.

Palabras clave: Anomalía de color, Diagrama CIE, Software, Test cromático visual, Test de Farnsworth

Abstract

Assess the status of color vision is one of the most important tasks in the optometric consultation, given the importance of color within the daily life of any individual. The aim of this work is to develop a free software under test to assess visual perception of colors, from the ability of an individual to discriminate and sort sequentially shades of colors of the visible spectrum. We did a clinical application for patients whose ages understand from ten to fifty years of age regardless of whether or not some schooling given the simplicity of its figures and methodology. To test for Chromatic Visual Test - SIPCO, 25 people applied in reviewing and analyzing the results.

Keywords: Anomaly color, CIE Diagram, Software, Test visual color, Farnsworth test

* Ingeniera Electrónica, Universidad Autónoma de Colombia, Colombia. Especialista en Pedagogía y Docencia Universitaria, Universidad de San Buenaventura, Colombia. Magíster en Ingeniería Eléctrica, Universidad de los Andes, Colombia. Estudiante de Doctorado en Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. laluengasc@udistrital.edu.co. lelyluco@gmail.com

** Tecnólogo en Electrónica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. danielfelipeg@yahoo.es

*** Tecnólogo en Electrónica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. alexcalvo_mecha@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Conscientes de la necesidad de tener una población sana, el Ministerio de Protección Social de Colombia estableció la “Guía para la detección temprana de alteraciones visuales y patologías oculares” [1] junto con especialistas de varias universidades del país y asociaciones que trabajan el tema, allí abordan la problemática de la no detección de anomalías de la visión y proponen realizar una serie de exámenes dependiendo de la edad y de los antecedentes previos de los pacientes con el fin de establecer si existe alteración visual.

Si una persona resulta positiva en las actividades de detección temprana de las alteraciones de la agudeza visual o positiva en el examen ocular pediátrico de tamizaje, un optómetra calificado debe practicar el examen optométrico, dentro del cual se realiza la Valoración de la visión cromática, requiriendo los equipos y materiales adecuados para éste.

La verificación de la capacidad para distinguir entre diferentes colores, visión cromática, es esencial en optometría, ya que los seres humanos se basan en la percepción del color para desarrollar una serie de actividades diarias, es más en algunas profesiones (armada, fuerza aérea, aviación civil, entre otras) es imprescindible contar con una buena percepción del color, de allí la importancia de contar con adecuadas pruebas cromáticas visuales [2].

Los test empleados actualmente en la práctica clínica, a nivel Colombia, se basan en la verificación de algunas tonalidades haciendo uso de unas láminas con cifras formadas por puntos de los colores primarios impresos sobre un fondo de puntos similares de los colores de confusión, las cuales se desgastan con el tiempo, así mismo, tampoco permiten evaluar una cantidad de tonalidades suficiente para presentar un diagnóstico acertado.

La pretensión de esta investigación es articular un test que permita evaluar la percepción visual cromática, a partir de la capacidad de un individuo de discriminar y ordenar secuencialmente 80 tonalidades de los colores del espectro visible, logrando

aplicación clínica en pacientes que tengan o no algún grado de escolaridad dada la simplicidad de sus figuras y metodología. Con este software basado en un test de ordenación, se obtienen varias ventajas si se le compara con los métodos manuales tradicionales. Algunas de estas ventajas son la optimización del tiempo de realización de la prueba con resultados fiables apoyando el diagnóstico del profesional, se ofrece mayor accesibilidad, al ser desarrollado en un lenguaje de programación libre, tanto a los especialistas como a las personas que desean y necesitan someterse a este tipo de prueba y se mejora considerablemente la relación programa – paciente, mediante un test interactivo de fácil uso y comprensión.

Para comprobar la eficacia del Test Cromático Visual - SIPCO, éste se implementó en un consultorio optométrico y se efectuaron pruebas a 25 pacientes haciendo uso de las láminas de Ishihara, del Test de Farnsworth y del test propuesto (Test Cromático Visual - SIPCO).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. El color

El color no es una característica de una imagen u objeto, sino que es más bien una apreciación subjetiva, luego, se puede definir como, una sensación que se produce en respuesta a la estimulación del ojo y de sus mecanismos nerviosos, por la energía luminosa de ciertas longitudes de onda. Entonces, el color es una sensación percibida gracias a la existencia y naturaleza de la luz y a la capacidad de los órganos visuales para transmitir dichas sensaciones al cerebro y el color de los cuerpos no es una propiedad intrínseca de ellos, sino que depende de la naturaleza de la luz que reciben [3]. Formalmente, la CIE (Comisión Internationale de l’Eclairage) definió el color como “el aspecto de la percepción visual mediante el cual un observador puede distinguir diferencias entre dos campos del mismo tamaño, forma y textura tal que puedan ser

debidas a diferencias en la composición espectral de las radiaciones relacionadas con la observación" [4].

El ojo humano es capaz de percibir 8000 colores manteniendo un nivel de luminancia fija, los cuales se basan en tres variables cromáticas: azul, verde y rojo, que combinados adecuadamente permiten obtener los demás colores. Estas tres variables cromáticas se denominan colores primarios al presentar la particularidad de que ninguno de ellos puede ser obtenido por mezcla de los otros dos.

Debido a la cantidad de colores perceptibles se propuso la creación de un sistema que los recogiera teniendo en cuenta una serie de criterios de selección de colores y una distribución geométrica coherente con el criterio. El resultado es una clasificación metódica de colores o un sistema ordenado de colores, llamado de una manera un poco más ambigua "atlas de colores", de los más conocidos se tienen el de Munsell y el de Ostwald [5].

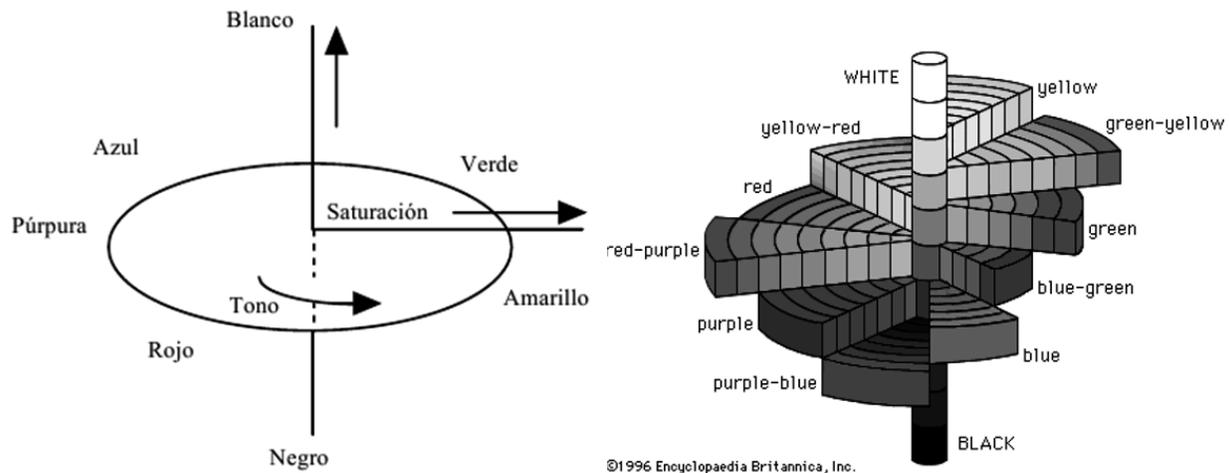
Albert Munsell desarrolló un sistema mediante el cual se ubican de forma precisa los colores en un espacio tridimensional, formado por tres ejes

correspondientes al tono (la longitud de onda dominante del color y la cualidad que lo distingue de los demás), al valor (claridad u oscuridad) y a la saturación (intensidad o pureza), el eje principal es el lugar donde se representan los colores que van desde el blanco hasta el negro (extremo superior e inferior respectivamente), su simetría polar en el eje horizontal indica, mediante el módulo del radio vector, la saturación (croma) del color, cuyo tono está dado por el ángulo de ese radio vector con el eje de coordenadas [6]. En la figura 1 se observa tanto el corte esquemático del sólido de colores de Munsell como el Atlas dado por él.

Munsell define tres atributos en cada color: matiz, valor e intensidad, también llamados tono, claridad y croma, en inglés Hue, Value and Chroma, además idea una hoja para la determinación de los colores en forma numérica [6].

Matiz: es la característica que permite diferenciar entre el rojo, el verde, el amarillo, etc., comúnmente se llama color. Existe un orden natural de los matices: rojo, amarillo, verde, azul, púrpura y se pueden mezclar con los colores adyacentes para

Figura 1: La propuesta de Munsell es establecer las tres dimensiones del color y medir cada una de ellas mediante una escala apropiada, para ello ideó un Atlas, la figura de la izquierda muestra el corte esquemático del Atlas y la figura de la derecha la ubicación de las diferentes tonalidades en el mismo.



Fuente: Tomado de [3,6].

obtener una variación continua de un color al otro. Münsell definió al color rojo, amarillo, verde, azul y púrpura como matices principales y los ubicó en intervalos equidistantes conformando el círculo cromático. Luego introdujo cinco matices intermedios: amarillo - rojo, verde - amarillo, azul - verde, púrpura azul y rojo púrpura [6].

Valor: define la claridad de cada color o matiz. Este valor se obtiene mezclando cada color con blanco o bien negro y la escala varía de 0 (negro puro) a 10 (blanco puro) [6].

Intensidad: es el grado de partida de un color a partir del color neutro del mismo valor. Los colores de baja intensidad son llamados débiles y los de máxima intensidad se denominan saturados o fuertes. Por ejemplo, a un color gris se le va añadiendo amarillo y quitando gris hasta alcanzar un amarillo vivo, esto sería una variación en el aumento de intensidad de ese color. La variación de un mismo valor va desde el neutro (llamado color débil) hasta su máxima expresión (color fuerte o intenso) [6].

El matiz, el valor y la intensidad pueden variar independientemente de una forma tal que absolutamente todos los colores pueden ser ubicados en un espacio tridimensional, de acuerdo con estos tres atributos. Los colores neutros se ubican a lo largo de la línea vertical, llamada eje neutral con el negro en la parte baja, blanco en la parte de arriba y grises en el medio. Los matices se muestran en varios ángulos alrededor del eje neutral. La escala de intensidad es perpendicular al eje y aumenta hacia fuera [6].

2.2. Fisiología de la visión

La percepción visual correcta de una imagen se debe a que los rayos luminosos y la imagen que éstos transmiten se enfocan en la retina, para estimular los receptores que posee, conos y bastones, y que sea transformada en impulsos nerviosos para transmitirlos al cerebro a través del nervio óptico [7]. Los bastones y conos de la retina son células nerviosas especializadas que solo son estimuladas por los rayos luminosos, se encuentran organizados en

grupos de tres elementos sensibles, cada uno de ellos destinado a cada color primario del espectro: azul, verde y rojo.

Cuando se percibe el color rojo es porque se ha excitado el elemento sensible a esta longitud de onda. Cuando se percibe el color amarillo es porque se excitan a un tiempo verde y el rojo; la percepción del azul celeste (cyan) se debe a que están funcionando simultáneamente el verde y el azul.

A esta capacidad de percepción de los colores contribuye, además, el que todos los cuerpos están constituidos por sustancias que absorben y reflejan las ondas electromagnéticas; es decir, absorben y reflejan colores.

2.3. Deficiencias en la visión cromática

El ojo es un receptor doblemente selectivo, existiendo selectividad según la longitud de onda y según el nivel luminoso; en los sujetos tricrómatas, sujetos normales sin anomalías, existen tres tipos de receptores en la retina que son denominados, según la posición relativa que ocupan en el espectro visual: conos cortos o azules (S), conos medios o verdes (M) y conos largos o rojos (L) [8]. Las alteraciones de alguno o de todos los receptores producen anomalías o falta de visión de los colores.

Las alteraciones del color se clasifican en dos, visión monocromática y dicromatopsia. La visión monocromática se da en las personas en cuyas retinas sólo existe un tipo de pigmento [9]; dentro de este grupo se distinguen los acrómatas y monocrómatas. Los acrómatas son aquellos sujetos que sólo poseen bastones en la retina y es la alteración más grave de la visión del color, pues no hay percepción del mismo. Los monocrómatas sólo poseen uno de los tres tipos de conos, por lo que sólo ven su intensidad; este tipo de alteración es poco frecuente, ocurre en aproximadamente uno de cada 30.000 sujetos [2,10,11].

Las deficiencias del color más frecuentes son las dicromatopsias, las cuales se caracterizan por ser hereditarias, y en las que el individuo sólo posee

combinaciones de dos tipos de receptores, dando como resultado confusión o error en la discriminación de colores [12,13]. Dentro de los dicrómatas, se distinguen los protanopes, deuteranopes y tritanopes. Los sujetos protanopes son aquellos que poseen receptores M y S, es decir, ausencia de receptores L; al carecer de sensibilidad para las largas longitudes de onda, los colores que van desde el rojo intenso al amarillo verdoso se confunden; esta anomalía se presenta en uno de cada 100 sujetos, en su mayoría varones [8,14,15].

Los sujetos deuteranopes sólo poseen receptores S y L, es decir, ausencia de receptores M. Estos sujetos se caracterizan por tener la sensibilidad reducida para las medias longitudes de onda y confunden los colores que van del amarillo al verde. Se estima que afecta a uno de cada 100 sujetos. En último lugar están los tritanopes, los cuales sólo poseen receptores de tipo M y L; debido a esto, tienen reducida la sensibilidad para las longitudes de onda cortas. Esta anomalía es menos común, dándose en aproximadamente 1 de cada 20.000 personas [8,16]. En la figura 2 se muestran las distintas formas en las que una persona puede percibir los colores.

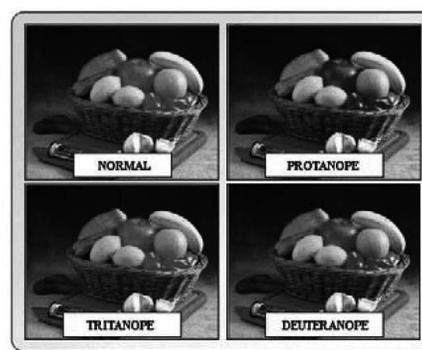
Para el estudio de los defectos en la visión del color descritos anteriormente se han desarrollado distintos test de color, que permiten identificar y clasificar anomalías y deficiencias en la visión cromática. Su uso tiene interés en la práctica clínica para la determinación del estado de la visión del color, y muy especialmente en el caso de actividades profesionales donde se exija tener una buena percepción del color [14,17].

Actualmente se encuentran distintos test que se clasifican en dos grupos, según si están basados en técnicas de igualación o en la medida de la discriminación cromática.

El anomaloscopio es un instrumento que se basa en la igualación, permite caracterizar la visión del color a través de la forma en la que un sujeto realiza su propia igualación del color, permitiendo el estudio de todos los parámetros de la visión cromática: tonalidad, saturación y luminancia [16]; así, está indicado

para el diagnóstico y clasificación de anomalías congénitas como son las dicromatopsias y también para las anomalías tricromáticas; este instrumento utiliza colores espectrales obtenidos a partir de la luz blanca, que es descompuesta mediante prismas. El más corriente es el anomaloscopio de Nagel, del que existen dos modelos: Tipo I: para los déficit rojo-verde y Tipo II: para los déficit azul-amarillo. Estas pruebas requieren un equipamiento complicado y suelen utilizarse de manera experimental en trabajos de investigación básica para realizar el diagnóstico definitivo del tipo y grado de alteración cromática. Su utilización en la clínica no está muy difundida por la complejidad y dificultad de realización además del precio del instrumento [4,18].

Figura 2: La dicromatopsia es la deficiencia del color más frecuentes, aquí el individuo sólo posee combinaciones de dos tipos de receptores; se dividen en protanopes, deuteranopes y tritanopes. Los sujetos protanopes confunden los colores que van desde el rojo intenso al amarillo verdoso, los deuteranopes confunden los colores que van del amarillo al verde y los tritanopes tienen reducida la sensibilidad para las longitudes de onda cortas.



Fuente: Tomado de [6].

Las láminas pseudoisocromáticas y los test de ordenación son elementos basados en láminas para la medida de la discriminación cromática, en ellos el observador tiene que reconocer una figura oculta sobre un fondo, pero usando sólo claves de color [19]. Se utilizan para identificar deficiencias de la visión del color ya sean pequeñas, moderadas o severas,

y permiten clasificar las anomalías de tipo protán, deután o tritán. A diferencia de los anomaloscopios, estos test son baratos, fáciles de transportar y rápidos de realizar. Además, no necesitan de ningún tipo de calibración. Es por ello que son habitualmente utilizados en la práctica clínica; pero estos test tienen ciertas desventajas, como son la dificultad en el control de la luz que ilumina las láminas y que afecta a la lectura de las figuras, adicional, la incapacidad de este test para distinguir entre dicrómatas y tricrómatas anómalos [8]. A continuación se citan los test más conocidos y utilizados.

2.4. Test de Ishihara

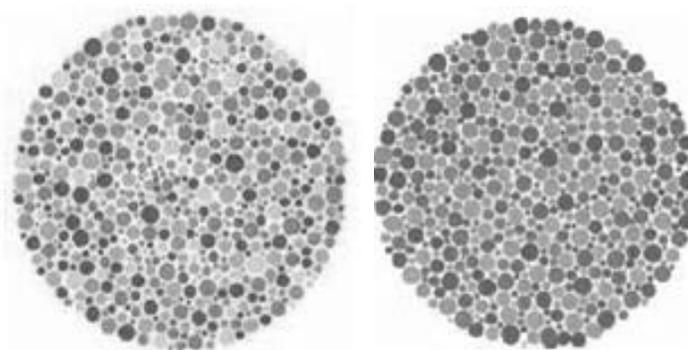
Es un test altamente sensitivo para evaluar los problemas hereditarios (congénitos) y detectar individuos con defectos leves, es uno de los más reconocidos y usados dentro del marco del estudio de los problemas visuales con el color. Está formado por unas láminas pseudo isocromáticas con números simples o dobles ocultos que deben ser reconocidos, pero sólo distinguen alteraciones del rojo-verde, ya sea parcial o absoluta, permitiendo clasificar los defectos según sean protán o deután. Existen dos tipos: el de 38 láminas y el de 24 [4,16], ver figura 3.

2.5. Test de Farnsworth

Es un test de clasificación constituido por unas fichas de color con pigmentos especiales, ya que deben presentar una saturación y luminosidad constantes y diferir solamente por su tonalidad. Se pide al paciente que clasifique estas fichas y las ordene en función de su similitud cromática, como las fichas están numeradas por el otro lado se puede conocer la clasificación efectuada [4,19]. Los tonos se reparten regularmente sobre el círculo cromático, figura 4, y están más o menos alejados según el test que se considere, el más completo consta de 85 fichas (Farnsworth 100 Hue) pero su dificultad y lentitud hacen de él un test complicado, el más usado utiliza quince fichas numeradas del uno al quince (Farnsworth 15 Hue), en la figura 5 se muestra el equipo utilizado para la prueba.

El paciente debe colocar las piezas en orden lógico empezando por el color de referencia, una vez colocadas las fichas se les da la vuelta para ver su orden, estos resultados se llevan a un diagrama basado en el círculo cromático, de forma que se conectan los números en el orden en que el paciente los ha colocado, obteniendo líneas paralelas al eje neutral que conectan los colores neutros y por tanto, los

Figura 3: Lámina del Test de Ishihara, se observa un número simple de color verde sobre un fondo de puntos de diferentes colores, si el paciente es deuteranope no vería el número 6, en cambio si es protanope no vería el 45.

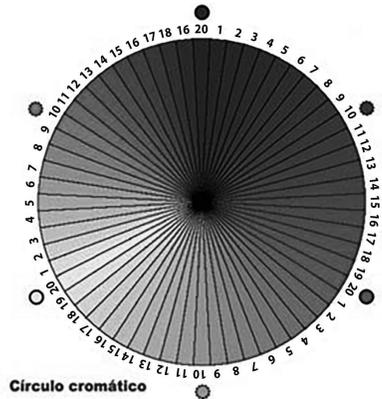


Fuente: Tomado de [4].

colores que confunde [19]. Los errores en la clasificación pueden poner de manifiesto las alteraciones ya sean estas congénitas o adquiridas, ya que el esquema muestra la existencia de la discromatopsia y las características de ésta: un tricrómata coloca las fichas de color del 1 al 15, lo cual es correcto; un deuteranope las ubica 1, 15, 2, 3, 14, 13, 4, 12, 5, 11, 6, 7, 10, 9, 8; un protanope: 15, 1, 14, 2, 13, 12, 3, 4, 11, 10, 5, 9, 6, 8, 7.

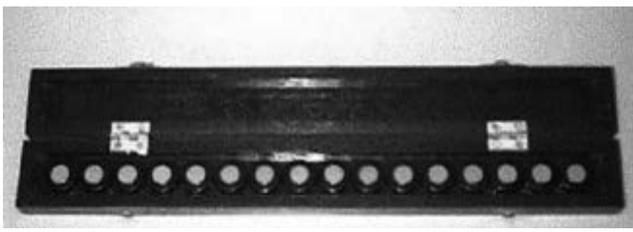
En la figura 6 se observan los resultados en el diagrama para un paciente normal, un protán, un deután, un tritán.

Figura 4: Círculo cromático, se aprecian los colores básicos y en diferentes tonalidades.



Fuente: Tomado de [5].

Figura 5: Equipo utilizado para aplicar el test de Test de Farnsworth 15 Hue, se observan las fichas con diferentes tonalidades para ser ordenadas por el paciente según su criterio.



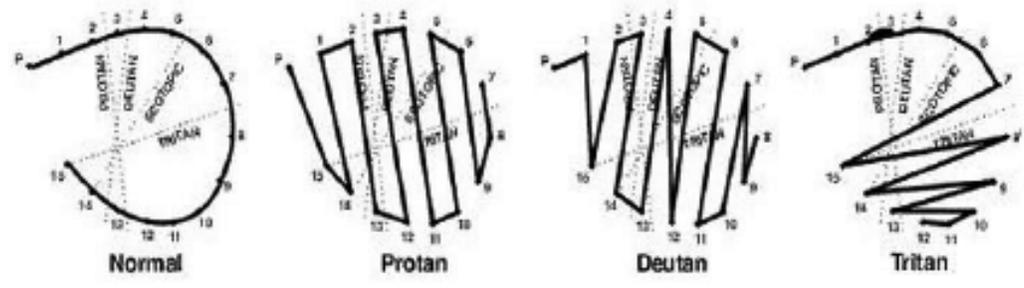
Fuente: Tomado de [4].

3. METODOLOGÍA DESARROLLADA

Al conocer el problema con los diferentes test existentes en el mercado, tiempo de ejecución, costos, desgaste del material, entre otros, y luego de la respectiva profundización en el tema de la salud visual y asesorados por un profesional en el campo se procede al desarrollo de un software interactivo basado en un test de ordenación de colores como el de Farnsworth 100 Hue, que consiste en tener 80 colores diferentes del espectro visible.

Para conseguir los colores se revisó el atlas de colores de Munsell, tomando el color base y obteniendo los demás colores con el software PaintNet, el cual consta de una función de ingreso de valores de

Figura 6: Alteraciones en la percepción del color utilizando el test de Farnsworth y basado en el atlas de color de Munsell.



Fuente: Tomado de [4].

saturación, luminosidad y tono, los convierte al sistema RGB, y representa el color deseado. Los valores de saturación y luminosidad se dejan constantes, simplemente se varía el tono cada 4.5 grados, de esta manera los 80 colores abarcan los 360 grados del disco cromático.

Ya con los 80 colores representados, se decide trabajar la programación en Netbeans 6.9.1, el cual es un IDE de JAVA. Se escoge este IDE ya que es un lenguaje de programación libre y con una buena calidad en cuanto a interfaz gráfica. Luego de los estudios preliminares del IDE y de cerciorarnos de que cumple con los requisitos que se necesitan, se procede a desarrollar el test.

3.1. Test cromático visual - SIPCO

A cada color se le asigna un valor, luego se ubican los 80 colores en matrices de 5 X 4, teniendo de esta manera 4 matrices de 20 colores adyacentes entre sí. Debido a que la anomalía se puede presentar en solo un ojo o en ambos en diferente proporción, el estudio se realiza para cada ojo; finalmente se tienen 8 distintas interfaces, 4 para cada ojo. La primer matriz va del rojo hasta el amarillo, la segunda del amarillo hasta el verde, la tercera del verde al azul y la cuarta del azul al rojo.

También se desarrolla un sistema para cada matriz de colores, donde los colores se colocan de forma aleatoria, con el fin de que el paciente examinado los ubique de forma que él considere adecuada. Cada vez que el paciente ubica un color en una posición determinada, éste se guarda en un vector para su futura representación en el diagrama polar. En el diagrama polar se representan los 2 vectores (uno por cada ojo evaluado), cada uno de 80 posiciones, correspondientes a los 80 colores con los que trabaja el test. Con este diagrama el profesional de la salud visual puede determinar qué tipo de anomalía presenta el paciente y poder tomar las medidas que sean necesarias.

Para contar con un software amigable, se realizó una interfaz de bienvenida donde el paciente

ingresa sus datos como lo son nombre, documento, edad y sexo. Luego se tiene una interfaz de menú, en donde se explica en qué consiste el test y se elige que ojo se va a evaluar. Cada interfaz cuenta con guías auditivas para facilitar el entendimiento del test y explican el proceso a realizar en cada una de ellas.

3.2. Pruebas con pacientes

Se realizaron pruebas con 25 pacientes, 10 de sexo femenino y 15 de sexo masculino, en edades entre 10 y 50 años, a quienes se les aplicó el Test de Farnsworth, luego el de Ishihara y finalmente el Test cromático visual (SIPCO) desarrollado.

Lo anterior con el fin de probar el software y comprobar el desarrollo obtenido, así se pidió al experto en Optometría, quien realizó la asesoría a lo largo del trabajo, la revisión de los resultados y la emisión juicio con los datos conseguidos.

4. DESARROLLO “DISEÑO DE SOFTWARE INTERACTIVO COMO HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO DE ANOMALÍA A LA PERCEPCIÓN DE COLOR”

Para su óptimo funcionamiento el Software se estructuró de la manera como se explica a continuación. En primera instancia el paciente se ubica a una distancia de 50 centímetros respecto al monitor del computador, esto para garantizar una correcta visualización de los colores y una buena iluminación externa la cual va a ser reflejada por la pantalla, se indaga por la buena visualización de la pantalla y se procede a realizar el test.

El primer pantallazo se muestra en la figura 7, allí se solicita información del paciente: nombre, documento de identificación, edad, sexo, luego de diligenciarla existe un botón de inicio. Al pulsarlo se pregunta si están todos los datos, de ser afirmativa la respuesta se llega a un segundo pantallazo, figura 8; si la respuesta es negativa se pide que termine de escribir los datos solicitados.

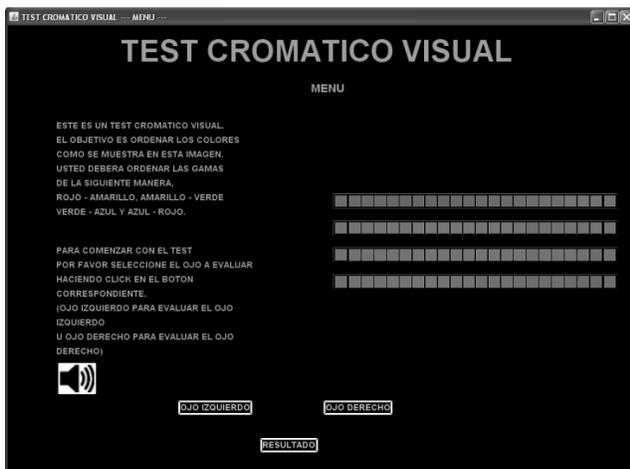
Figura 7: Primer pantallazo al ingresar al Test cromático visual, se solicitan datos básicos del paciente, los cuales se guardan en una tabla para ser consultados posteriormente por el especialista.



Fuente: elaboración propia de los autores.

Al ingresar al programa se ofrece una explicación del objetivo del test y de la forma de realizarlo, ésta se hace tanto de forma visual (escrita) como de forma audible, teniendo en cuenta aquellas personas que no saben leer, figura 8. Así mismo, se solicita seleccionar el ojo a evaluar para iniciar la valoración.

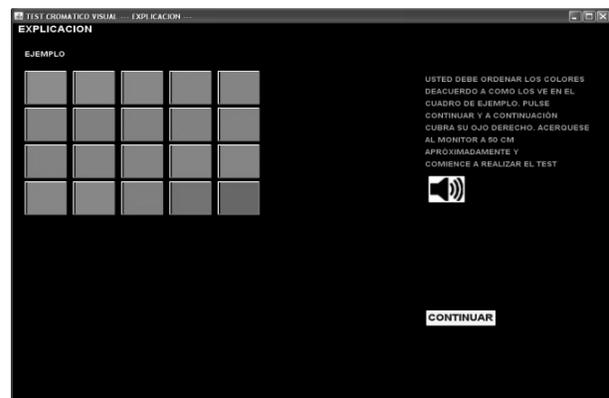
Figura 8: Segundo pantallazo del Test cromático visual, se explica el objetivo del test y se dan las indicaciones de uso.



Fuente: elaboración propia de los autores.

Una vez seleccionado el ojo a examinar, se muestra una de las matrices de ejemplo antes mencionadas, figura 9, con los colores ordenados como guía para el paciente, de esta manera la realización del test se hace más clara y entendible. Dilucidando, los grupos de colores son los mismos para cada ojo, pero al momento de realizar la prueba, éstos se encuentran predispuestos de forma aleatoria luego la ubicación es diferente para cada ojo.

Figura 9: Primera matriz de ordenamiento guía, va del verde al azul. Se le dan las indicaciones al paciente tanto de forma verbal como escrita, una vez entendidas el paciente pulsa continuar para realizar el ordenamiento él mismo.

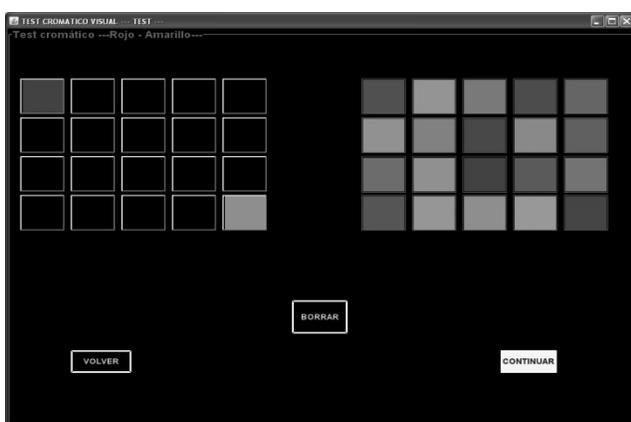


Fuente: elaboración propia de los autores.

El siguiente pantallazo que se muestra en la figura 10, permite realizar la prueba, para ello se disponen dos matrices, una con los colores a ordenar, colocados de forma aleatoria y otra matriz limpia, únicamente con los colores de inicio y fin de la secuencia; el paciente debe ubicar el ratón sobre el color elegido y seleccionarlo, así la matriz limpia se va llenando de los cuadros de colores, en la secuencia que el paciente considere es la adecuada y corresponde a la mostrada anteriormente.

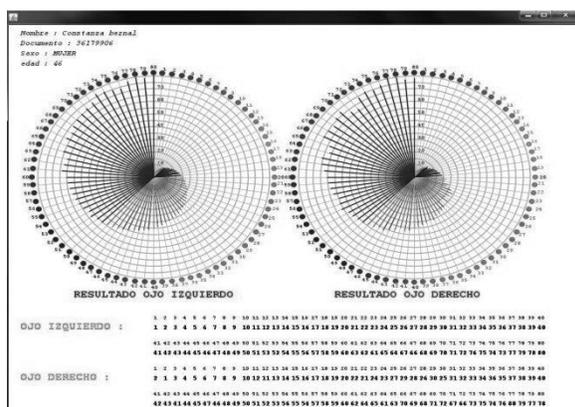
Al terminar de evaluar ambos ojos el programa representa un gráfico polar, figura 11, el cual le indica al profesional de la salud visual la anomalía presente, en caso de haber una y así poder tomar las medidas correctivas necesarias.

Figura 10: En esta parte el paciente realiza el ordenamiento según considere, se le dan dos matrices, la de la derecha con los colores a ordenar y la de la izquierda donde se ubicará la secuencia, como guía se tienen dos colores: el primero y el último.



Fuente: elaboración propia de los autores.

Figura 11: Gráfico polar donde se observan los resultados del examen realizado por el paciente, aquí el especialista podrá determinar si existe una alteración en la percepción del color y cuál es.



Fuente: elaboración propia de los autores.

5. PRUEBAS Y RESULTADOS

Se realizaron pruebas a personas de diferentes edades haciendo uso del software propuesto (Test Cromático Visual), del Test de Farnsworth, y de láminas de Ishihara, esto para poder comparar los resultados

y de esta manera comprobar la validez del software. El número de personas que participaron en el estudio fue 25, cuyas edades oscilaban entre los 10 y los 50 años, 15 hombres y 10 mujeres, en la tabla 1 se observa la composición del grupo examinado y en la figura 12 la distribución del grupo.

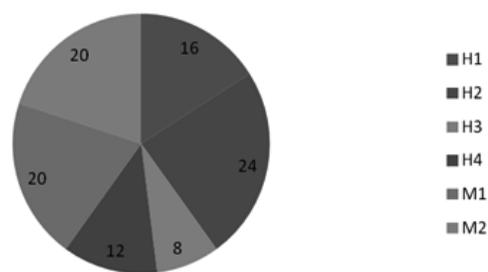
Tabla 1: El número de personas participantes de la prueba fue de 25, de ellos 15 hombres y 10 mujeres, con edades que oscilan entre los 10 y los 50 años, se han dividido en subgrupos de acuerdo a la edad y al sexo, de allí que se tengan 6 subgrupos.

GRUPOS	NÚMERO DE PACIENTES	EDAD
H1	4	ENTRE 10 Y 20 AÑOS
H2	6	ENTRE 21 Y 30 AÑOS
H3	2	ENTRE 31 Y 40 AÑOS
H4	3	ENTRE 41 Y 50 AÑOS
M1	5	ENTRE 21 Y 30 AÑOS
M2	5	ENTRE 31 Y 40 AÑOS

Fuente: elaboración propia de los autores.

Figura 12: Gráfica de distribución de los pacientes examinados, H1 corresponde al grupo compuesto por hombres con edades comprendidas entre los 10 y 20 años, H2 al grupo de hombres entre 21 y 30 años de edad, H3 al grupo de hombres entre 31 y 40 años de edad, H4 al grupo de hombres entre 41 y 50 años de edad, M1 al grupo de mujeres entre 21 y 30 años de edad, M2 al grupo de mujeres entre 31 y 40 años de edad; se muestra el porcentaje correspondiente a cada grupo poblacional.

GRUPOS POR EDAD



Fuente: elaboración propia de los autores.

Tabla 2: El número de pacientes examinados fue de 25, de ellos 15 hombres y 10 mujeres, estas personas se han clasificado en grupos por edades y se les ha aplicado tres pruebas: LÁMINAS DE ISHIHARA, TEST DE FARNSWORTH y TEST CROMÁTICO VISUAL, los dos primeros son comerciales y bastante conocidos, el tercero fue el desarrollado por el grupo de investigación.

GRUPOS	TIPO DE VISIÓN		
	LÁMINAS DE ISHIHARA	TEST CROMÁTICO VISUAL	TEST DE FARNSWORTH
H1	3 NORMAL 1 DEUTÁN	3 NORMAL 1 DEUTÁN	3 NORMAL 1 DEUTÁN
H2	6 NORMAL	4 NORMAL 2 PROTÁN	6 NORMAL
H3	2 NORMAL	2 NORMAL	2 NORMAL
H4	2 NORMAL 1 DEUTÁN	2 NORMAL 1 DEUTÁN	2 NORMAL 1 DEUTÁN
M1	5 NORMAL	4 NORMAL 1 DEUTÁN	5 NORMAL
M2	5 NORMAL	5 NORMAL	5 NORMAL

Fuente: elaboración propia de los autores.

Los resultados de las pruebas de visión se observan en la tabla 2, muestran que lo arrojado por las tres pruebas tiene gran similitud. En el grupo H1 se detectó una persona deután y tres normales en las tres pruebas; en H2, las láminas de Ishihara y el Test de Farnsworth dieron los mismos resultados, todo el grupo normal, pero con el Test Cromático Visual se encontraron dos protán y cuatro normal; en H3 todos son normales según las tres pruebas; H4 tenía un deután y tres normales de acuerdo con las tres pruebas; H4 tenía dos normales y un deután; en M1 los cinco participantes eran normales según las láminas de Ishihara y el Test de Farnsworth, pero el Test Cromático Visual halló cuatro normales y un deután; finalmente M2 tenía solo normales en su subgrupo.

La aplicación de los tres test permitió evidenciar que el porcentaje de error presentado por el test desarrollado, al concluir la prueba, es de 8%.

6. CONCLUSIONES

Se obtuvo un test que permite valorar la percepción del color en personas, se puede aplicar en personas

alfabetas o analfabetas, ya que las instrucciones se pueden leer y escuchar, adicional, el entorno donde se realizó es amigable con el usuario.

Al utilizar herramientas digitales de diagnóstico que se basan en sistemas de colores como el RGB, se pueden obtener valoraciones precisas debido a que están basados en datos numéricos (cuantitativos) por lo tanto las pruebas se vuelven menos subjetivas y los diagnósticos más precisos.

El test desarrollado permite reducir el tiempo de realización de una prueba de este tipo (alteración de la percepción al color) y al ser editado mediante software libre es de mayor acceso para quien lo requiera.

El desarrollo de herramientas tecnológicas permite la obtención de aplicaciones comprensibles y de fácil acceso, además el diseño de manera interactiva facilita la realización de pruebas de una forma cómoda y rápida, agilizando su valoración.

Al comparar los resultados obtenidos con este software y los resultados que se obtienen con los test convencionales, se ofrece una validación del software ya que demuestra su aplicabilidad clínica a la hora de ser implementado.

La elaboración del Test Cromático Visual se traduce en una alianza implícita con la tecnología derivada del uso del computador, demostrando que los saberes de las distintas ramas se deben conjugar para generar y procurar el bienestar de los pacientes. Estos desarrollos tecnológicos como herramientas de aplicación médica son puntos de referencia para nuevas investigaciones.

7. REFERENCIAS

- [1] J. Pardo, et al. "Guía para la detección temprana de alteraciones visuales y patologías oculares", febrero de 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.nacer.udea.edu.co/pdf/libros/guiamps/guias05.pdf>
- [2] J Artigas, et al. "Óptica Fisiológica. Psicofísica de la Visión" España: Editorial McGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A., 1995
- [3] Encyclopedia Britanica. "Munsell colour system", febrero de 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/397642/Munsell-colour-system>
- [4] D Melcón, et al. "Estudio clínico de la percepción del color aplicando el test TC- COI. Master Clínico en Optometría y Entrenamiento Visual", febrero de 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.fundacionvisioncoi.es/TRABAJOS%20INVESTIGACION%20COI/3/TEST%20TC-COI.pdf>
- [5] Fotonostra. Modos y modelos de color, febrero de 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.fotonostra.com/grafico/modeloscolor.htm>
- [6] Universidad de la Rioja. "Historia. Atlas de colores", febrero de 2010. [En línea]. Disponible en: http://www.unirioja.es/cu/fede/color_de_vino/capitulo01.pdf
- [7] G Novel, V Navarro. "Enfermería médico-quirúrgica: necesidad de comunicación y seguridad". Barcelona: Editorial Masson., 2005.
- [8] A Stockman, L Sharpe, "Human cone spectral sensitivities: a progress report", Vision Research, Vol 38 No. 21, pp 3193-206, 1998.
- [9] B Gabarel. "Osteopatía y oftalmología. Badalona", España: Editorial Paidotribo, 2008.
- [10] T Grosvenor. "Optometría de atención primaria". Barcelona: Editorial Masson S.A, 2005.
- [11] C Urtúbia. "Neurobiología de la visión". Barcelona: Ediciones UPC, 1997.
- [12] K Gegenfurtner, L Sharpe, "Color Vision, From Genes to Perception". Cambridge University Press 1999
- [13] I Gallego, et al. "Simulación y disimulación en oftalmología: técnicas ambulatorias de diagnóstico". Barcelona: Editorial Glosa S L, 2005.
- [14] E Bonafonte. "Esquemas clínico-visuales en oftalmología". Barcelona: Editorial Masson, 2006.
- [15] M Tamayo, J Bernal. "Alteraciones visuales y auditivas de origen genético". Bogotá: Editorial Universidad Javeriana, 1998.
- [16] M Catalán, D Marín, S Ortí. "Diseño de un test psicofísico para la detección de anomalías cromáticas". Gaceta Óptica, Vol 4, No. 440, pp. 18-24, 2009.
- [17] Dra. Laguna. "Visión Cromática", febrero de 2010. [En línea]. Disponible en: http://www.e-oftalmologia.com/area_formacion/investigacion/cromatica4.html