



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CELAYA



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“IDENTIFICACIÓN DE LAS MEJORES CONDICIONES AMBIENTALES E
INSTRUMENTALES EN LA EVALUACIÓN VISUAL DEL COLOR EN TEXTILES
EN LA EMPRESA CAROLINA PERFORMANCE FABRICS”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA:

IBQ. SANDRA DANIELA SÁNCHEZ GODÍNEZ

ASESOR:

DR. JOSÉ ANTONIO VÁZQUEZ LÓPEZ

CO-ASESOR:

M.I.I. PALOMA TERESITA GUTIÉRREZ ROSAS

CELAYA, GTO., NOVIEMBRE DEL 2019.



"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

Asunto: Autorización de impresión de trabajo profesional.

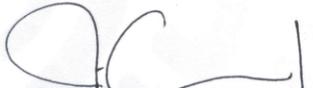
Celaya Gto., **14 NOVIEMBRE 2019**

M.C. MOISES TAPIA ESQUIVIAS
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL.
Presente.

De acuerdo a la convocatoria hecha por esta jefatura a fin de aprobar o no la impresión del trabajo profesional titulado:

"Identificación de las Mejores Condiciones Ambientales e Instrumentales en la Evaluación Visual del Color en Textiles en la Empresa Carolina Performance Fabrics."

Presentado por el (a) pasante **C. IBQ. Sandra Daniela Sánchez Godínez (M1703071)** alumno (a) del programa de Maestría en Ingeniería Industrial que ofrece nuestro Instituto. Hacemos de su conocimiento que éste jurado ha tenido a bien aprobar la impresión de dicho trabajo para los efectos consiguientes.


DR. JOSÉ ANTONIO VAZQUEZ LOPEZ
Presidente

ATENTAMENTE


M.C. MOISES TAPIA ESQUIVIAS
Secretario


M.C. MANUEL DARIO HERNANDEZ RIPALDA
Vocal


M.C. VICENTE FIGUEROA FERNANDEZ
Vocal Suplente

Cep.Escolares
Archivo.
VFF*MTE*dmvp



Carta de autorización del autor para la consulta y publicación electrónica del texto completo

Celaya, Gto., a 15 de noviembre del 2019.

Señor

M.C. José López Muñoz

Director del Instituto Tecnológico de Celaya

Estimado director:

Yo **Sandra Daniela Sánchez Godínez**, autor de la tesis titulada **"Identificación de las mejores condiciones ambientales e instrumentales en la evaluación visual del color en textiles en la empresa Carolina Performance Fabrics"** presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Industrial, autorizo al Instituto Tecnológico de Celaya para que con fines académicos, haga público el contenido del presente trabajo.



Sandra Daniela Sánchez Godínez

Resumen

El color en la industria textil es una de las características más importantes de calidad en las telas producidas, por ello debe ser evaluada de manera confiable y con esto evitar retrabajos, rechazo de producto y mantener la confianza de los clientes. Estas evaluaciones requieren ser más vigiladas en pequeñas y medianas empresas ya que se realizan de manera visual y generalmente no cuentan con las mejores condiciones ni la capacitación necesaria para llevarlas a cabo de manera exacta y confiable. Es por esto que en el presente trabajo de tesis se realizó una experimentación a nivel laboratorio y otra en la empresa Carolina Performance Fabrics, en las que se analizaron diferentes factores involucrados en las evaluaciones visuales de color, con el objetivo de identificar las mejores condiciones ambientales e instrumentales de bajo costo para aumentar la exactitud de la evaluación visual respecto a la diferencia de color en textiles.

Se realizó un diseño de experimentos en el que algunos de los factores analizados fueron la iluminación, ruido, color, posición de evaluación, participantes, entre otros; encontrando mediante una regresión logística binaria que de los factores evaluados. Mediante regresión logística binaria y ANOVA se encontraron los factores que estadísticamente resultaron ser significativos para las evaluaciones visuales de color. Con esto se generaron propuestas para realizar mejoras en el procedimiento y en las estaciones de trabajo para realizar estas evaluaciones de manera más confiable en esta empresa textil.

Abstract

The color in the textile industry is one of the most important quality characteristics in the fabrics produced, so it must be reliably and with this avoid rework, product rejection and maintain customer confidence. These required evaluations will be more monitored in small and medium enterprises since they will be carried out visually and generally will not have the best conditions or the necessary training to carry out an accurate and reliable way. That

is why in this thesis work. An experimentation was carried out at the laboratory level, and another at the Carolina Performance Fabrics company. In which different factors involved in the visual evaluations of color in textiles are analyzed, with the objective of identifying the best low-cost environmental, and instrumental conditions to increase the accuracy of the visual evaluation regarding the color difference in textiles.

An experiment design was carried out in which some of the factors analyzed were lighting, noise, color, evaluation position, participants, among others; finding through a binary logistic regression that of the evaluated factors. Through the binary logistic regression and ANOVA, the factors that were statistically significant for visual color evaluations were found. With this, proposals were generated to make improvements in the procedure and in the work stations to perform these evaluations more reliably in the textile company.

Índice

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Hipótesis	3
1.4. Justificación.....	3
Capítulo 2. Marco teórico.....	4
2.1. El color	4
2.1.1. El ojo humano y la visión del color.....	5
2.1.2. Evaluación del color	13
2.2. Iluminación	18
2.2.1. Tipo de iluminación.....	19
2.2.2. Tipos de iluminantes.....	20
2.2.3. Tipos de lámparas.....	21
2.3. Textiles.....	23
2.3.1. Clasificación de las fibras textiles	24
2.4. Diseño de experimentos	26
2.4.1. Conceptos del diseño experimental	27
2.4.2. Análisis de la varianza (ANOVA) y regresión logística binaria	29
2.5. Estado del arte	32
Capítulo 3. Método.....	38
3.1. Descripción de lugar de experimentación.....	38

3.2. Metodología.....	39
3.2.1. Etapa 1. Búsqueda de información.....	39
3.2.2. Etapa 2. Identificación de puntos de inspección en proceso de teñido textil	40
3.2.3. Etapa 3. Diseño de experimentación	41
3.2.4. Etapa 4. Experimentación.....	47
3.2.5. Etapa 5. Estancia de investigación en Laboratorio de Diseño de Producto en Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.	47
3.2.6. Etapa 6. Análisis de resultados	51
3.2.7. Etapa 7. Generación de propuestas.....	51
Capítulo 4. Resultados y conclusiones	52
4.1. Resultados de la aplicación de test de Munsell.....	52
4.2. Resultados de la aplicación de la prueba 2 de 5.....	55
4.3. Resultados de estancia de investigación en Universidad Autónoma de Ciudad Juárez	60
Capítulo 5. Conclusiones.....	64
Bibliografía.....	66
Anexo A: Proceso de teñido de telas en empresa “Carolina Performance Fabrics”	70
Anexo B: Datos obtenidos durante la experimentación	73

Índice de figuras

Figura 2. 1 Espectro electromagnético. (Fuente: basada en Alberich et al., 2014).	6
Figura 2. 2 Círculo cromático. (Fuente: basada en Aznar-Casanova).....	7
Figura 2. 3. Colores acromáticos. (Fuente: basada en Aznar-Casanova).....	8
Figura 2. 4 Partes del ojo humano (Fuente: creación propia).....	8
Figura 2. 5 Pico de absorción de la luz de los conos (Fuente: creación propia).....	10
Figura 2. 6 Elipses de MC-Adam (Fuente: basada en Alonso-Felipe, 2016).....	14
Figura 2. 7 Diagrama de coordenadas del sistema L^*a^*b (Fuente: basada en Alonso-Felipe, 2016).....	15
Figura 2. 8 Geometría de la visión (Fuente: imagen propia).....	18
Figura 2. 9 Diferentes tipos de iluminación (Fuente: basada en Menéndez-Díez, 2008).....	20
Figura 2. 10. Ejemplo de barrado horizontal (imagen propia)	25
Figura 2.11 Modelo general de un proceso/sistema.	27
Figura 3. 1 Diagrama de metodología de la investigación. (Fuente: elaboración propia)	39
Figura 3. 2 Placa con muestras para evaluaciones de color. (Fuente: imagen propia).....	42
Figura 3. 3 Posiciones de evaluación, (Fuente: imagen propia).....	44
Figura 3. 4 Posiciones de evaluación en mesa de trabajo: parado y agachado cerca de la placa con las muestras. (Fuente: imagen propia).....	45
Figura 3. 5 Posiciones de evaluación en cabina. (Fuente: imagen propia).....	46
Figura 3. 6 Placas preparadas con las telas para realizar las evaluaciones 2 de 5.....	50
Figura 3. 7 Área de evaluación visual de color. (Fuente: imagen propia).....	51
Figura 4. 1 Puntuación de error promedio obtenida por cada uno de los trabajadores en cabina de iluminación y en mesa de trabajo.....	55
Figura 4. 2 Porcentaje de aciertos de cada una de las placas evaluadas.....	56
Figura 4. 3 Porcentaje de aciertos en cada uno de los puntos de inspección seleccionados.....	57
Figura 4. 4 Porcentaje de aciertos en las diferentes posiciones de evaluación.....	57
Figura 4. 5 Porcentaje de aciertos obtenidos en la cabina de iluminación y en la mesa de trabajo.	59
Figura 4. 6 Porcentaje de aciertos de cada placa evaluada en cabina y mesa de trabajo.....	59
Figura 4. 7 Comparación de aciertos obtenidos por cada trabajador en cabina de iluminación y en mesa de trabajo.	60

Figura 4. 8 Porcentaje de aciertos y errores en las evaluaciones de color visuales.....	61
Figura 4. 9 Total de evaluaciones correctas obtenidas por cada uno de los participantes. (Fuente: Elaboración propia)	62
Figura 4. 10 Gráfica de efectos principales. (Fuente: Elaboración propia)	63
Figura A. 1 Proceso de teñido de telas de la empresa "Carolina Performance Fabrics"	70

Índice de tablas

Tabla 2. 1 Estado del arte	32
Tabla 3. 1. Delta de color entre las muestras en cada una de las placas.....	43
Tabla 3. 2. Área de trabajo de cada trabajador participante en la experimentación.	44
Tabla 3. 3 Lista de trabajadores y su actividad laboral en el área de calidad.....	46
Tabla 3. 4 Tabla de variables de estudio.	48
Tabla 3. 5 Información solicitada a cada participante.....	49
Tabla 4. 1 Puntuación de error obtenida por cada trabajador	52
Tabla 4. 2 ANOVA del test de Munsell aplicado a trabajadores del área de calidad.....	53
Tabla 4. 3 Resultados de regresión logística binaria de experimentación en puntos de inspección.	56
Tabla 4. 4 Resultados de regresión logística binaria de experimentación en mesa de trabajo y cabina de iluminación.....	58
Tabla 4. 5 Resultados de regresión logística binaria.	61
Tabla B. 1 Datos obtenidos de aplicación de Test de Munsell	73
Tabla B. 2 Datos obtenidos en experimentación en puntos de inspección.....	74
Tabla B. 3 Datos obtenidos de experimentación en cabina y mesa de trabajo.....	82
Tabla B. 4 Datos obtenidos en experimentación en estancia en la UACJ.....	85

Capítulo 1. Introducción

1.1. Descripción del problema

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Se trata de una apreciación, que depende de cómo nuestros ojos detectan la luz reflejada y de cómo nuestro cerebro la procesa. Sin embargo, en la industria es un atributo de apariencia de los productos y su observación permite detectar ciertas anomalías y defectos (Delmoro, Muñoz, Nadal, Clemetz, & Panzzeti, 2010). Por consiguiente, el color es una característica que permite juzgar un objeto creando condiciones para la aceptación o rechazo del mismo (Salamanca Grosso, 2012).

En la industria textil, como en muchas otras, el color es una característica de calidad de suma importancia para sus productos. Las empresas cuentan con especificaciones que debe cumplir esta característica y en ocasiones es necesario igualar el color de los productos contra un patrón; por lo que la evaluación de la diferencia de color tiene un papel muy importante.

De acuerdo con datos del INEGI (2012), la economía de México se caracteriza por establecimientos micro, pequeños y medianos que tienen una gran movilidad en la economía, representando la industria textil el 1.4% del PIB manufacturero (INEGI, 2015). En estas PYMES textiles, la evaluación de diferencia de color se realiza de manera visual.

La observación visual para la evaluación del color suele ser, en general, inadecuada debido a varias razones: fatiga visual, dificultad para conseguir iluminación uniforme y un entorno apropiado, entre otras (Artigas, Capilla, & Pujol, 2002).

La ergofoftalmología es la disciplina que nace de la unión de la ergonomía y la oftalmología y busca generar condiciones óptimas del lugar de trabajo en asuntos visuales. Las condiciones de trabajo (iluminación, ángulo de visión y contraste entre objeto y superficie) y la aptitud visual (agudeza visual y cromaticidad), son factores ergofoftalmológicos que influyen en el desempeño de actividades en el área de inspección visual (Solano Lamphar, 2006).

Las condiciones ambientales son de especial importancia en la evaluación visual porque pueden influir en los resultados. El área de inspección o de evaluación debe mantener las condiciones adecuadas y realizar los controles que exija la prueba en cuestión (ENAC, 2003). Si los factores ambientales se regulan convenientemente, son capaces de aumentar el rendimiento general del proceso (Martínez-Verdú & De Fez Sáiz, 2006).

Las condiciones ideales para realizar la evaluación de diferencia de color muchas veces no son de fácil acceso para las PYMES textiles, provocando variación significativa en sus productos, así como bajo desempeño de los empleados que realizan esta actividad de inspección. Es por esto que se considera necesario encontrar alternativas con las mejores condiciones ambientales posibles que logren aumentar la exactitud de la evaluación en estas empresas, que sean fáciles de implementar y que sean de bajo costo.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Identificar las mejores condiciones ambientales e instrumentales de bajo costo para aumentar la exactitud de la evaluación visual respecto a la diferencia de color en textiles.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Buscar en la literatura los factores ambientales e instrumentales que influyen en trabajos de inspección visual.
- b) Conocer el proceso de teñido de telas en empresa textil “Carolina Performance Fabrics” e identificar puntos de inspección visual de color en el proceso de teñido de telas.
- c) Identificar factores ambientales e instrumentales que intervienen en los puntos inspección de color.
- d) Realizar experimentación en los puntos de inspección visual del color seleccionados con las condiciones actuales y en cabina de iluminación.

- e) Analizar estadísticamente el desempeño de la evaluación visual del color bajo diferentes escenarios de las condiciones actuales en el proceso.
- f) Generar propuestas de mejores condiciones ambientales e instrumentales para la evaluación visual de la diferencia de color en textiles en “Carolina Performance Fabrics”.

1.3. Hipótesis

Si se establecen mejores condiciones ambientales e instrumentales de las ya existentes en la evaluación visual del color en la empresa, entonces se podrá aumentar la exactitud de dicha evaluación.

1.4. Justificación

La evaluación del color es de suma importancia al ser una característica de calidad, ya que de ella depende la aceptación o rechazo de los productos en el mercado. La industria textil de la región está basada en pequeñas y medianas empresas que realizan evaluación visual de color y que generalmente presentan problemas ya que no cuentan con condiciones favorables para realizar dicha inspección.

El no tener un lugar apropiado, el uso de iluminación inadecuada, el personal no apto o no capacitado, entre otros factores, influyen directamente en la exactitud de la discriminación cromática. Por lo que con el presente trabajo de tesis se busca apoyar a estas empresas textiles generando propuestas de mejora en las condiciones ambientales para el área de inspección de color con una inversión de bajo costo, mejorando la exactitud de la evaluación.

Capítulo 2. Marco teórico

2.1. El color

El color y su medición han ido adquiriendo importancia como consecuencia del desarrollo industrial. En diferentes sectores industriales como la automoción, textil, industria del plástico, de pinturas, imprenta, alimentos, etc., la cuantificación y control del color son de importancia significativa al ser una característica de calidad (Alonso-Felipe, 2016).

Para describir el color se debe hablar de acciones físicas, como producir estímulos en forma de luz, y resultados subjetivos, como recibir e interpretar estos estímulos en el ojo y el cerebro o sistema visual (Berns, 2000). Los colores son conceptos perceptuales que usa el cerebro para distinguir entre los diferentes estímulos recibidos. Los objetos no tienen un color propio sino la capacidad de sus superficies de absorber o reflejar longitudes de ondas electromagnéticas de la luz visible (Alberich, Gómez-Fontanills, & Ferrer-Franquesa, 2014). Por lo tanto, el color es la sensación producida por las radiaciones luminosas tras su absorción en la retina y posterior procesamiento a nivel cerebral para hacerlo consciente (Valero-Muñoz, 2013).

El término *color* puede tener distintos significados: los físicos lo aplican a determinadas distribuciones espectrales de las luces, emitidas por fuentes, reflejadas o transmitidas por objetos. Los químicos lo utilizan para diferencias espectrales debido a variaciones en la composición molecular de los compuestos químicos. En psicología es un aspecto de la respuesta del cerebro humano a la percepción de un estímulo visual. En el lenguaje común se entiende como la coloración de objetos, que puede hacer diferenciar dos objetos iguales por la sola variación de su color (Valero-Muñoz, 2013).

Valero Muñoz (2013) define el color de una forma más rigurosa como: “el atributo de la luz que hace corresponder de forma unívoca a cada distribución espectral una sensación. Esta sensación está conectada por la intensidad y duración del estímulo, el estado de adaptación del observador, el área de la retina afectada y el contraste luminoso y cromático con que se recibe”.

2.1.1. El ojo humano y la visión del color

2.1.1.1. La luz

La radiación visible es una forma de energía, parte de la familia incluye ondas de radio, rayos X, ultravioleta y radiación infrarroja (ver figura 2.1). La radiación que los humanos podemos ver es llamada luz (Berns, 2000). La luz consiste en partículas llamadas fotones, los cuales son considerados como un paquete de ondas electromagnéticas. El que un haz de energía electromagnética sea luz, y no rayos X u ondas de radio, depende de la longitud de onda (distancia entre la cresta de una onda y la siguiente) y en el caso de la luz esta distancia es de aproximadamente 500 nm (Hubel, 2000).

Únicamente una pequeña parte de todo el espectro electromagnético (ver figura 2.1) estimula la retina humana provocando una sensación luminosa. La luz blanca es parte del espectro que estimula la retina (incluye las longitudes de onda entre 380 y 770 nanómetros) y es percibida cuando todas las ondas de la luz visible estimulan la retina (Alberich et al, 2014). Si se descompone la luz solar blanca a través de un prisma se origina un espectro de percepción de los colores que abarca desde el rojo hasta el violeta (colores del arcoíris) (Silbernagl & Despopoulos, 2008).

Se percibe un color cuando sólo una parte de las radiaciones es recibida por el ojo; el rojo es la estimulación por la onda larga de luz visible (620 nm); el verde corresponde a la onda media (540 nm) y el azul por la onda corta (436 nm). Los seres humanos no pueden ver longitudes de onda como por ejemplo la luz negra (que corresponde por un lado a la luz ultravioleta y por otro lado a la luz infrarroja), pero hay especies animales que si las pueden percibir a través de la vista (Alberich et al, 2014).

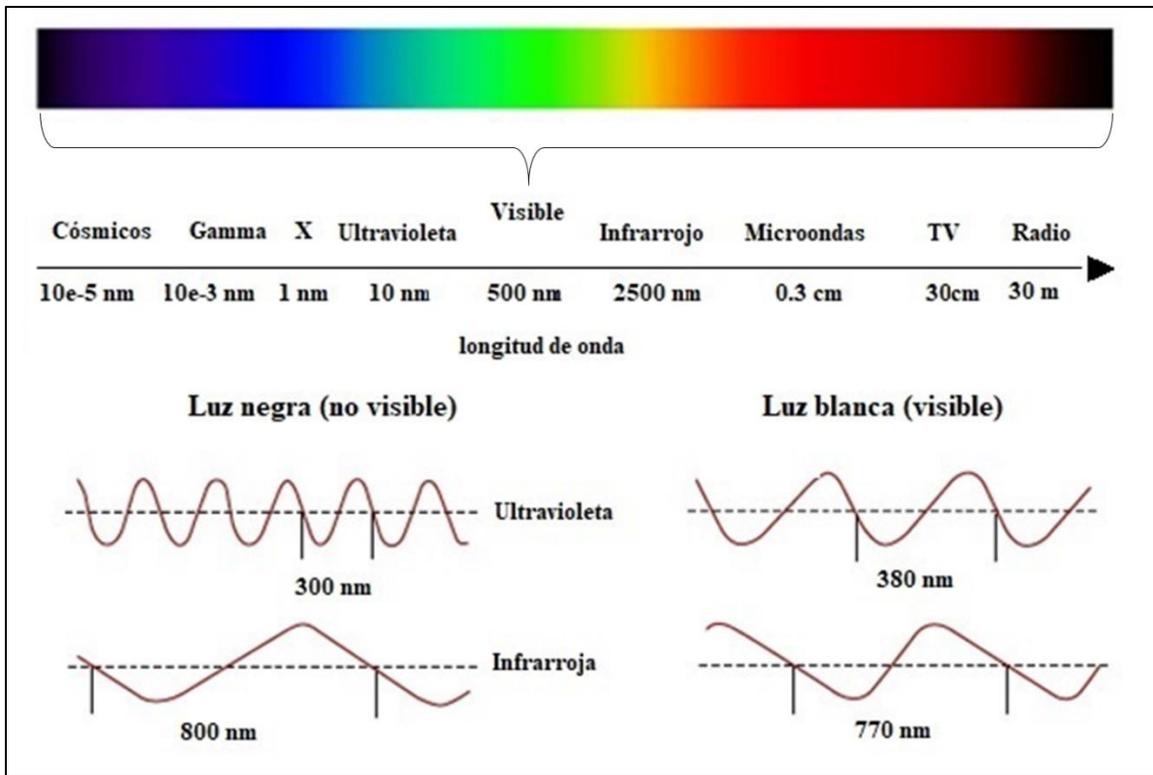


Figura 2. 1 Espectro electromagnético. (Fuente: basada en Alberich et al., 2014).

Al considerar el color se toman en cuenta tres dimensiones: matiz, brillo y saturación. El **matiz** es la experiencia de un determinado color cromático; por ejemplo, el color rojo está determinado por la longitud de onda de la energía luminosa, de tal forma que las longitudes de onda corta (450 nm) provocan sensación de matiz azul, las longitudes medias (560 nm) provocan matices verdes o amarillos y las longitudes largas (700 nm) provocan matices anaranjado o rojo. El **brillo** es la interpretación subjetiva de la intensidad luminosa, es decir, la luminancia percibida en un color. La **saturación** es la proporción de blanco que contiene mezclado un color cromático, es decir, es la pureza del color, cuanto menos proporción de blanco haya resultará más saturado el color y viceversa. Según investigaciones psicofísicas, al exponer a las personas ante luces cuya longitud de onda oscila entre 380-760 nm, llegan a discriminar hasta 150 matices diferentes; si se varía el brillo y la saturación, es posible discriminar hasta 7 millones de colores diferentes (Aznar-Casanova, s.f.).

Existen dos tipos de colores, los cromáticos (en la figura 2.2 se muestra el círculo cromático) y los acromáticos (en la figura 2.3 se muestra la escala acromática). Los primeros poseen matiz y son formados por los colores primarios (rojo-verde, amarillo-azul) y sus mezclas o colores secundarios, terciarios, etc. Y los colores acromáticos que no poseen matiz, son formados por la combinación de blanco y negro en diferente proporción, es la escala de grises (Aznar-Casanova, s.f.).

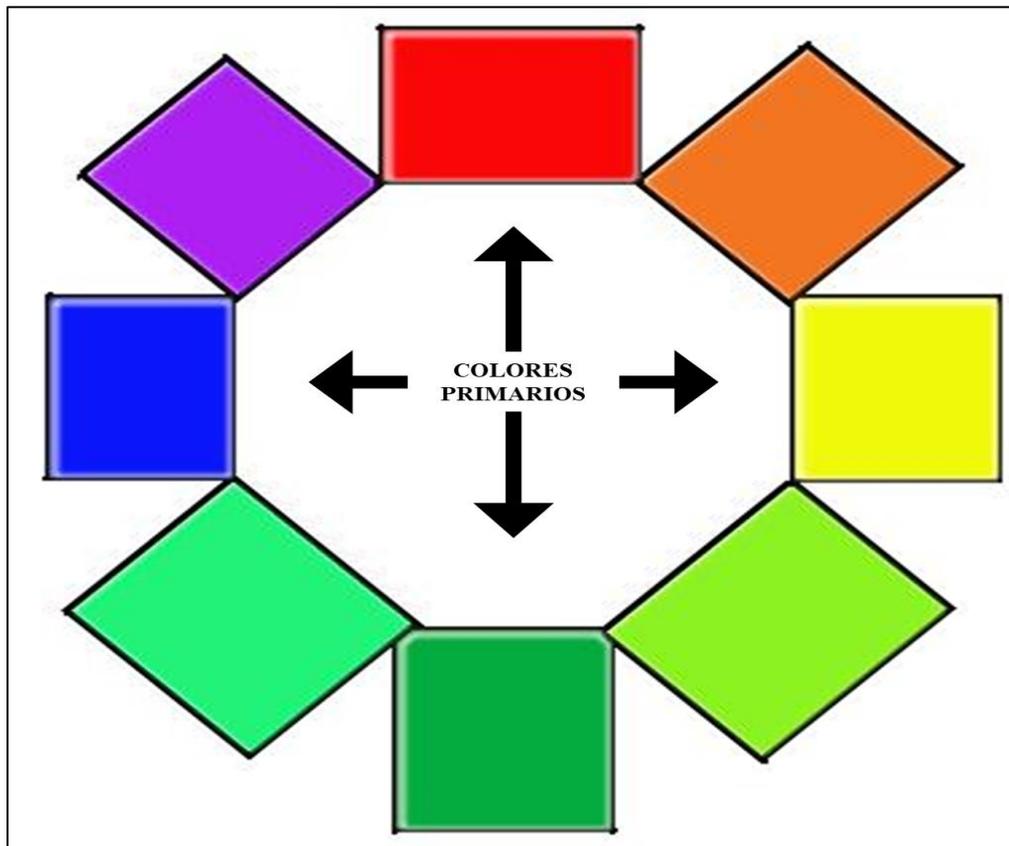


Figura 2. 2 Círculo cromático. (Fuente: basada en Aznar-Casanova)



Figura 2. 3. Colores acromáticos. (Fuente: basada en Aznar-Casanova)

2.1.1.2. El ojo humano

Ya se ha mencionado el color como un estímulo producido por la luz, que cuando es detectada e interpretada por nuestro sistema visual, es identificado como un color particular. La conversión de la luz a cualquier color es muy compleja, requiere entendimiento de óptica, procesamiento neuronal, etc., y cada año los científicos agregan más piezas. Ya que para propósitos de esta tesis no es esencial conocer detalladamente el sistema visual, se presentarán principios básicos. En la figura 2.4 se presenta un esquema de las partes del ojo humano involucradas en la visión del color.

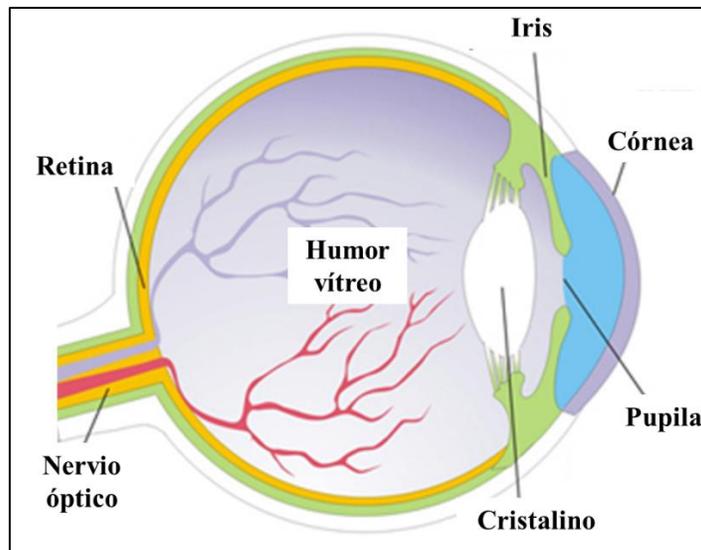


Figura 2. 4 Partes del ojo humano (Fuente: creación propia).

Las luces, diferentes en sus longitudes de onda y en su luminosidad, penetran en el ojo humano a través de la córnea. Los músculos del iris se contraen y se expanden para permitir que penetre mayor o menor cantidad de luz por la pupila, en función de la cantidad de luz disponible. La luz admitida es concentrada en la superficie posterior del ojo por tres medios refractantes: el humor acuoso, la lente del cristalino y el humor vítreo (Zelanski & Fisher, 2001).

La parte posterior del ojo está cubierta por la retina que es la superficie sensible a la luz que recibe la imagen que será interpretada posteriormente por el cerebro. En ella se proyectan invertidas las imágenes y de ahí se transmiten al sistema nervioso central (Valero-Muñoz, 2013). La calidad de la imagen retinal depende de las propiedades de absorción, dispersión y enfoque de la córnea, lente y los fluidos del globo ocular. Estos elementos ópticos influyen en las propiedades espectrales y espaciales de los receptores de luz (Berns, 2000).

La retina consta de una gran cantidad de fotorreceptores denominados bastones y conos. Los bastones están distribuidos por toda la retina excepto en la fovea y permiten detectar cantidades muy pequeñas de luz (tienen un máximo de absorbancia de 496 nm), un solo fotón de luz puede producir una señal. Se pueden estimular con bajas intensidades lumínicas, detectan mejor la luz y el movimiento, son hasta 1000 veces más sensibles que los conos a bajas intensidades de luz, pero se saturan rápidamente cuando la intensidad de luz es alta, es entonces cuando se estimulan los conos (Valero-Muñoz, 2013). Debido a que solo hay un tipo de pigmento, solo vemos objetos como sombras en gris. Conforme la cantidad de luz aumenta, los bastones pierden sensibilidad y dejan de enviar señales al cerebro (durante el día o en lugares bien iluminados, los bastones se encuentran inactivos) (Berns, 2000).

Los conos son nuestros receptores de color, se encuentran distribuidos solamente en la zona más profunda del globo ocular y operan con luz más intensa para hacer posible la percepción de matices, por lo que no podemos captar bien los matices de noche (Zelanski & Fisher, 2001). Las mujeres tienen un umbral de activación de los conos menor que los hombres y pueden ver más colores que los hombres. En los humanos existen tres tipos de conos (en la figura 2.5 se presentan los picos de absorción de luz de cada uno de los tipos

de conos) con un fotopigmento diferente y con una sensibilidad mayor a uno de los colores primarios (Valero-Muñoz, 2013):

- Pigmentos S, sensibles al azul (longitud de onda corta). Su máxima absorbancia (420 nm) es en la porción violeta-azul del espectro, se encuentra 30 veces en menor cantidad que los conos rojos y 15 veces menos que los verdes (proporción 1S: 15M: 30L).
- Pigmentos M, sensibles al verde (longitud de onda media). Absorbe el máximo de luz en la porción verde del espectro, su máxima absorbancia es a 535 nm.
- Pigmento L, sensible a longitud de onda larga absorbe al máximo los rayos de la porción amarilla, pero su espectro se extiende hacia longitudes de onda largas del rojo.

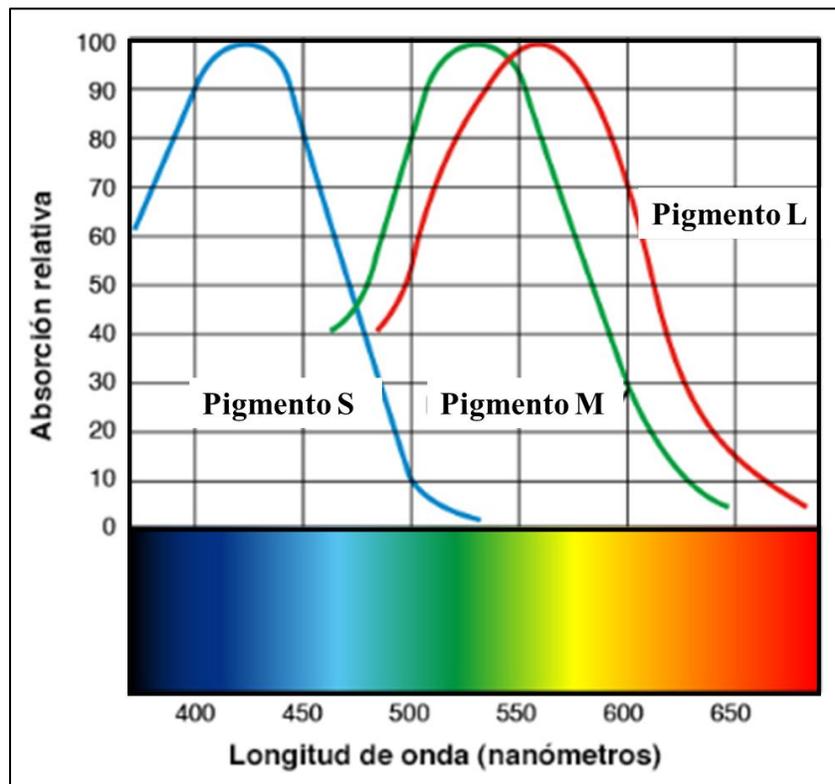


Figura 2. 5 Pico de absorción de la luz de los conos (Fuente: creación propia).

Las señales salen de la retina a través del nervio óptico y eventualmente llegan a la parte posterior del cerebro, estas señales del cerebro se interpretan a través de un proceso cognitivo que da como resultado el color (Berns, 2000).

Factores que influyen en la percepción del color

Existen factores que influyen en la percepción del color del ojo humano, los cuales se presentan a continuación (Aznar-Casanova, s.f.).

- La **longitud de onda** que es la distancia entre dos crestas consecutivas de una onda. El color blanco refleja por igual todas las longitudes de onda del espectro visible, mientras que el negro absorbe todas las longitudes de onda del espectro visible.
- La apariencia de un color puede cambiar según el color del **área circundante**, este efecto es llamado contraste simultáneo. El color de una superficie viene determinado no solo por la luz que refleja, sino también por la luz reflejada por las superficies próximas o adyacentes.
- El **estado de adaptación del observador**. La percepción del color puede variar mediante la adaptación a la luz que hace disminuir la sensibilidad de los conos; la adaptación a la oscuridad que hace aumentar la sensibilidad de los conos; y la adaptación selectiva a un color o rango estrecho de longitud de onda, tras lo que el color al que hemos adaptado un ojo (exposición durante 1 minuto) se percibirá con menor brillo y saturación que el mismo color visto con el ojo no adaptado.
- La **cantidad de iluminación** que incide sobre el objeto da lugar a que lo que percibamos con mayor o menor brillo.
- La **porción de la retina sobre la que incide el estímulo distal**. La fovea/retina central que es poblada solamente por conos, provoca cualquier sensación de color (matiz) incluyendo la escala de grises. La zona intermedia que solo tiene bastones y

algunos conos, provoca sensaciones de azul, amarillo, negro, gris y blanco. Y la estimulación de la zona periférica poblada solamente de bastones, únicamente puede provocar sensaciones de blanco, negro o gris.

Deficiencias en la visión del color

La clasificación más común de los tipos de visión defectiva del color se basa en la trivarianza (teoría de los tres componentes de color que establece que el ojo humano posee receptores de los tres colores primarios: rojo, azul y verde) (Urtubia-Vicario, 1996). Las deficiencias que se pueden presentar en la percepción del color pueden ser desde las más ligeras o anomalías cromáticas, como el **daltonismo** (consiste en confundir los colores rojo y verde); hasta las alteraciones más severas como la acromatopsia, que es la total ceguera para el color (1 por cada 100 mil personas presentan esta alteración) (Aznar-Casanova, s.f.).

Las personas acromáticas ven todo en el intervalo acromático, tienen poca agudeza visual y presentan mucha sensibilidad a la luz de día, por carecer de conos funcionales o por poseer un solo tipo de conos, este caso es llamado **monocromático**; en cambio las personas tricromáticas utilizan correctamente los tres tipos de pigmentos de los conos. Las personas dicromáticas basan su discriminación del color en únicamente dos tipos de conos por lo que son parcialmente ciegas al color, entre estas deficiencias destacan: la **protanopía** que es la falta del pigmento L, la **deuteranopía** que es la falta del pigmento M, y la **tritanopía** en la que el pigmento S está ausente. Estos defectos son hereditarios y ligados al cromosoma X, es decir, la mujer es portadora aunque no suele padecer sus efectos. Existen casos escasos en los que las personas pueden ser **dicromáticas unilaterales**, que presentan la deficiencia en un solo ojo. (Aznar-Casanova, s.f.).

Para evaluar la discriminación del color, de modo que sea posible detectar anomalías se han elaborado diversas pruebas de percepción cromática. De las ampliamente utilizadas es el test de Farnsworth-Munsell. Este test fue diseñado para examinar la habilidad en la discriminación de tonos en los observadores con visión normal de colores y evaluar las pérdidas en dicha discriminación de las personas con deficiencias en la visión del color. Consiste de 85 muestras de color Munsell repartidas en cuatro cajas distintas

(correspondiente cada una a un cuadrante en el círculo de tonos). Las personas evaluadas tienen que ordenar los tonos de cada caja entre dos tonos de referencia. Se recomendaba limitar el tiempo a dos minutos por caja, pero incluso las personas con visión normal del color presentan dificultad en obtener el orden correcto. Una vez colocadas las muestras se obtendrán gráficas con un patrón característico según la anomalía que el paciente presente (Artigas et al, 2002).

2.1.2. Evaluación del color

Las mediciones del color tienen como propósito estimar lo que el observador ve. Ya que el color que vemos existe por las propiedades particulares de nuestro sistema de visión, es lógico pensar en mediciones por inspección visual, pero actualmente la instrumentación para la medida del color disponible es cada vez más extensa y variada pero los tienen fundamentos similares, lo que los hace diferente es el grado de sofisticación y configuración que cada uno presenta que va depender de la aplicación que se le dará al aparato (Capilla, Artigas, & Pujol, 2002).

2.1.2.1. Sistemas de medición del color

Esta sección fue tomada del libro “Taller sobre el color y su medición de Alonso Felipe (2016).

Se crearon sistemas de medición como solución a los problemas de evaluación del color para poder cuantificarlo y expresarlo numéricamente, cuyo principio está basado en la cantidad de luz reflejada por el objeto.

Sistemas X Y Z

La organización internacional de luz y color CIE desarrolló dos importantes sistemas para la evaluación del color en términos de números basados en la medición de reflectancia espectral de la muestra. El primer sistema (creado en 1931) se refiere a los valores triestímulo X Y Z y el segundo (creado en 1976) referido a los espacios de color (L a b),

siendo estos sistemas los más utilizados en la actualidad por los instrumentos de medición de color.

El concepto de los valores triestímulo está basado en la teoría de los tres componentes de color que establece que el ojo humano posee receptores de los tres colores primarios, y todos los colores son mezclas que se derivan de ellos.

El sistema CIE es matemáticamente exacto, pero no es un espacio de color uniforme por lo que presenta el inconveniente de que el ojo humano no percibe como de igual magnitud diferencias o distancias matemáticamente de igual magnitud dentro del triángulo de colores. En el ámbito del azul violeta se identifican distancias matemáticamente mínimas como diferencias, mientras que en la gama de los verdes ya no se perciben distancias matemáticamente mayores como de distinto color.

MC-Adam, fue el primero en ocuparse de este problema, definió un trazado de las diferencias o contrastes cromáticos todavía identificables o perceptibles para el ojo humano, como elipses y si incluimos la claridad o luminosidad como elipsoides, como se muestra en la figura 2.6.

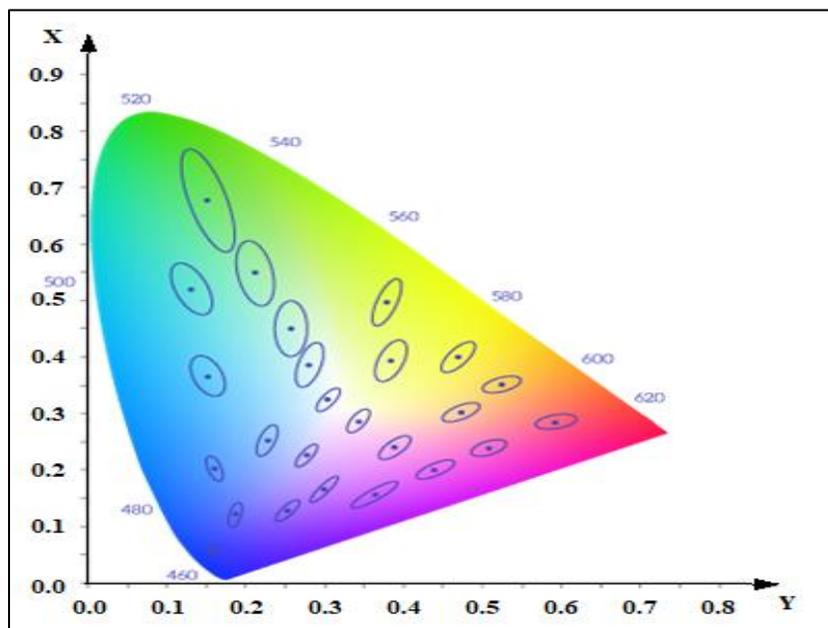


Figura 2. 6 Elipses de MC-Adam (Fuente: basada en Alonso-Felipe, 2016).

Como consecuencia de todo esto se desarrolló el sistema CIE-Lab, introducido por Judd-Hunter por lo que a veces se le conoce como sistema Hunter-Lab.

Sistema L*a*b

Este sistema de medición es también conocido como CIELAB. En estos sistemas y coordenadas cromáticas, la “L” es la coordenada que nos da la posición en el eje claro-oscuro o luminosidad, la coordenada “a” indica la situación el eje rojo-verde en función de positiva o negativa y la coordenada “b” es la posición en el eje amarillo-azul en función de positiva o negativa, estas coordenadas se esquematizan en la figura 2.7. En estos sistemas de coordenadas las distancias matemáticamente iguales en todas las gamas cromáticas también corresponden a distancias aproximadamente iguales en el sistema gráfico.

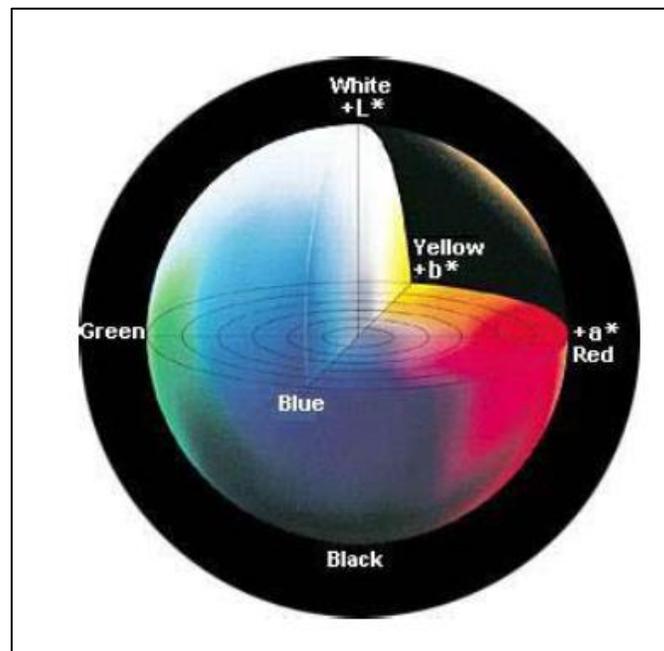


Figura 2. 7 Diagrama de coordenadas del sistema L*a*b (Fuente: basada en Alonso-Felipe, 2016).

Desde 1931 se considera el punto de partida de la colorimetría moderna, ya que con la implementación de sus recomendaciones se hizo posible la expresión de color en términos numéricos, lo cual favoreció los procesos de evaluación de color en términos de aceptación o rechazo de muestras, logrando un mejor control de calidad en las empresas.

2.1.2.2. Evaluación instrumental del color

El objetivo de la mayoría de las mediciones de color es estimar lo que un observador ve. Esto es cuantificable basándose en la teoría triestímulo, se calculan las cantidades de los tres primarios necesarios para hacer coincidir un estímulo observado bajo condiciones estándar y un observador CIE estándar. Hay muchas tecnologías que pueden determinar coordenadas de valores triestímulos y pueden ser categorizados según el número de señales desde el mínimo de tres (uno para cada triestímulo) hasta 471 (uno para cada nanómetro de las ondas del espectro visible). Una consideración importante es que dependiendo de las propiedades espectrales que se quieren medir, estimar o incluir. Mientras el número de señales aumenta, el instrumento cambia de colorímetro a espectrómetro (Berns, 2000).

Un **espectrómetro** es un instrumento usado para medir una propiedad óptica especificada como función de longitud de onda. Cuando mide materiales es llamado espectrofotómetro y cuando mide fuentes de luz, es llamado espectro radiómetro. Un **colorímetro** es un instrumento usado para medir triestímulos de un estímulo (Berns, 2000). Ambos instrumentos pueden determinar el color de una muestra pero es normal que el color de un mismo objeto medido con ambos aparatos dé resultados distintos. El valor dado por el espectrofotómetro es más confiable ya que los valores y funciones de igualación de color del sistema visual fueron obtenidos experimentalmente e introducidos a la base de datos, por lo que una vez medida la muestra, los cálculos de los valores triestímulos y las coordenadas cromáticas son exactos. En cambio, en un colorímetro, tanto el iluminante como las funciones de igualación de color, se intentan imitar mediante filtros o plantillas. Esta imitación no es perfecta, por lo que los resultados suelen ser diferentes a los de un espectrofotómetro, aún entre diferentes colorímetros los resultados suelen diferir (Capilla et al, 2002).

2.1.2.3. Evaluación visual del color

No existen modelos que sean capaces de describir el color con el que se percibe un objeto en cualesquiera condiciones de observación. Los modelos de apariencia del color intentan

abordar esta tarea con relativo éxito (Artigas et al,2002). Un principio afirma que cualquier color puede ser igualado por la suma de tres colores primarios convenientemente elegidos (Alonso-Felipe, 2016).

El procedimiento para la medición del color visualmente se puede dividir en forma general en dos etapas: 1) examen del color y 2) valoración del examen del color. Se debe elegir un patrón de luz, para así tener siempre el mismo tipo de iluminación al realizar la inspección. Es importante elegir el que tenga el mayor parecido con los iluminantes naturales como la luz de día (C, D65) o incandescente (A). Después de elegir el iluminante, se hace la selección de un patrón de referencia (color), que será la unidad con respecto a la cual se especificará la magnitud. Para terminar con la primera etapa, se realiza el examen utilizando el ojo como detector, un excelente dispositivo de comparación. Ya establecidas las condiciones, se continúa con la valoración del examen. Si la muestra y el patrón son iguales, la evaluación será muy sencilla pues se especificará la muestra a medir como igual al estándar. La valoración del examen se complica cuando son diferentes, puesto que es muy difícil cuantificar cuán diferente es la muestra del patrón. Para simplificar este problema se necesita disponer del mayor número posible de patrones de referencia, para que la probabilidad de que la muestra y el patrón sean iguales sea mucho más alta (Capilla et al, 2002).

Para llevar a cabo una evaluación visual del color se utiliza una cabina de iluminación en la cual las condiciones son controladas, y se toman en cuenta aspectos como (Lockuán Lavado, 2012):

- Iluminante. La evaluación debe realizarse bajo una luz igual a la que el cliente usará.
- Color de las paredes de la cabina. Deberán ser gris neutro para no interferir en la evaluación.
- Geometría de observación (ver figura 2.8). Se debe evitar la percepción del brillo y la textura en las muestras. Generalmente se emplea una geometría de $0^{\circ}/45^{\circ}$ o $45^{\circ}/0^{\circ}$ entre la dirección de la iluminación y la observación, con respecto a la normal a la superficie de la muestra.

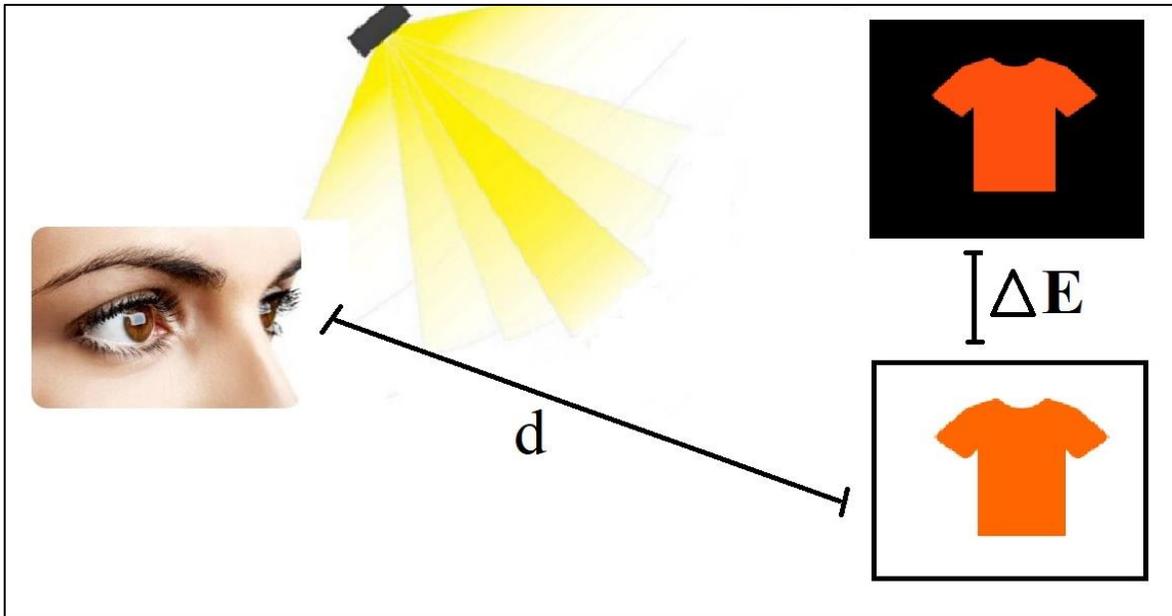


Figura 2. 8 Geometría de la visión (Fuente: imagen propia).

- Mantener despejado el interior de la cabina para evitar interferencias en la percepción del color.
- Evitar incidencia de otras luces que no sean las de la cabina, es decir, eliminar momentáneamente luces como las que entran por las ventanas o provenientes de la iluminación del área de trabajo.
- Si se hará la evaluación de diferentes colores, comenzar con los tonos claros, medios y finalmente los tonos intensos.
- No exponer demasiado tiempo la vista para evitar el cansancio visual.

2.2. Iluminación

A través de los órganos de los sentidos todo individuo permanentemente recibe información de su entorno; de toda esta información, más de 50% es visual, de ahí que la buena iluminación es muy importante en los centros de trabajo, además de las repercusiones que tiene en la eficiencia, la seguridad y salud del trabajador, la comodidad y, por tanto, la

productividad (Castro-Albarran, Palacios-Nava, Paz-Román, García de la Torre, & Moreno-Altamirano, 2014).

La luz es la sensación que se produce sobre el ojo humano por ondas electromagnéticas. Se trata de campos electromagnéticos alternos que transportan energía a través del espacio y se propagan bajo la forma de oscilaciones o vibraciones (Soto-Cruz, 1996)

Existen dos fuentes básicas de iluminación: la natural y la artificial. La iluminación natural es la suministrada por la luz diurna y presenta indudables ventajas sobre la iluminación artificial (Cortés-Díaz, 2007):

- Permite definir perfectamente los colores, ya que en horas de máxima iluminación pueden existir valores de iluminación superiores a 100 000 lux.
- Es la más económica
- Es la que produce menos fatiga visual

No obstante, presenta el inconveniente de ser variable a lo largo de la jornada por lo que deberá completarse con la iluminación artificial (Cortés-Díaz, 2007).

La iluminación artificial es la suministrada por fuentes luminosas artificiales como lámparas de incandescencia o fluorescentes. Según el reparto de luz ésta puede ser general (la luz es repartida uniformemente sobre toda la superficie de trabajo) o localizada (la luz incide sobre alguna zona no suficientemente iluminada con iluminación general) (Cortés-Díaz, 2007).

2.2.1. Tipo de iluminación

De acuerdo con la distribución y colocación de las luminarias, la iluminación artificial puede ser directa, semidirecta, uniforme, semi-indirecta, indirecta y localizada, según el porcentaje de luz (ver figura 2.9) (Menéndez-Díez, 2008) :

- Iluminación directa. El flujo emitido se realiza sobre el plano de trabajo.

- Iluminación semidirecta. Luminarias que emiten parte del flujo luminoso hacia el techo del local (menos del 40%) y el resto sobre el plano de trabajo.
- Iluminación uniforme. Cuando la repartición del flujo se encuentra entre el 40-60% del total hacia el suelo o hacia el techo.
- Iluminación semi-indirecta. Luminarias que emiten parte del flujo luminoso hacia el techo del local (más del 60%) y el resto sobre el plano de trabajo.
- Iluminación localizada. Cuando para una tarea es necesaria una muy alta iluminación se refuerza el alumbrado general con luminarias que actúan sobre dicha tarea.

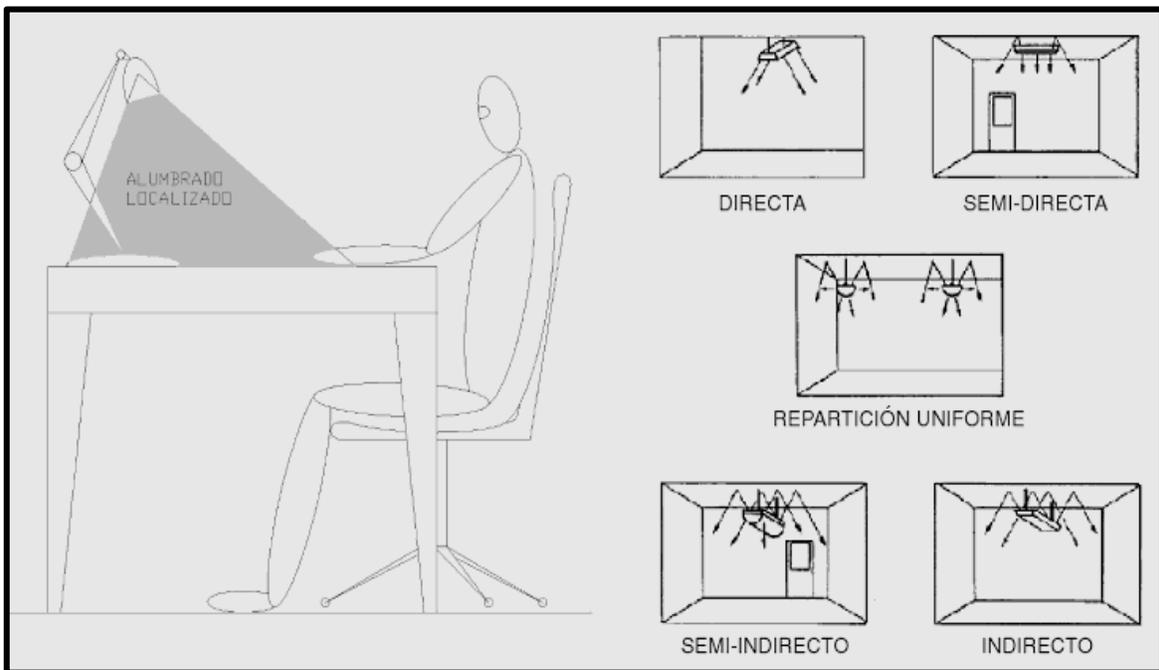


Figura 2. 9 Diferentes tipos de iluminación (Fuente: basada en Menéndez-Díez, 2008).

2.2.2. Tipos de iluminantes

La CIE (Comisión Internacional de Iluminación, usualmente conocida como CIE por las iniciales de su designación en francés: Commission Internationale de l'Éclairage), que es la principal autoridad internacional en el campo de la luz y la iluminación, define un

iluminante como la radiación con una distribución de potencia espectral relativa definida en el rango de longitud de onda que influye en la percepción del color de un objeto. Este término no está restringido a este sentido, sino que también se usa para cualquier tipo de luz que caiga sobre un cuerpo o escena (International Commission on Illumination CIE, s.f.).

Para la aplicación de los sistemas de medición de color, la CIE considera diferentes tipos de iluminantes ya que cada fuente de luz viene caracterizada por la energía que emite en las diferentes longitudes de onda. Las más comunes son (Alonso-Felipe, 2016):

Iluminante A: luz incandescente con una temperatura de color de 2854 K (lámpara de tungsteno).

Iluminante C: luz solar de día promedio, con una temperatura de color de 6774 K, no incluye la radiación ultravioleta.

Iluminante D65: luz solar de día promedio, con una temperatura de color de 6504 K, incluyen la radiación ultravioleta.

Iluminante F: distribución energética espectral de un tubo fluorescente tipo blanco cálido.

2.2.3. Tipos de lámparas

Esta sección fue tomada del libro de Soto-Cruz (1996), titulado “Fundamentos sobre ahorro de energía”

Para la selección del tipo de lámpara para emplear es necesario tener en cuenta las siguientes características:

- Potencia nominal. Condiciona el flujo luminoso y el dimensionamiento de la instalación desde el punto de vista eléctrico (calibre del conductor, dispositivos de protección, etc.).
- Eficiencia luminosa y de decaimiento del flujo luminoso (durante el funcionamiento). La duración de vida media y el costo de la lámpara condicionan la economía de operación de la instalación.

- Gama cromática. Condiciona la mayor o menor apreciación de los colores respecto a los observados con luz natural.
- Temperatura de los colores. Condiciona la tonalidad de la luz, se dice que una lámpara proporciona una luz “caliente” o “fría” si prevalecen las radiaciones luminosas de colores rosa o azul.
- Dimensiones del local. Las características de la construcción y sus dimensiones condicionan el tipo y características de los aparatos de iluminación como son la dirección del haz luminoso, costo, etc.

Las **lámparas incandescentes** se estima que operando a su voltaje nominal tiene una vida media de 1000 horas, se fabrican en rangos de potencia de 24 a 1000 watts, tiene como característica principal su facilidad de uso y bajo costo. La eficiencia es baja en comparación con otros tipos de lámparas pero aumenta al aumentar la potencia de la lámpara. Se utiliza principalmente en alumbrado general y en interiores como casas, oficinas, etc., se usa entre 75 y 150 watts con alturas no superiores a 3 m. de las desventajas que presentan es una elevada producción de calor y elevada brillantez con deslumbramiento relativo.

Las **lámparas de halógeno** son un tipo de lámparas incandescentes ya que se les introduce halógeno (sodio generalmente), obteniendo un menor decaimiento luminoso y mayor eficiencia luminosa. Se fabrican de entre 500 a 1000 watts y tienen aplicaciones especiales como la iluminación de monumentos, campos deportivos y fotografía.

Existe un grupo muy amplio de **lámparas de descarga de gas**: lámparas fluorescentes tubulares, de vapor de mercurio o sodio, tubos para anuncios luminosos. Estas lámparas funcionan con el paso de la corriente eléctrica en un gas y presentan algunas desventajas como los dispositivos requeridos para su encendido y estabilización de la descarga, baja potencia y la necesidad de eliminar el parpadeo.

Las **lámparas fluorescentes** producen luz debido a que una descarga eléctrica excita al gas (vapor de mercurio y un poco de argón) contenido en el tubo, generando una radiación sobre todo en el campo espectral de luz ultravioleta. Estas radiaciones se dirigen a la

sustancia fluorescente que se encuentra en las paredes internas del tubo y se transforma en energía luminosa visible. Las lámparas fluorescentes se clasifican en:

- Cátodo caliente. Son más cortas, de mayor diámetro y eficiencia más alta, este tipo es el más usado.
- Cátodo frío. Son más largas, delgadas, adoptan gran variedad de formas y tienen mayor duración.

Estas lámparas tienen una eficiencia de 4 a 6 veces la que tienen las incandescentes, por lo que el costo de operación es menor, el problema de deslumbramiento es menor y no tiene restricciones en cuanto a la posición de operación.

2.3. Textiles

La fibra textil es la unidad de la que está compuesto todo textil (la palabra textil proviene del latín *texere* que significa tejer). En el pasado se le nombraba textiles solamente a las telas tejidas, pero hoy se consideran productos textiles las fibras naturales y sintéticas que se utilizan para la fabricación de prendas de vestir, todos los materiales que utilizan estas fibras y también las telas no tejidas fabricadas en el laboratorio (Alonso-Felipe, 2015); que conservan en mayor o menor medida la resistencia, la flexibilidad y demás propiedades características de las fibras originales (Juran, Gryna, & Bingham, 1990).

Las fibras se obtienen a partir de diferentes sustancias químicas y materiales naturales, entre los cuales cabe citar: yute, lino, algodón, vidrio, lana, entre muchos otros (Juran et al, 1990).

Las propiedades básicas deseables en el campo textil en una fibra son (Alonso-Felipe, 2015):

- Percepción al tacto, aspecto visual, caída, etc.
- Capacidad de protección frente al calor, al frío, al agua, al viento, etc.
- Fácil cuidado y conservación de la prenda

- Confort
- Durabilidad y mantenimiento

Dentro de las propiedades geométricas se encuentran la longitud, la finura, el rizado y la forma de la sección transversal. Las propiedades físicas son el brillo y color, propiedades térmicas, propiedades eléctricas, propiedades superficiales, propiedades mecánicas. Mientras que las propiedades de sorción son la humedad y agua, disolventes orgánicos, propiedades tintóreas. Resistencia a tratamientos con diferentes sustancias, acción de la intemperie, acción de insectos y microorganismos, son algunas de las propiedades químicas. En los nuevos textiles se solicitan propiedades tales como que sean antimicrobianos, antialérgicos, anti-UV, luminiscencia, reflectancia, auto limpiante. micro encapsulado, materiales que respiran. (Alonso-Felipe, 2015).

2.3.1. Clasificación de las fibras textiles

Las fibras textiles según su origen son clasificadas en fibras naturales y fibras manufacturadas.

2.3.1.1. Fibras naturales

Se encuentran en la naturaleza y son extraídas mediante procesos físicos o mecánicos, según su origen pueden ser (Lockuán-Lavado, 2013):

- a) Vegetales. Pueden estar situadas junto a las semillas y se obtienen desprendiéndolas de éstas, pueden encontrarse en el tallo o pueden ser aisladas quitando la pulpa de las hojas. Podemos contar al algodón, capoc, yute, abacá, rafia, formio, entre otros.
- b) Animales. A este grupo pertenecen la lana, los pelos de alpaca, vicuña, guanaco, camello bacteriano, conejo, cashmere, seda, etc.
- c) Minerales. La única que tiene este origen es el asbesto o amianto.

Fibras de algodón

El algodón es de las fibras textiles más estudiadas. Se encuentran 4 variedades: *Gossypium arboreum* originario de la India y Pakistán, *Gossypium barbadense* que es la variedad con las fibras más largas, *Gossypium herbaceum* es nativo del África subsahariana y Arabia, y *Gossypium hirsutum* que es originario de Mesoamérica. Las fibras de algodón se componen mayormente por celulosa (80-90%), agua (6-8%), pectinas (4-6%) y otros componentes en menores cantidades como ceras y grasas (0.5-1%), proteínas (0.5-1.5%) y cenizas (1-1.8%). Los diámetros de las fibras varían de 16 a 20 micras y la forma es distinta dependiendo de la madurez de la fibra. Los colores van desde el blanco hasta el marrón, según la variedad; en cuanto a la brillantez, mayormente son mates pero algunas presentan un leve brillo. Otra de las características a considerar es la finura, que dependen fundamentalmente de las condiciones del clima, región y especie cultivada. Existe la finura intrínseca que se refiere al diámetro de la fibra; y la finura de madurez que es el grosor de la pared secundaria de la fibra (Lockuán-Lavado, 2013).

Es necesario determinar adecuadamente las características de las fibras que se utilizarán en cada lote para que haya uniformidad y evitar problemas como el barrado horizontal. El barrado de tejidos es un efecto visual en forma de barras o listas horizontales o verticales, este efecto es muy grave y muchas veces no es detectado en la tela cruda pero se hace notorio en la tintorería. En la figura 2.10 se muestra un ejemplo del barrado horizontal.

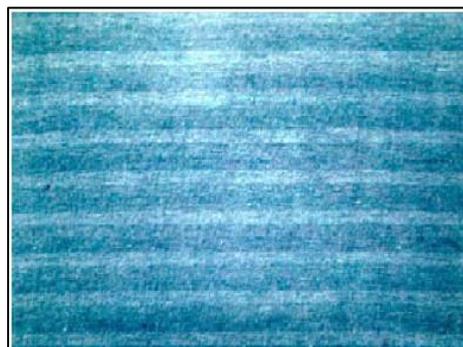


Figura 2. 10. Ejemplo de barrado horizontal (imagen propia)

2.3.1.2. Fibras manufacturadas (químicas)

Durante miles de años, el uso de las fibras estaba limitado a aquellas disponibles en el mundo natural, además por las cualidades no deseables inherentes de cada una de ellas, poco a poco fue apareciendo la necesidad de encontrar la fibra ideal. Son hechas por el hombre y pueden ser obtenidas de polímeros naturales o de polímeros sintéticos, las primeras son generalmente conocidas como fibras artificiales y las segundas se denominan sintéticas (Lockuán-Lavado, 2013).

Para ser útil como material textil, un polímero sintético debe tener características adecuadas con respecto a varias propiedades físicas. Entre estas se incluyen un elevado punto de reblandecimiento, que permita el planchado, una resistencia a la tracción adecuada en un intervalo regularmente amplio de temperaturas, solubilidad o capacidad de fusión para el hilado, un elevado módulo o rigidez y buenas cualidades textiles (Billmeyer, 1975).

2.4. Diseño de experimentos

Un experimento es una prueba/serie de pruebas en que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso/sistema para observar e identificar las razones de cambios en la variable de salida (Montgomery, 2004). Por diseño estadístico de experimentos se entenderá el proceso de planear todos los pasos que deben darse, y el orden que debe seguirse, en la recolección y posterior análisis de la información requerida para estudiar un problema de investigación. En un sentido más restringido, algunos autores consideran el diseño de experimentos como aquel conjunto de reglas que permiten asignar tratamientos a unidades experimentales, buscando eliminar sesgos y cuantificar el error experimental (Díaz-Cadavid, 2009).

El propósito del diseño experimental es la obtención del máximo de información con el mínimo de costo y el máximo de eficiencia. En muchas ocasiones, estas condiciones se cumplen al seleccionar diseños simples, sencillos de aplicar y fáciles de analizar. Un diseño

es eficiente cuando proporciona más conocimientos y mayor precisión con un número menor de datos (Díaz-Cadavid, 2009). La experimentación en la ingeniería tiene un papel importante para el diseño de productos nuevos, desarrollo de procesos de manufactura y mejoramientos de procesos. En muchos casos el objetivo sería desarrollar un proceso robusto, un proceso que sea afectado en forma mínima por fuentes variables externas. Un proceso es una combinación de máquinas, métodos, personas u otros recursos que transforman cierta entrada en una salida que tiene una o más respuestas observables, en la figura 2.11 se esquematiza un modelo de proceso/sistema (Montgomery, 2004).

Al diseño de experimentos se le califica de “estadístico”, pues además de seleccionar la estrategia experimental más adecuada para el caso, y antes de registrar dato alguno, se debe asegurar que el plan elegido tiene una razonable posibilidad de identificar y cuantificar correctamente la importancia de los factores (Saderra Jorba, 1993).

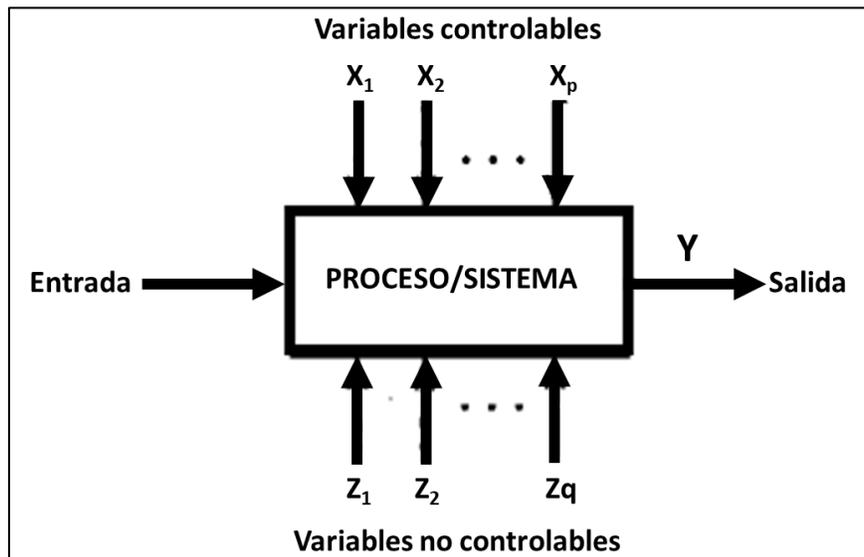


Figura 2.11 Modelo general de un proceso/sistema.

2.4.1. Conceptos del diseño experimental

El vocabulario inicial de esta disciplina fue derivado de la biología y la agricultura en los primeros años del siglo XX ya que muchos de los métodos estadísticos del diseño

experimental fueron innovados por R. A. Fisher y F. Yates durante su trabajo en la Estación Experimental Agrícola de Rothamsted, Inglaterra. Actualmente este vocabulario se ha generalizado al aplicarse en casi todas las áreas del conocimiento aplicado (Díaz-Cadavid, 2009). A continuación se presentan algunos términos usados frecuentemente.

Variables. El concepto de independencia en experimentación viene de la idea matemática de relación funcional, donde el cambio de los valores de una **variable dependiente** es el resultado directo de la manipulación de los valores de otra/otras **variables independientes**. La característica observada o medida en cada unidad experimental es llamada **variable de respuesta o dependiente** (Díaz-Cadavid, 2009).

Una variable independiente que es evaluada en la investigación es llamada **factor**. Los factores pueden ser experimentales u observacionales, se llaman factores de estudio y se diferencian de otras variables independientes que no son de interés primordial en el estudio, pero que pueden afectar a la variable de respuesta; estas últimas son llamadas **factores de control** (Díaz-Cadavid, 2009).

Un **nivel de factor** es cada uno de los atributos o estados en que se descompone un factor (Díaz-Cadavid, 2009).

En un estudio unifactorial, un **tratamiento** es un nivel de un factor; para estudios multifactoriales, es una combinación de niveles tomando uno de cada factor. La parte más pequeña del material experimental a la que se le puede aplicar un tratamiento es llamada **unidad experimental** (Díaz-Cadavid, 2009).

A cada una de las observaciones del experimento se le llama **corrida**; las corridas individuales difieren, por lo que existen fluctuaciones o **ruido** en los resultados. Comúnmente a este ruido se le conoce como **error experimental**. Se trata de error estadístico, lo cual significa que se origina por la variación que no está bajo control y que generalmente es inevitable. La presencia de ruido implica que la variable de respuesta es una variable aleatoria (Montgomery, 2004).

Los tres **principios básicos del diseño experimental** mencionados por Montgomery (2004), son la replicación, la aleatorización y el bloqueo. La **replicación** es la repetición

del experimento básico; su realización permite obtener una estimación del error experimental, esta estimación se convierte en una unidad de medición básica para determinar si las diferencias observadas en los datos son estadísticamente diferentes. Si se usa la media muestral para estimar el efecto de un factor en el experimento, el uso de réplicas permite obtener una estimación más precisa de este efecto. Por **aleatorización** se entiende que la asignación del material experimental como el orden en que se realizarán las corridas o ensayos individuales del experimento se determinan al azar; esto ayuda a sacar del promedio los efectos de factores extraños que pudieran presentarse. El **bloqueo** es una técnica que se utiliza para mejorar la precisión de las comparaciones que se hacen entre los factores de interés, se emplea para reducir o eliminar la variabilidad transmitida por factores de ruido (factores que pueden influir en la respuesta experimental, pero en los que no hay un interés específico).

Por **diseño factorial** se entiende que en cada ensayo/réplica completa del experimento se investigan todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores. En muchos experimentos interviene el estudio de los efectos de dos o más factores, los diseños factoriales son los más eficientes para este tipo de experimentos (Montgomery, 2004).

Montgomery (2004) define el **efecto de un factor** como el cambio en la respuesta producida por un cambio en el nivel del factor, frecuentemente se le llama **efecto principal** porque se refiere a los factores de interés primario en el experimento. En algunos experimentos puede encontrarse que la diferencia entre los niveles de un factor no es la misma para todos los niveles de los otros factores, cuando ocurre esto existe una **interacción** entre los factores.

2.4.2. Análisis de la varianza (ANOVA) y regresión logística binaria

El análisis de la varianza (ANOVA), es en general un conjunto de situaciones experimentales y procedimientos estadísticos para el análisis de respuestas cuantitativas de unidades experimentales. No es un modelo fijo, se adapta a cada diseño y se puede clasificar de distintas maneras. El problema ANOVA más simple se conoce como

unifactorial e implica el análisis de datos muestreados de más de dos poblaciones (distribuciones) numéricas o de datos de experimentos en los que se utilizaron más de dos tratamientos (Devore, 2008). Si es multifactorial, el ANOVA correspondiente será de dos vías cuando se analizan dos factores; de tres vías cuando se analizan tres factores, etc. (Díaz-Cadavid, 2009).

El objetivo central del ANOVA es la comparación de dos o más tratamientos, cada uno de los cuales representa una población, probar las hipótesis apropiadas acerca de las medias de los tratamientos y estimarlas. Para probar la hipótesis, se supone que los errores del modelo son variables aleatorias que siguen una distribución normal e independiente con media cero y varianza constante para todos los niveles del factor.

La regresión logística binaria se realiza para determinar qué factores se asocian significativamente con la variable de respuesta, es sumamente útil cuando se modela la probabilidad de un evento para una variable de respuesta categórica con dos resultados. Es un modelo de tipo lineal generalizado que extiende el modelo de regresión lineal al vincular el rango de números reales al rango 0-1. El modelo calcula directamente la probabilidad de ocurrencia de un evento (Kristjanson et al, 2007).

2.4.2.1. Interpretación de resultados de diseño de experimentos

Esta sección fue tomada del libro de “Diseño y análisis de experimentos” de Montgomery (2004).

Actualmente hay una gran cantidad de programas de computadora para apoyar el diseño experimental y la realización de análisis de la varianza, lo siguiente es interpretar los resultados arrojados por el programa utilizado.

Los **valores P** ($\text{Prob} > F$) menores que el nivel de significancia utilizado indican que los términos del modelo son significativos.

La **suma de cuadrados** correspondiente al modelo es la suma de cuadrados de los tratamientos, usual en de un diseño con un solo factor, identificada como “A”. Cuando hay más de un factor en el experimento, la suma de cuadrados del modelo se descompondrá en “A, B, C,..”.

Además del ANOVA básico, se presenta R^2 que es la relación entre la suma de cuadrados del modelo y la suma de cuadrados total; y se interpreta como la proporción de la variabilidad en los datos explicada por el modelo del análisis de varianza, debe tenerse $0 \leq R^2 \leq 1$, siendo más deseables los valores más grandes.

Se presenta también el estadístico **R^2 -ajustada**, refleja el número de factores presentes en el modelo. Es útil en experimentos complejos en los que intervienen varios factores en el diseño, cuando quiere evaluarse el impacto de aumentar o disminuir el número de términos del modelo. La **desviación estándar** es la raíz cuadrada del cuadrado medio del error. El **coeficiente de variación “C.V.”** mide la variabilidad no explicada o residual de los datos como un porcentaje de la media de la variable de respuesta.

La **suma de cuadrados del error de predicción “PRESS”** (Prediction Error Sum of Squares) es una medida de la adecuación con que es posible que el modelo del experimento predecirá las respuestas en un nuevo experimento, son deseables valores pequeños.

Predicción adecuada es el estadístico que mide la relación de la señal a ruido y una relación mayor a 4 es lo deseable ya que indican que el modelo tendrá un desempeño razonable en la predicción.

2.5. Estado del arte

En la tabla 2.1 se presentan artículos de los trabajos realizados hasta la fecha que están relacionados y que fueron de utilidad para el presente trabajo de tesis.

Tabla 2. 1 Estado del arte

Año	Revista	Título	Autor	Resumen
2017	Theorema revista científica	Identificación de condiciones ambientales ideales para la evaluación sensorial del color en la industria manufacturera	Iván Cabrera Sánchez, David Cabrera Sánchez, Araceli Moreno González, Paloma Teresita Gutiérrez Rosas	En este artículo se realizó experimentación a nivel laboratorio con diferentes factores ambientales que influyen en la evaluación visual del color en la industria manufacturera. Presentan resultados que sirven como base para el desarrollo de esta tesis que busca mejorar las condiciones ambientales en la discriminación cromática del color en textiles con un bajo costo.
2016	Applied Optics	Visual and instrumental correlation of sparkle by the magnitude estimation method	Omar Gómez, Esther Perales, Elisabet Chorro, Valentín	Se realizó una verificación de la correlación visual e instrumental entre el destello que el observador percibe, utilizando una cabina de iluminación direccional, y el valor del destello

			Viqueira, Francisco Martínez-Verdú	proporcionado por un espectrofotómetro multiangular. Se evaluaron muestras con diferentes tipos de pigmentos y colores de efectos especiales en diferentes geometrías y distintos niveles de iluminación.
2016		Selección de color dentario: comparación de los métodos visual y espectrofotométrico	Vladimir Valenzuela-Aránguiz, Sofía Bofill-Fonbote, Javier Crisóstomo-Muñoz, Francisco Pavez-Ovalle, Jacqueline Brunet-Echavarría	En este artículo se realizó una comparación en la selección del color dentario utilizando el espectrofotómetro y el método visual para ver si existen diferencias significativas entre ambos métodos. En odontología es ampliamente utilizado el método visual para realizar la selección del color aunque es subjetivo e influenciado por distintos factores; mientras que el uso del espectrofotómetro es objetivo y simple pero es poco usado. Se obtuvo como resultado que el 82% de los odontólogos participantes, no coincidieron con lo arrojado por el espectrofotómetro; por lo que

				<p>si existe diferencia estadísticamente significativa entre los métodos, mientras que el género de los odontólogos no parece ser un factor determinante en la selección del color.</p>
2012	Operative Dentistry	Effect of gender, experience, and value on color perception	M.E. Miranda	<p>Para la odontología, la coincidencia de colores resulta ser una tarea difícil y que presenta algunas variables que influyen en la comparación de tonos. En este artículo se evaluó las diferencias entre la percepción del color entre los géneros, la experiencia del observador y el valor de la cerámica en la selección correcta del color. Los resultados indicaron que existen diferencia estadísticamente significativa entre los factores evaluados, obteniendo mejores resultados los hombres y observadores con mayor experiencia y los tonos oscuros fueron detectados de mejor manera que los claros.</p>

2012	Universidad de Alicante	Evaluación visual de la distancia de detección del sparkle	Antonio García Navarro	En este artículo se presenta una metodología para llevar a cabo la evaluación de la distancia de detección del sparkle en muestras goniocromáticas (típicas del sector automotriz), y relacionarla con el valor instrumental de sparkle. Se utilizó una cabina especial de iluminación. Se obtuvo como resultado que hay una relación lineal entre el valor instrumental del sparkle y la distancia de detección visual, por lo que a mayor sparkle, mayor distancia para apreciar visualmente este efecto de textura.
2006	Ciencia y trabajo	Ergoftalmología: análisis de los factores que inciden en la astenopía de los trabajadores de inspección visual en la industria electrónica de Ciudad Juárez	Héctor Antonio Solano Lamphar	Las empresas que tienen estaciones de inspección en donde los operadores deben utilizar excesivamente la vista, deben poner bastante atención en los aspectos que pudieran generar un daño o incomodidad visual. En respuesta a este problema nace la ergoftalmología que trata de optimizar las

				<p>condiciones de trabajo en relación a la salud visual de los trabajadores. El objetivo de esta investigación fue demostrar que la iluminación, contraste entre objeto y superficie, agudeza visual, entre otros, son factores ergofisiológicos que influyen en la astenopía de los trabajadores que se desempeñan en actividades en el área de inspección visual. Por lo tanto la información generada en este artículo se tomará en cuenta para realizar propuestas que mejoren el desempeño de los trabajadores en la evaluación visual de color en textiles.</p>
2005	Color research and application,	A preliminary comparison of CIE color differences to textile color acceptability using average observers.	H. Mangine, K. Jakes, C. Noel	<p>Se presenta una comparativa entre la diferencia de color evaluada instrumentalmente, haciendo uso de ecuaciones de diferencia de color, y la evaluación visual. Esta investigación se realizó con la finalidad de encontrar la ecuación de diferencia de color que obtenga resultados</p>

				<p>más cercanos a los obtenidos por medio de la inspección realizada por personas, ya que la industria textil se niega a basar las decisiones de coincidencia de color totalmente en mediciones instrumentales. Se utilizaron observadores promedio para obtener resultados más cercanos a lo que el consumidor final observa. Se concluye que ninguna de las ecuaciones logró igualar los resultados obtenido por los observadores, por lo tanto este artículo sirve como justificación para la presente tesis ya que se pretende mejorar la exactitud de la evaluación visual de color.</p>
--	--	--	--	---

Capítulo 3. Método

3.1. Descripción de lugar de experimentación

Carolina Performance Fabrics, empresa en la cual se desarrolló el trabajo de experimentación de la presente tesis, se encuentra ubicada en la ciudad de Salvatierra en Guanajuato y es una de las principales empresas en México dentro del ramo textil. Esta empresa fabrica una gran gama de telas como gabardinas de algodón, telas antiestáticas, satines de algodón, retardantes a la flama, entre otras.

El proceso de teñido de las telas en la empresa (presentado en el anexo A), consta de las áreas explicadas brevemente a continuación:

- 1. Preparación.** Esta primera etapa del proceso tiene como objetivo el brindar a la tela la capacidad de absorción de agua para un mejor proceso de teñido.
- 2. Mercerizado.** En esta parte del proceso se hincha la fibra para posteriormente realizar 4 importantes actividades que son el fijar las dimensiones, realizar la distorsión de trama, dar un acabado brillante a la tela y finalmente verificar que el pH sea neutro para poder ser teñida en la siguiente etapa.
- 3. Tintorería.** Se realiza el teñido de la tela que se lleva a cabo bajo diferentes condiciones dependiendo del tipo de tela.
- 4. Ramas.** En esta etapa se da el último matiz y acabado a la tela y se fija el ancho final.
- 5. Área de calidad.** Esta es la etapa final del proceso en la cual se evalúan los defectos y se verifica el color final en la tela para finalmente liberar o rechazar la producción.

3.2. Metodología

A continuación, se describe la metodología seguida para este trabajo de tesis, la cual es presentada en forma de diagrama en la figura 3.1.

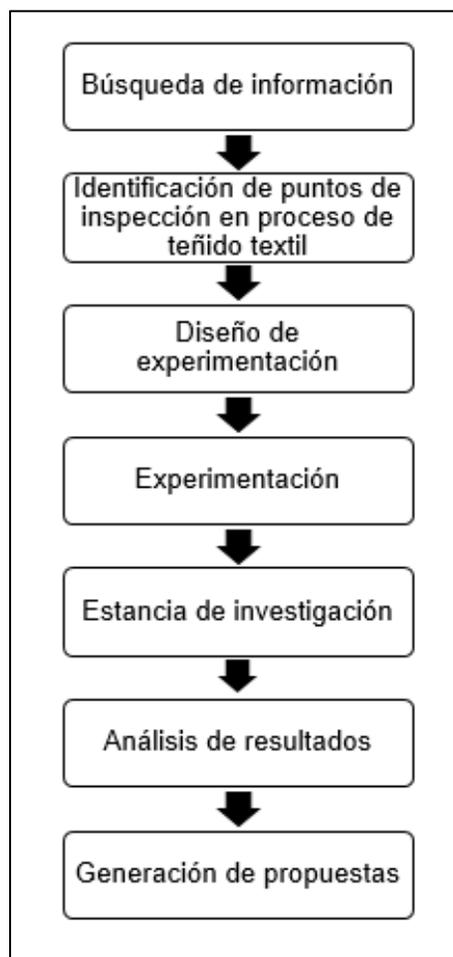


Figura 3. 1 Diagrama de metodología de la investigación. (Fuente: elaboración propia)

3.2.1. Etapa 1. Búsqueda de información

El objetivo de esta primera etapa fue el realizar una revisión literaria para conocer los trabajos realizados en el tema. También por medio de la búsqueda en la literatura se encontraron los equipos existentes que son utilizados para llevar a cabo la evaluación

instrumental de color en textiles, se identificaron factores ambientales, así como instrumentales involucrados en las evaluaciones visuales de color.

A partir de la búsqueda literaria se encontró que el espectrómetro y el colorímetro son equipos útiles y sencillos de manejar para realizar evaluaciones de color. En el caso de la empresa “Carolina Performance Fabrics”, se utiliza el espectrómetro para hacer verificaciones de color durante el proceso de teñido y acabado de las telas.

Se encontró que la iluminación, ángulos de evaluación, distancias de observación, los colores a evaluar, el medio ambiente en el que se lleva a cabo la evaluación, son factores involucrados y que deben ser cuidados para tener mejores resultados al realizar evaluaciones visuales de color.

3.2.2. Etapa 2. Identificación de puntos de inspección en proceso de teñido textil

Se realizaron visitas a la empresa “Carolina Performance Fabrics” para conocer el proceso de teñido de telas (todo el proceso se explica en el anexo A), las instalaciones, los tipos de tela que fabrican y conocer los problemas que se presentan con la diferencia de color en las telas producidas. Se identificaron tres puntos de inspección en el proceso en los cuales se realiza la evaluación del color utilizando el espectrómetro, y un único punto de inspección en el cual la evaluación se realiza visualmente.

Después de la identificación de los puntos de inspección en todo el proceso, se seleccionaron los puntos en los cuales se considera que la evaluación debería realizarse de manera visual y no únicamente instrumentalmente, en estos puntos se llevó a cabo la experimentación de este trabajo de tesis.

En la etapa de tintorería se seleccionaron 2 puntos de inspección:

- La “Inspección 3” (en salida de thermosol), este punto fue elegido ya que en thermosol es donde se lleva a cabo el teñido de la tela, por lo que sería la primer evaluación visual de color en la tela.

- “Inspección 4” (en salida de pad steam), en esta parte del proceso se hace el tratamiento de fijado del color en la tela por lo que se da un cambio de tono en el color de teñido original.

En la etapa de ramas se seleccionó un punto de inspección:

- “Inspección 5” (en salida del acabado), este punto se seleccionó ya que en esta parte del proceso se da el acabado final y se fija el tamaño de la tela, y debido a esto la tela sufre un ligero cambio de tono en color sufre el último

3.2.3. Etapa 3. Diseño de experimentación

La experimentación en la empresa comenzó con la aplicación del test de Munsell para evaluar la discriminación del color en los trabajadores del área de calidad; posteriormente se aplicó una prueba de evaluación de color a trabajadores de diferentes áreas del proceso de teñido en cada uno de los puntos de inspección seleccionados en el proceso. Para ambas pruebas se realizó un diseño de experimento que se describe a continuación.

3.1.3.1. Diseño de experimentos para la aplicación de Test de Munsell

Se aplicó el test de Munsell a todos los trabajadores del área de calidad que se encontraban laborando, siendo estos un total de 7 participantes. La actividad diaria de 2 de ellos es evaluar el color en las telas producidas y el resto de los trabajadores realizan inspección de defectos en las telas. El test se aplicó en distintos puntos del área de calidad: en la cabina de iluminación y en la mesa de trabajo donde realizan la inspección visual del color normalmente. El diseño de experimentos que se llevó a cabo fue un diseño factorial completo en el que los factores evaluados fueron:

- Lugar de aplicación del test a dos niveles (cabina de iluminación y mesa de trabajo)

- Trabajador (7 participantes en total)
- Las gamas evaluadas en el test (4 tonalidades).

3.1.3.2. Diseño de experimentos para la aplicación de prueba 2 de 5

En los puntos de inspección seleccionados en la etapa 2, se realizó la experimentación para este trabajo de tesis. La prueba “2 de 5” consiste en presentar 5 muestras en las que un par es igual y el trío restante es igual entre sí; el objetivo es que el participante identifique el par igual. Se aplicó esta prueba para la cual se decidió tomar como muestras para la experimentación tela color café fabricada por la misma empresa, ya que es el color con el cual los trabajadores presentan mayor problema con las diferencias de tono. Estas telas fueron medidas con un colorímetro para determinar el delta de color entre ellas para seleccionar las muestras a evaluar y se colocaron en 3 placas.

La figura 3.2 es una fotografía de una de las placas preparada con las muestras para la experimentación, las muestras fueron colocadas al azar en la placa para que los evaluadores eligieran el par igual.

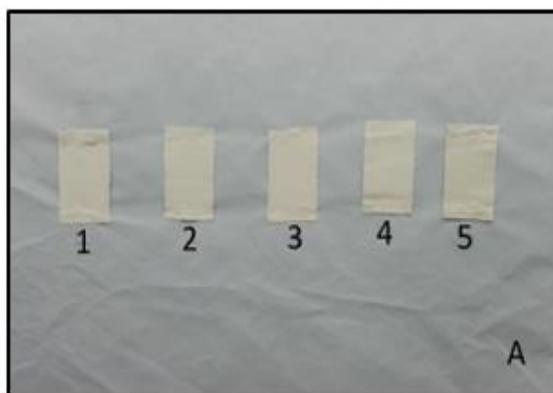


Figura 3. 2 Placa con muestras para evaluaciones de color. (Fuente: imagen propia)

En la tabla 3.1 se presentan los datos de las mediciones hechas con el colorímetro a las telas seleccionadas.

Tabla 3. 1. Delta de color entre las muestras en cada una de las placas.

Placa		Delta	Placa		Delta	Placa		Delta
A	Par	0.042	B	Par	0.072	C	Par	0.096
	Trio	0.068		Trio	0.06		Trio	0.07
	Delta entre par y trío	1.61		Delta entre par y trío	0.256		Delta entre par y trío	0.956

Para la prueba 2 de 5 es necesario tener un par de muestras idénticas o con un delta de color muy pequeño entre ellas y un trío de muestras que de igual manera deben ser idénticas entre sí o con un delta pequeño; el par y el trío pertenecientes a una placa se seleccionaron de tal forma que el delta de color entre ellas fuera de 1.6 (placa de evaluación A), 0.256 (placa de evaluación B) y 0.956 (placa de evaluación C).

En cada uno de los puntos de inspección seleccionados, los trabajadores realizaron las evaluaciones visuales en los extremos y en el centro del área de inspección a 1 metro de distancia de las placas con las muestras, como se puede ver en la figura 3.3.

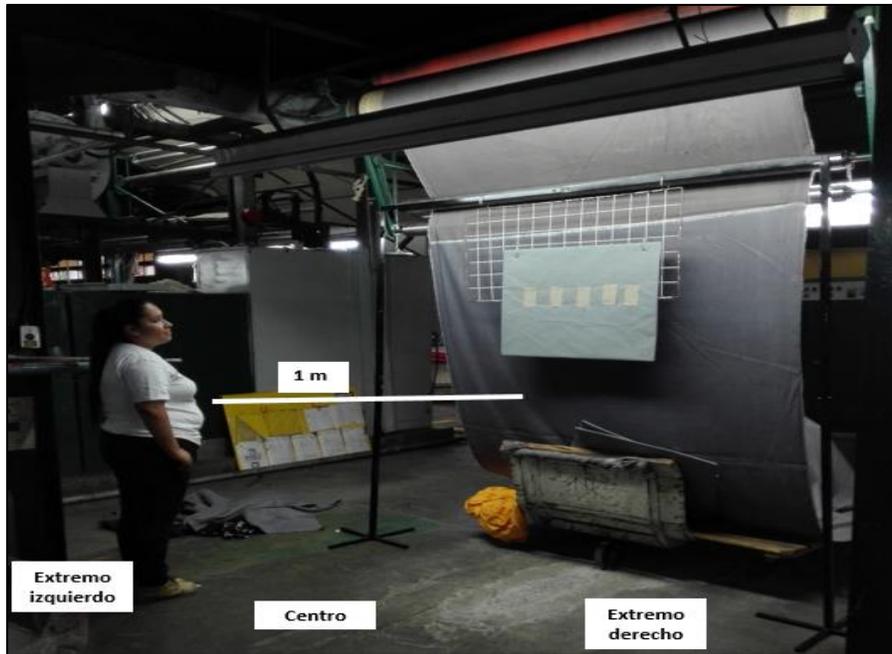


Figura 3. 3 Posiciones de evaluación, (Fuente: imagen propia)

Se evaluó un total de 11 trabajadores, pertenecientes al área de calidad y al área de acabado. En la tabla 3.2 se enlista los participantes y el área en la que laboran, siendo 4 de calidad y 7 del área de acabado.

Tabla 3. 2. Área de trabajo de cada trabajador participante en la experimentación.

Trabajador	Área	Trabajador	Área
1	Calidad	7	Acabado
2	Calidad	8	Acabado
3	Calidad	9	Acabado
4	Calidad	10	Acabado
5	Acabado	11	Acabado
6	Acabado		

Por lo tanto, se llevó a cabo un diseño factorial completo en el que los factores evaluados fueron:

- Delta de color de muestras a 3 niveles (placa A, B y C)

- Lugar de inspección visual a 3 niveles (Inspección 3, 4 y 5)
- Posición del evaluador respecto a la tela a 3 niveles (extremo derecho, centro y extremo izquierdo)
- Trabajador a 11 niveles (11 trabajadores en total)

Después de evaluar cada una de los puntos de inspección seleccionados, se realizó la misma prueba 2 de 5 pero esta vez en la cabina de iluminación y en la mesa de trabajo en el área de calidad. En la mesa de trabajo se hicieron evaluaciones en diferentes posiciones: extremo derecho, izquierdo y centro de la placa, esto se repitió con el trabajador de pie y agachado cerca de la placa con las muestras, como se puede ver en la figura 3.4.



Figura 3. 4 Posiciones de evaluación en mesa de trabajo: parado y agachado cerca de la placa con las muestras. (Fuente: imagen propia)

En la cabina las posiciones fueron igualmente en extremo derecho, izquierdo y centro de la cabina, cerca y a distancia de la cabina (ver figura 3.4), esta vez únicamente se evaluó a los trabajadores del área de calidad porque los otros participantes no estaban disponibles para realizar la experimentación.



Figura 3. 5 Posiciones de evaluación en cabina. (Fuente: imagen propia)

En la tabla 3.3 se enlistan los trabajadores del área de calidad que estaban disponibles para participar en la experimentación.

Tabla 3. 3 Lista de trabajadores y su actividad laboral en el área de calidad

Trabajador	Actividad laboral
1	Defectos
2	Tonos
3	Defectos
12	Tonos
13	Defectos

Por lo tanto, se llevó a cabo un diseño factorial completo en el que los factores evaluados fueron:

- Delta de color de muestras a 3 niveles (placa A, B y C)
- Lugar de inspección visual a 2 niveles (mesa de trabajo y cabina de iluminación)
- Posición del evaluador respecto a la tela a 6 niveles (extremo derecho cerca, centro cerca, extremo izquierdo cerca, extremo derecho a distancia, centro a distancia, extremo izquierdo a distancia)
- Trabajador a 5 niveles (5 trabajadores en total)

3.2.4. Etapa 4. Experimentación

La experimentación se llevó a cabo en la empresa “Carolina Performance Fabrics”, con el panel de evaluadores seleccionado, formado por trabajadores de diferentes áreas del proceso de teñido de telas. Cada uno de los trabajadores realizaron evaluaciones visuales de color tanto con del test de Munsell como de las telas seleccionadas, en diferentes lugares del proceso de teñido de telas de la empresa y en el área de calidad, variando también la posición y distancia entre el trabajador y las muestras a evaluar. Esta experimentación se realizó con personas que en su mayoría eran fijos del primer turno de trabajo para facilitar la experimentación.

3.2.5. Etapa 5. Estancia de investigación en Laboratorio de Diseño de Producto en Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Para complementar este trabajo de tesis se realizó una estancia de investigación en el Laboratorio de Diseño de Producto en Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en donde bajo la asesoría del experto en ergonomía, el Dr. Juan Luis Hernández Arellano, se llevó a cabo una experimentación a nivel laboratorio. En esta se utilizó un diseño de experimentos factorial completo con un total de 480 corridas realizadas de forma aleatoria, en el que los

factores evaluados fueron: iluminación, ruido, color a evaluar y los participantes. Todas las variables con cada uno de los niveles experimentados se presentan en la tabla 3.4.

Tabla 3. 4 Tabla de variables de estudio.

Variable independiente	Niveles	Código	Variable dependiente	Unidad de medida
Iluminación	Luz cálida 460 Lux	I1	Resultado	1=acierto
	Luz cálida 195 Lux	I2		0=error
	Luz cálida 60 Lux	I3		
	Luz blanca 940 Lux	I4		
Ruido	58 dB	R1		
	95 dB	R2		
Color	color café $\Delta E= 0.43$	A		
	color azul $\Delta E= 1.3$	B		
	color rosa $\Delta E= 5.12$	C		
	color verde $\Delta E= 7.25$	D		
Participante	15	P		

*** ΔE =Diferencia de color.**

Se experimentó con 4 diferentes niveles de iluminación, para los cuales se cambió el tipo de luz y la intensidad del mismo; para probar la influencia del ruido, se realizó experimentación con ruido normal de un salón de clases y para el nivel 2 los participantes se sometieron a ruido industrial durante las pruebas; se evaluaron diferentes colores de telas con 4 niveles de dificultad, y el resultado de las evaluaciones (variable binaria), se registró como “1” si el participante elegía la respuesta correcta y “0” si la respuesta era incorrecta.

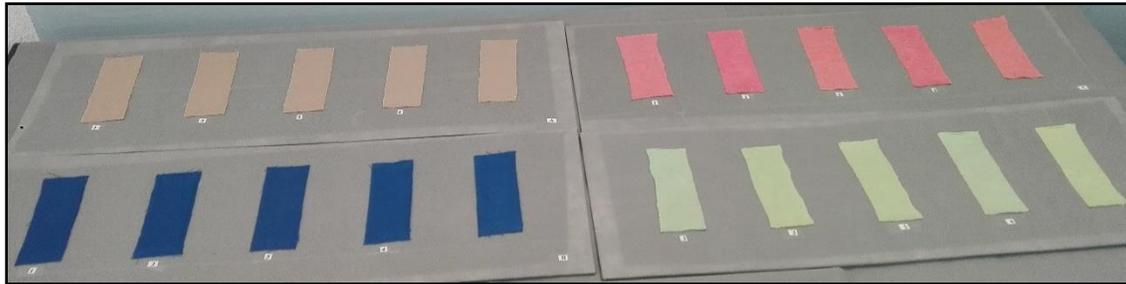
Se utilizó una muestra a conveniencia de 15 estudiantes que tuvieran disponibilidad de horario para acudir al laboratorio y participar en todas las sesiones de la experimentación. Antes de comenzar las evaluaciones, se recopiló información de cada participante (presentada en la tabla 3.5): edad, sexo, uso de lentes y altura a ojo. Para medir la altura al ojo se utilizó un antropómetro modelo ErgoMeasure de la marca ErgoTechMx y para la medición se pidió a los alumnos que no utilizaran tacones. Todos los participantes son alumnos de la licenciatura de diseño industrial de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. La edad de éstos se encuentra entre 19 y 27 años, se contó con 4 mujeres y 11 hombres, y 3 participantes usaban lentes.

Tabla 3. 5 Información solicitada a cada participante.

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura ojo
P1	Hombre	20	No	1743
P2	Mujer	19	Si	1544
P3	Mujer	20	No	1385
P4	Hombre	23	Si	1609
P5	Hombre	22	No	1688
P6	Hombre	21	No	1669
P7	Hombre	23	No	1575
P8	Hombre	27	No	1609
P9	Hombre	21	No	1782
P10	Hombre	24	No	1615
P11	Mujer	22	No	1555
P12	Mujer	22	Si	1462
P13	Hombre	22	No	1603
P14	Hombre	21	No	1500
P15	Hombre	23	No	1692

Se utilizó una estación para evaluación visual de color que consistió de una mesa con fondo gris, con una altura de 80 cm, sobre la cual se colocó el sistema de iluminación a una altura de 130 cm. Se utilizó un *dimmer* o regulador para cambiar la intensidad de la iluminación y así lograr los 4 niveles que se evaluaron. A un costado de la mesa de evaluación se colocaron las bocinas para reproducir ruido industrial, se utilizó un medidor digital de nivel de sonido Extech Instruments modelo 407732, con el que se regulaban los niveles de ruido a evaluar.

Para llevar a cabo la experimentación, se aplicó la “prueba 2 de 5”, en la cual las telas utilizadas fueron medidas con un colorímetro y fueron elegidas dependiendo el delta de color (diferencia de color) requerido para preparar las diferentes placas a evaluar (en la figura 3.6 se presentan las 4 placas evaluadas en la experimentación).



**Figura 3. 6 Placas preparadas con las telas para realizar las evaluaciones 2 de 5.
(Fuente: imagen propia)**

Se explicó detalladamente a los participantes el procedimiento que debían seguir durante el estudio y siguiendo la aleatorización del diseño de experimentos se comenzó con las corridas. Después de preparar la estación de evaluación de color con los niveles de cada factor dependiendo de la corrida que se realizaría, cada participante fue llamado al área de evaluación. Con la ayuda del medidor de sonido se ajustaron los niveles de ruido establecidos para el experimento, de igual manera se cambiaron los focos (luz cálida o luz blanca) y con el luxómetro de 20000 Lux, Lutron Electronic modelo YK-10LX se medía la intensidad de iluminación para ajustar los niveles de intensidad requeridos para cada corrida del experimento.

El participante se colocaba de pie frente al área de evaluación para realizar la prueba “2 de 5”, como se muestra en la figura 3.7. La placa con las muestras de telas a evaluar se colocaba sobre la mesa y el participante debía elegir, en un máximo de 20 segundos, el par que para él era la respuesta correcta; esto se repetía para las 4 placas de manera consecutiva. El tiempo total en evaluar las 4 placas fue de 40 segundos en promedio.



Figura 3. 7 Área de evaluación visual de color. (Fuente: imagen propia)

3.2.6. Etapa 6. Análisis de resultados

Una vez terminada la experimentación en la empresa y en el laboratorio de la UACJ, se realizó el análisis estadístico de los resultados haciendo uso de los softwares “Farnsworth-Munsell 100 Hue Test”, “Statgraphics Centurion XVI versión 16.1.15” y “Minitab 18”.

3.2.7. Etapa 7. Generación de propuestas

A partir de los resultados arrojados en los análisis estadísticos, se identificaron los factores estadísticamente significativos es decir, factores que presentan influencia en las evaluaciones visuales de color en textiles y a partir de esto se generaron propuestas para llevar a cabo de mejor manera y obtener resultados más confiables en las evaluaciones de color en el proceso de teñido de la empresa Carolina Performance Fabrics.

Capítulo 4. Resultados y conclusiones

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la etapa 4 de la metodología presentada en el capítulo anterior.

4.1. Resultados de la aplicación de test de Munsell

En el área de calidad los trabajadores se dividen para realizar principalmente dos actividades:

- Evaluación de defectos: los empleados encargados de esta actividad realizan inspecciones visuales a la tela identificando defectos como manchas, distorsión de trama y urdimbre, quiebres, quiebres de color, etc.
- Evaluación del color: los evaluadores de color verifican visualmente que la tela cumpla con el color especificado.

Los datos obtenidos en la aplicación del test se capturaron en el software Farnsworth-Munsell 100 Hue Test, el cual arroja la puntuación de error obtenida por el trabajador y clasifica la discriminación del color en baja, promedio y superior. En la tabla 4.1 se presentan las puntuaciones de error de cada trabajador en cada uno de los lugares evaluados, así como puntuaciones promedio.

Tabla 4. 1 Puntuación de error obtenida por cada trabajador

Trabajador	Actividad laboral	Puntuación de error en cabina	Puntuación de error en mesa	Puntuación de error promedio
T1	Evaluador de color	40	44	42
T2	Evaluador de defectos	56	116	86
T3	Evaluador de defectos	20	44	32
T4	Evaluador de color	20	24	22
T5	Evaluador de defectos	92	100	96
T6	Evaluador de defectos	36	40	38
T7	Evaluador de defectos	8	16	12
Puntuación de error promedio		39	55	

Se puede observar que la puntuación más alta de error fue obtenida por el trabajador 5 y la puntuación más baja la obtuvo el trabajador 7, ambos trabajadores son evaluadores de defectos por lo que se puede decir que la actividad que desempeñan rutinariamente no influyó en este experimento. Todos los trabajadores presentaron una discriminación del color promedio o superior, de acuerdo con la clasificación del test de Munsell. También se encontró que los trabajadores tuvieron mayor error al hacer el test en la mesa de trabajo que al hacerlo en la cabina de iluminación, aunque en ambos lugares se utiliza luz de día.

El análisis de los datos se realizó mediante un ANOVA utilizando el software “Statgraphics Centurion XVI versión 16.1.15”. En la tabla 4.1 se presentan lo arrojado por el software con los resultados del ANOVA.

Tabla 4. 2 ANOVA del test de Munsell aplicado a trabajadores del área de calidad.

	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Trabajador	3051.43	6	508.571	18.05	0
B: Lugar aplicación	224	1	224	7.95	0.0113
C: Color	339.286	3	113.095	4.01	0.0238
INTERACCIONES					
AB	320	6	53.3333	1.89	0.1373
AC	1045.71	18	58.0952	2.06	0.067
BC	89.8571	3	29.9524	1.06	0.3893
RESIDUAL	507.143	18	28.1746		
TOTAL	5577.43	55			

Tabla 4. 3 Continuación de ANOVA del test de Munsell aplicado a trabajadores del área de calidad.

Nivel	Número de corridas	Media
Gran media	56	11.7143
TRABAJADOR		
T1	8	10.5
T2	8	21.5
T3	8	8
T4	8	5.5
T5	8	24
T6	8	9.5
T7	8	3
LUGAR APLICACIÓN		
Cabina	28	9.71429
Mesa	28	13.7143
COLOR		
Morado-Rosa	14	14.4286
Rosa-Verde	14	7.71429
Verde	14	12.2143
Verde-Morado	14	12.5

Se encontró que los trabajadores, el lugar en el que se aplicó el test y los colores analizados son factores estadísticamente significativos en la evaluación visual del color. También se puede observar que los trabajadores tuvieron menos errores con las tonalidades que van de rosa a verde y tuvieron mayor puntuación de error con la gama de morado a rosa.

La figura 4.1 es una gráfica de barras en la cual se presenta una comparación de las puntuaciones de error obtenidas por cada trabajador tanto en la cabina de iluminación como en la mesa de trabajo.

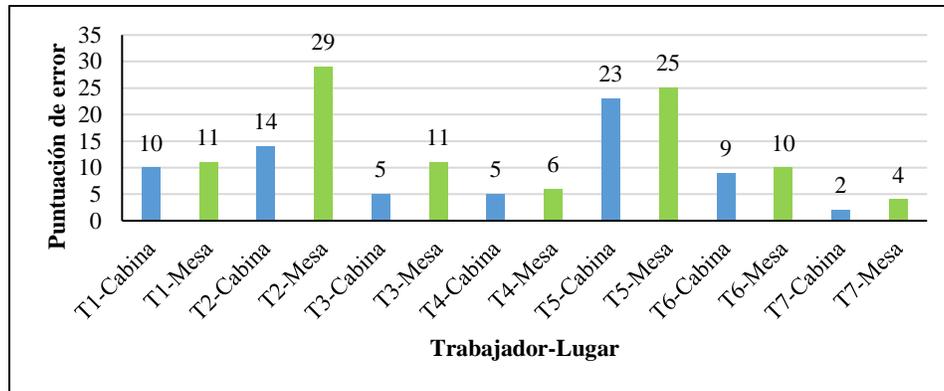


Figura 4. 1 Puntuación de error promedio obtenida por cada uno de los trabajadores en cabina de iluminación y en mesa de trabajo.

Se puede observar que todos los trabajadores tuvieron mayor puntuación de error en la mesa de trabajo. También se observa que los trabajadores T1, T4 (ambos evaluadores de color) y T6 (evaluador de defectos), no obtuvieron las menores puntuaciones de error pero sí tuvieron menos variación entre sus resultados, es decir, tuvieron diferencia de un punto entre su evaluación en cabina y en mesa de trabajo; en comparación con el trabajador 2, que obtuvo una diferencia de 15 puntos entre sus evaluaciones. Con esto podemos decir que hay trabajadores que tienen una visión más estable del color que otros.

4.2. Resultados de la aplicación de la prueba 2 de 5

Para el análisis de los datos se realizó una regresión logística binaria utilizando el software “Minitab 18” y los resultados se presentan en la tabla 4.3.

Tabla 4. 4 Resultados de regresión logística binaria de experimentación en puntos de inspección.

Fuente	GL	Desv. ajust.	Media ajust.	Chi-cuadrada	Valor p
Regresión	16	105.540	6.5963	105.54	0.000
Máquina	2	0.394	0.1971	0.39	0.821
Delta	2	102.171	51.0854	102.17	0.000
Posición	2	2.496	1.2479	2.50	0.287
Trabajador	10	1.922	0.1922	1.92	0.997
Error	280	272.549	0.9734		
Total	296	378.089			

El análisis arrojó que el único factor estadísticamente significativo resultó ser el delta de color, es decir, las evaluaciones visuales realizadas por los trabajadores se ven afectadas únicamente por el delta que se utilizó en las muestras evaluadas.

La figura 4.2 es una gráfica de barras en la que se representa los porcentajes de aciertos obtenidos por cada una de las placas con diferentes deltas de color.

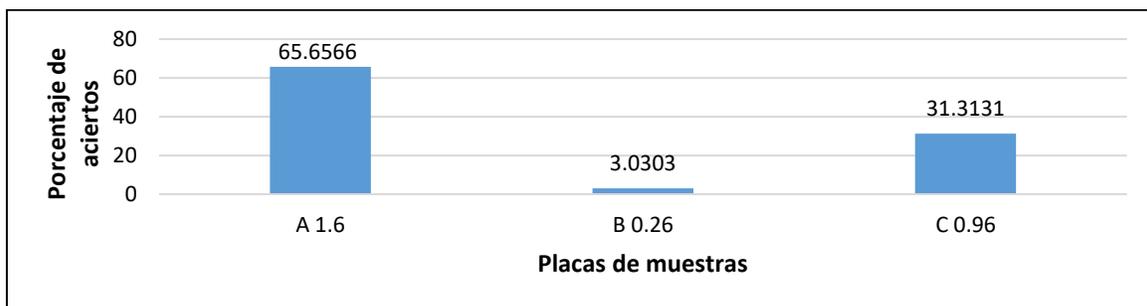


Figura 4. 2 Porcentaje de aciertos de cada una de las placas evaluadas.

Como se puede ver, de todas las evaluaciones realizadas a la placa B (con un delta entre las muestras de 0.26), únicamente el 3.03% fueron acertadas; mientras que para la placa con un delta de 1.6 se obtuvieron el 65.65% de aciertos. Por lo que es evidente que los trabajadores presentan dificultad al diferenciar las muestras con delta de color pequeñas.

En la figura 4.3 se presenta una gráfica en la cual se muestran los porcentajes de aciertos obtenidos en cada uno de los puntos de inspección evaluados durante la experimentación.

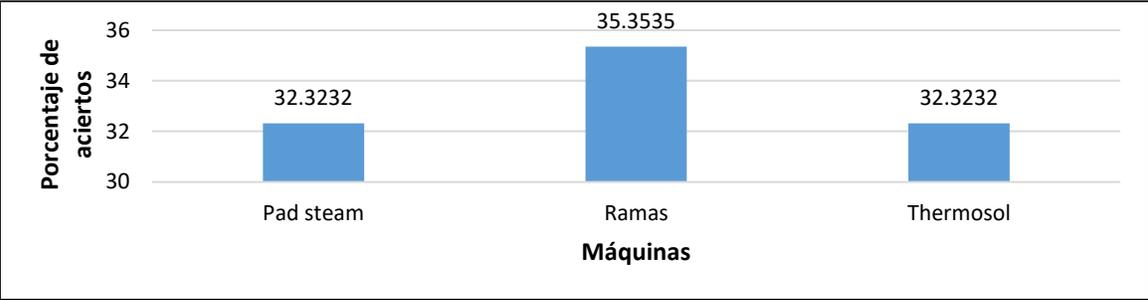


Figura 4. 3 Porcentaje de aciertos en cada uno de los puntos de inspección seleccionados.

Estadísticamente no se presenta diferencia, pero en ramas se obtuvo un porcentaje de aciertos mayor que en los otros puntos evaluados.

En la gráfica presentada en la figura 4.4, se muestran los porcentajes de aciertos obtenidos en las diferentes posiciones en las que se realizaron las evaluaciones en los puntos de inspección.



Figura 4. 4 Porcentaje de aciertos en las diferentes posiciones de evaluación.

Las posiciones de evaluación tampoco resultaron estadísticamente significativas en la evaluación de diferencia de color, sin embargo se obtuvo un porcentaje mayor de aciertos al hacer la prueba en el centro y el menor porcentaje se presenta en el lado izquierdo.

Para analizar los datos obtenidos al realizar la experimentación en la cabina de iluminación y en la mesa de trabajo, se realizó una regresión logística binaria y los resultados arrojados por el software se presentan en la tabla 4.4.

Tabla 4. 5 Resultados de regresión logística binaria de experimentación en mesa de trabajo y cabina de iluminación.

Fuente	GL	Desv. ajust.	Media ajust.	Chi-cuadrada	Valor p
Regresión	7	66.406	9.4866	66.41	0.000
Lugar	1	8.273	8.2726	8.27	0.004
Delta	2	35.963	17.9813	35.96	0.000
Trabajador	4	29.024	7.2560	29.02	0.000
Error	172	138.202	0.8035		
Total	179	204.608			

Se encontró que de los factores analizados, el lugar de aplicación, delta de muestras y los trabajadores son estadísticamente significativos, dejando fuera del modelo las posiciones de evaluación.

En la figura 4.5 se muestra una gráfica en la que se presentan los porcentajes de aciertos obtenidos en las evaluaciones realizadas en la cabina de iluminación y en la mesa de trabajo.

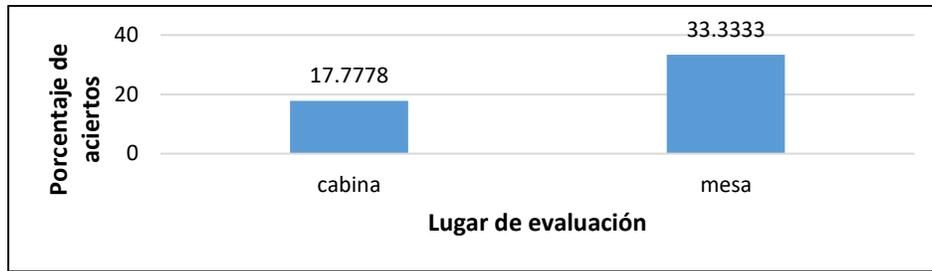


Figura 4. 5 Porcentaje de aciertos obtenidos en la cabina de iluminación y en la mesa de trabajo.

Se observa que el 33.33% de las evaluaciones realizadas en la mesa de trabajo fueron acertadas, mientras que en la cabina de iluminación únicamente el 17.78% de todas las evaluaciones realizadas ahí fueron correctas. Lo que se podría decir es que los trabajadores están acostumbrados a las condiciones de la mesa, ya al hacer las evaluaciones en la cabina comentaban que la luz les molestaba y notaban mucha diferencia con la mesa de trabajo.

En la gráfica de la figura 4.6 se presentan los porcentajes de aciertos obtenidos al evaluar las 3 placas con diferente delta de color.

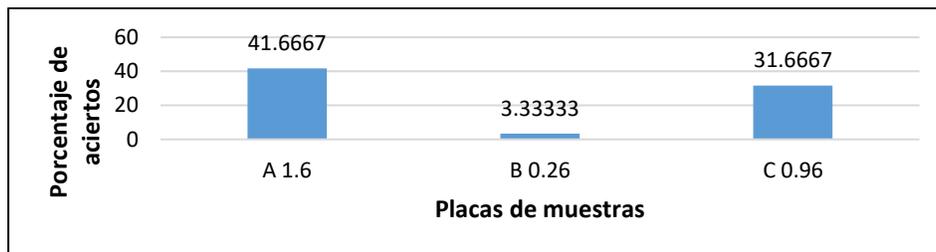


Figura 4. 6 Porcentaje de aciertos de cada placa evaluada en cabina y mesa de trabajo.

Al igual que en las evaluaciones realizadas en los puntos de inspección, se obtuvieron más aciertos para las muestras con los deltas más altos y la placa B, con el delta más bajo, obtuvo solamente un 3.33% de aciertos.

En la figura 4.7 se presenta una gráfica en la cual se comparan los aciertos de las evaluaciones de cada trabajador en la cabina de iluminación y en la mesa de trabajo.

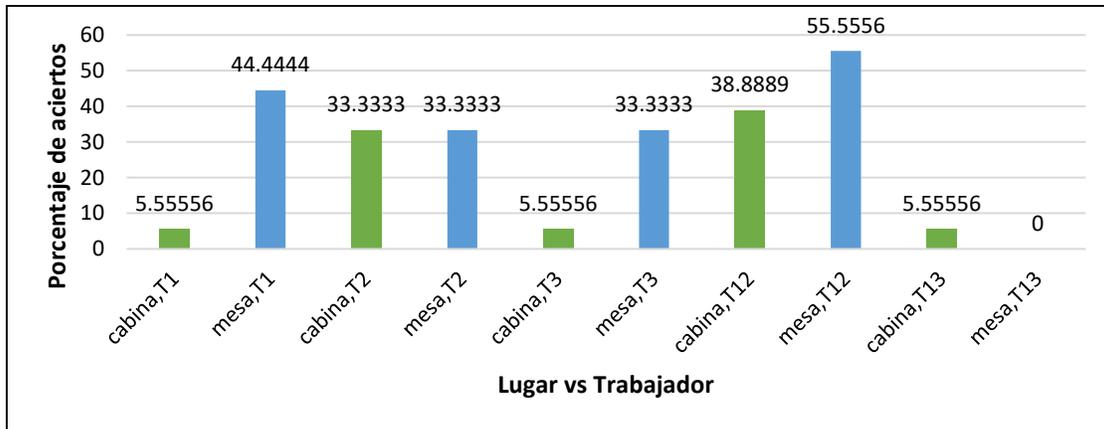


Figura 4. 7 Comparación de aciertos obtenidos por cada trabajador en cabina de iluminación y en mesa de trabajo.

En la gráfica se puede observar que se obtuvieron mejores resultados en las evaluaciones hechas en la mesa de trabajo que en las realizadas en la cabina de iluminación. Es importante mencionar que algunos trabajadores presentan mayor dificultad para hacer evaluaciones de discriminación de color que otros, como se puede observar en la figura, por lo que la empresa no debería considerarlos para dicha actividad.

4.3. Resultados de estancia de investigación en Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

El resultado de la experimentación es una variable binaria, por lo tanto para el análisis de los datos se realizó una regresión logística binaria utilizando el software “Minitab 18”. En la tabla 4.5 se presentan los resultados obtenidos en la regresión logística binaria, en la cual se capturaron los factores: iluminación, ruido, color y participantes.

Tabla 4. 6 Resultados de regresión logística binaria.

Fuente	GL	Desv. ajust.	Media ajust.	Valor p
Regresión	20	210.955	10.5478	0.0000
Factores				
Participante	14	37.991	2.7136	0.0010
Iluminación	3	8.597	2.8658	0.0350
Color	3	180.515	60.1715	0.0000
Error	459	452.056	0.9849	
Total	479	663.011		

Como se puede observar, la iluminación, el color y los participantes son factores que resultaron estadísticamente significativos para esta experimentación, quedando fuera del modelo el factor del ruido. En la figura 3 se presenta una gráfica en la que se presentan los aciertos y errores totales de los participantes.

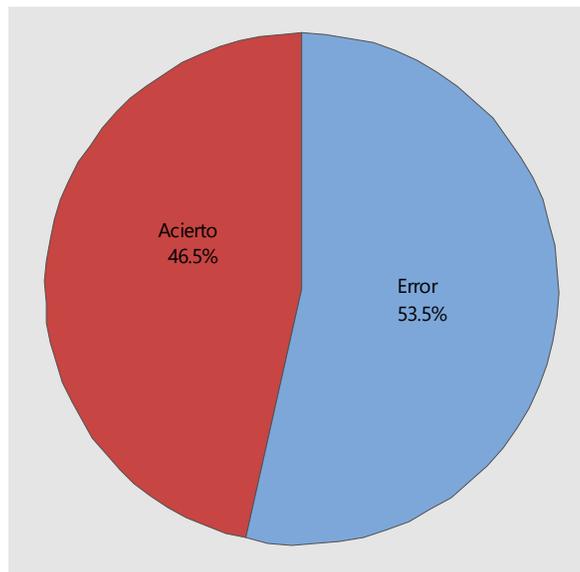


Figura 4. 8 Porcentaje de aciertos y errores en las evaluaciones de color visuales.

(Fuente: Elaboración propia)

Se puede observar en la figura 4.8 que la mayor parte de las evaluaciones de color realizadas por los participantes fueron incorrectas y que únicamente fueron acertadas el 46.5% de estas. Cada uno de los participantes realizó un total de 32 evaluaciones y en la figura 4.9 se presenta una gráfica de barras en la que se muestra la cantidad de aciertos que obtuvo cada uno de los participantes.

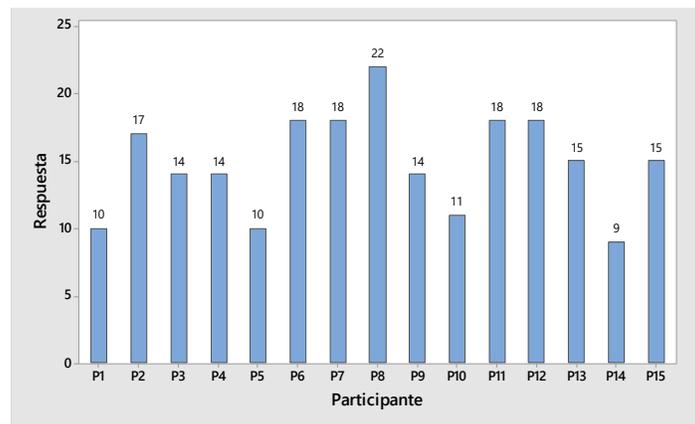


Figura 4. 9 Total de evaluaciones correctas obtenidas por cada uno de los participantes. (Fuente: Elaboración propia)

El participante 8 fue el que acertó la mayor cantidad de evaluaciones realizadas mientras que el participante 14 obtuvo la menor cantidad de aciertos, siendo hombres ambos participantes. En la figura 4.10 se presentan las gráficas de cada uno de los factores que estadísticamente presentan influencia en las evaluaciones visuales de color en textiles.

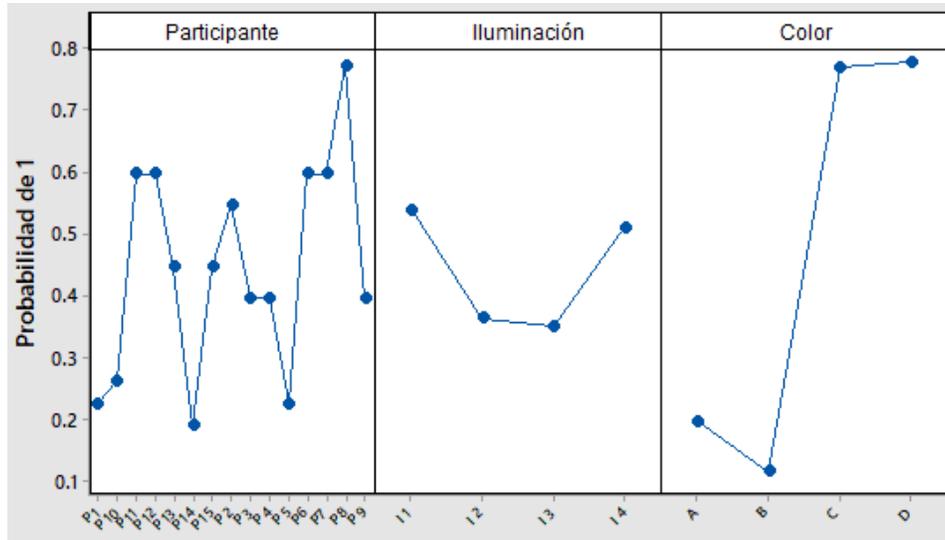


Figura 4. 10 Gráfica de efectos principales. (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar, los participantes no presentan un patrón definido; en caso de la iluminación se observa que aumentan los aciertos entre mayor sea la intensidad de la luz; y para el factor del color evaluado, se obtuvieron mejores resultados con las placas que tenían mayor diferencia de color entre las telas correctas y las incorrectas.

Capítulo 5. Conclusiones

El objetivo de este trabajo de tesis era el lograr identificar las mejores condiciones ambientales e instrumentales de bajo costo para aumentar la exactitud de la evaluación visual respecto a la diferencia de color en textiles, el cual se logró con la experimentación hecha a nivel laboratorio y en la empresa textil. Con la experimentación realizada se encontró que de todos los factores analizados, el color a evaluar, las personas evaluadoras, la iluminación utilizada en el lugar de la evaluación, resultaron tener influencia estadísticamente significativa en las evaluaciones de color en textiles.

Se encontró que hay personas que realizan rutinariamente evaluaciones de color como parte de su actividad laboral que tuvieron igual o mayores errores al realizar las pruebas aplicadas en esta experimentación, que otras personas que no se dedican a evaluar color; al realizar las evaluaciones en diferentes lugares, se encontró personas que presentan consistencia en sus evaluaciones sin importar el cambio de lugar, mientras que otras si presentaron notable diferencia; también se pudo observar que las tonalidades a evaluar tienen un papel importante ya que las personas presentan mayor facilidad en discriminar ciertas tonalidades que otras. Se puede concluir que es importante seleccionar a las personas que serán contratadas para llevar a cabo evaluaciones de color en la empresa, por lo que se propone que se les realice una prueba de Munsell o algún otro test y ser aplicado en una cabina de iluminación (es decir, con condiciones adecuadas y controladas) y también directamente en el área de trabajo donde se realizan diariamente estas evaluaciones de color, con lo cual se pueda comprobar que la persona tiene una capacidad de discriminación de color promedio o superior y que presente una visión del color estable, es decir que no tenga variación significativa al realizar las evaluaciones en diferentes lugares. Se encontró también que realizando pruebas con diferentes tipos de iluminación en el área de evaluación y diferentes posiciones de evaluación, se presentan diferencias estadísticamente significativas.

Finalmente se puede concluir que es de suma importancia que las empresas conozcan las condiciones ambientales e instrumentales que son significativas para el proceso de evaluaciones de color en textiles para que las apliquen en las estaciones de trabajo, den el

mantenimiento adecuado, seleccionen al personal idóneo para esta actividad, capaciten correctamente a los trabajadores y con esto realizar de mejor manera las pruebas de evaluación de color.

Bibliografía

- Alberich, J., Gómez-Fontanills, D., & Ferrer-Franquesa, A. (2014). *Percepción visual*. Barcelona, España: Universitat Oberta de Catalunya.
doi:PID_00191345
- Alonso-Felipe, J. V. (2015). *Manual control de calidad en productos textiles y afines*. Madrid, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid.
- Alonso-Felipe, J. V. (2016). *Taller sobre el color y su medición*. Madrid, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid.
- Artigas, J., Capilla, P., & Pujol, J. (2002). *Tecnología del color*. España: Universidad de Valencia.
- Aznar-Casanova, J. A. (s.f.). *Psicología de la percepción visual*. (F. d. Dept. Psicología Basica, Editor) Recuperado el 2018, de <http://www.ub.edu/pa1/node/121>
- Berns, R. S. (2000). *Billmeyer and Saltzman's principles of color technology* (3 ed.). Estados Unidos de América: John Wiley & sons, Inc.
- Billmeyer, F. W. (1975). *Ciencia de los polímeros*. Barcelona, España: Reverte.
- Cabrera Sánchez, I., Cabrera Sánchez, D., Moreno González, A., & Gutiérrez Rosas, P. T. (Octubre de 2017). Identificación de condiciones ambientales ideales para la evaluación sensorial del color en la industria manufacturera. *Theorema revista científica*(6), 118-123.
- Capilla, P., Artigas, J. M., & Pujol, J. (2002). *Fundamentos de colorimetría*. España: Universidad de Valencia.

- Castro-Albarran, J. M., Palacios-Nava, M. E., Paz-Román, M. d., García de la Torre, G. S., & Moreno-Altamirano, L. (2014). *Salud, ambiente y trabajo*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Cortés-Díaz, J. M. (2007). *Técnicas de prevención de riesgos laborales: seguridad e higiene en el trabajo* (9 ed.). Madrid, España: Editorial Tebar.
- Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clemetz, A., & Panzzeti, V. (2010). El color en los alimentos: Determinación del color en mieles. *Invenio*, 13(25), 145-152.
- Devore, J. L. (2008). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (7 ed.). México: Cengage Learning Editores.
- Díaz-Cadavid, A. (2009). *Diseño estadístico de experimentos* (2a ed.). Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- ENAC. (2003). *Guía para la acreditación de laboratorios de análisis sensorial*. Madrid, España: Entidad Nacional de Acreditación.
- García-Navarro, A. (2012). *Evaluación visual de la distancia de detección del sparkle*. España: Universidad de Alicante. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10045/24419>
- Gómez , O., Perales, E., Chorro, E., Viqueira, V., & Martínez-Verdú, F. (10 de Agosto de 2016). Visual and instrumental correlation of sparkle. *Applied Optics*, 55(23), 6458-6463. doi:10.1364/AO.55.006458
- Hubel, D. H. (2000). *Ojo, cerebro y visión* (2 ed.). New York, Estados Unidos: Universidad de Murcia.
- International Commission on Illumination CIE. (s.f.). *CIE*. Recuperado el 2018, de <http://cie.co.at/publications/colorimetry-part-2-cie-standard-illuminants-colorimetry>
- Juran, J. M., Gryna, F. M., & Bingham , R. S. (1990). *Manual de control de la calidad*. España: Reverte.

- Kristjanson, P., Krishna, A., Radeny, M., Kuan, J., Quilca, G., & Sánchez-Urrelo, A. (2007). *La dinámica de la pobreza y la función de la ganadería en el Perú*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Lockuán Lavado, F. E. (2012). *La industria textil y su control de calidad. Tintorería*. Perú: Copyleft. Obtenido de <http://fidel-lockuan.webs.com>.
- Lockuán-Lavado, F. E. (2013). *La industria textil y su control de calidad. Fibras textiles*.
- Mangine, H., Jakes, K., & Noel, C. (Agosto de 2005). A preliminary comparison of CIE color differences to textile color acceptability using average observers. *Color research and application*, 30(4), 288-294.
- Martínez-Verdú, F. M., & De Fez Sáiz, D. (2006). La ergonomía del color: influencias en el rendimiento y la salud del trabajador,. *Gestión práctica de riesgos laborales*(30), 34.
- Menéndez-Díez, F. (2008). *Higiene industrial: manual para la formación del especialista* (7 ed.). España: Editorial Lex Nova.
- Miranda, M. (2012). Effect of gender, experience, and value on color perception. *Operative Dentistry*, 37(3), 228-233.
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos* (2 ed.). México: Limusa Wiley.
- Saderra Jorba, L. (1993). *El secreto de la calidad japonesa: el diseño de experimentos clásicom Taguchi y Shainin*. España: Marcombo.
- Salamanca Grosso, G. (2012). Criterios relativos al análisis sensorial de mieles. *Cite Agroindustrial*.
- Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2008). *Fisiología*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.

- Solano Lamphar, H. A. (2006). Ergofoftalmología: Análisis de los Factores que Inciden en la Astenopía de los Trabajadores de Inspección Visual en la Industria Electrónica de Ciudad Juárez. *Ciencia y Trabajo*(21), 135-140.
- Soto-Cruz, J. J. (1996). *Fundamentos sobre ahorro de energía*. Mérida, Yucatán, México: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán.
- Torres Rojas, Á. (2016). *Desarrollo de bocetos de proyectos gráficos*. España: IC Editorial.
- Urtubia-Vicario, C. (1996). *Neurobiología de la visión* (1 ed.). Barcelona, España: Edicions UPC, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Valenzuela Aránguiz, V., Bofill-Fonbote, S., Crisóstomo-Muñoz, J., Pavez-Ovalle, F., & Brunet-Echavarría, J. (Agosto de 2016). Selección de color dentario: comparación de los métodos visual y espectrofotométrico. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 9(2), 163-167.
- Valero-Muñoz, A. (2013). *Principios de color y holopintura*. España: Editorial Club Universitario.
- Zelanski, P., & Fisher, M. P. (2001). *Color*. España: Ediciones AKAL.

Anexo A: Proceso de teñido de telas en empresa “Carolina Performance Fabrics”

En la figura A.1 se presenta el diagrama del proceso de teñido de telas de la empresa Carolina Performance Fabrics, posteriormente se describe cada una de las etapas del proceso.

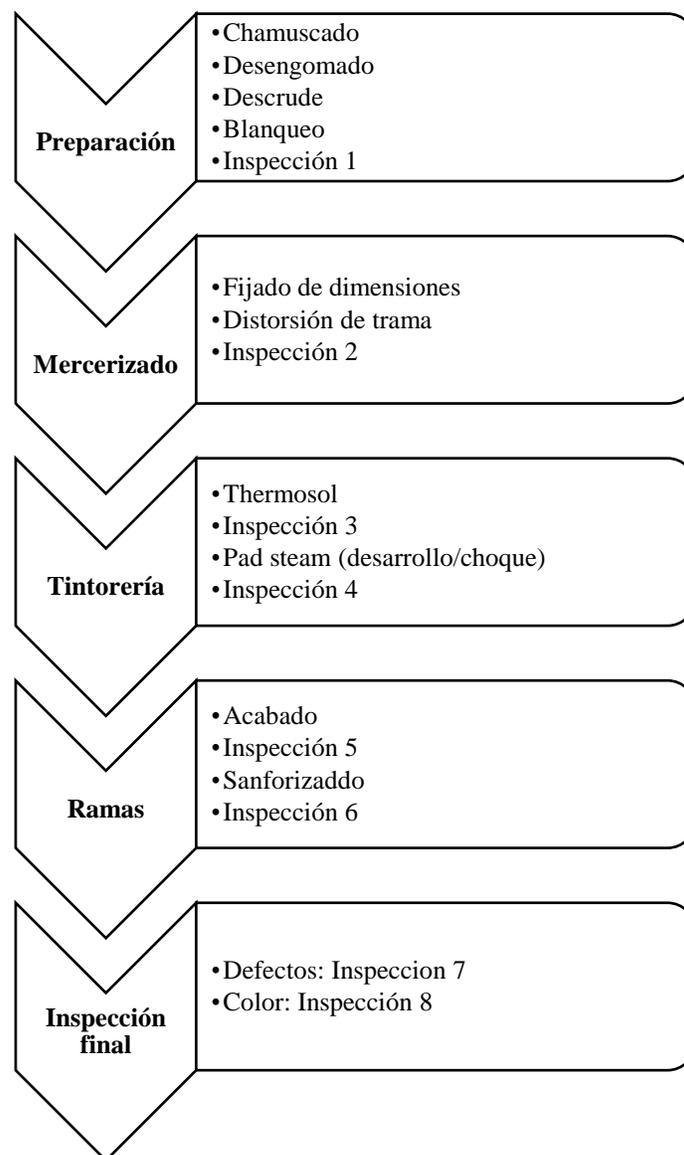


Figura A. 1 Proceso de teñido de telas de la empresa "Carolina Performance Fabrics"

Preparación

Esta primera etapa del proceso tiene como objetivo el brindar a la tela la capacidad de absorción de agua para un mejor proceso de teñido, para lograr esto se siguen los siguientes pasos:

- 1) **Chamuscado.** Se quema la vellosidad de la tela.
- 2) **Desengomado.** Se elimina la goma que fue añadida durante el proceso de tejido.
- 3) **Descrude.** Se da un proceso de saponificación para quitar todas las impurezas y componentes del algodón que evitan que la tela absorba el agua.
- 4) **Blanqueo.** Ya que la tela se encuentra libre de impurezas, se procede a realizar un blanqueo para quitar el color amarillento del algodón.
- 5) **Inspección 1.** Se hacen pruebas de humectación de la tela, presencia de almidón y presencia de fierro. No se realiza una evaluación de color, pero si se cuenta con estándares que son usados cuando es necesario y se inspeccionan defectos en la tela.

Mercerizado

En esta parte del proceso se hincha la fibra para poder llevar a cabo tres importantes tareas:

- 1) Fijar las dimensiones a la tela
- 2) Se realiza la distorsión de trama
- 3) Dar un acabado brillante
- 4) **Inspección 2.** En esta inspección se verifica el pH (el cual debe ser neutro para poder ser teñida) y defectos de la tela.

Tintorería

Se realiza el teñido de la tela y consta de los siguientes pasos:

- 1) **Thermosol.** El proceso de teñido se realiza bajo diferentes condiciones dependiendo del tipo de tela.

- 2) **Inspección 3.** Se inspeccionan los defectos de la tela visualmente y el color es evaluado en espectrofotómetro.
- 3) **Pad steam (desarrollo/choque).** Se da la fijación del color en la tela.
- 4) **Inspección 4.** Se inspeccionan los defectos de la tela visualmente y el color es evaluado en espectrofotómetro.

Ramas

6. **Acabado.** Se da el último matiz a la tela y el acabado final pedido por el cliente.
7. **Inspección 5.** Se inspeccionan los defectos de la tela visualmente y el color es evaluado en espectrofotómetro.
8. **Sanforizado.** Se fija el ancho a la tela y debido a las condiciones manejadas durante esta etapa el color puede subir de intensidad ligeramente.
9. **Inspección 6.** Se verifica el ancho de la tela y defectos son evaluados visualmente.

Inspección final (calidad)

10. **Inspección 7.** Se evalúan los defectos en la tela
11. **Inspección 8.** Se evalúa visualmente el color contra estándares aceptados por el cliente; también se verifica con el espectrofotómetro y se cuenta con una cabina de evaluación para usarse cuando sea necesario.

Anexo B: Datos obtenidos durante la experimentación

Tabla B. 1 Datos obtenidos de aplicación de Test de Munsell

TRABAJADOR	LUGAR	COLOR	PUNTUACIÓN	TRABAJADOR	LUGAR	COLOR	PUNTUACIÓN
T1	CABINA	Morado-Rosa	12	T4	CABINA	Verde-Morado	1
T1	CABINA	Verde	5	T4	CABINA	Verde	7
T1	CABINA	Rosa-Verde	0	T5	CABINA	Verde-Morado	23
T1	CABINA	Verde-Morado	23	T5	CABINA	Morado-Rosa	20
T2	CABINA	Verde	20	T5	CABINA	Verde	20
T2	CABINA	Rosa-Verde	4	T5	CABINA	Rosa-Verde	29
T2	CABINA	Verde-Morado	17	T6	CABINA	Verde	7
T2	CABINA	Morado-Rosa	15	T6	CABINA	Verde-Morado	9
T3	CABINA	Rosa-Verde	0	T6	CABINA	Morado-Rosa	20
T3	CABINA	Verde-Morado	9	T6	CABINA	Rosa-Verde	0
T3	CABINA	Verde	0	T7	CABINA	Rosa-Verde	0
T3	CABINA	Morado-Rosa	11	T7	CABINA	Verde-Morado	4
T4	CABINA	Rosa-Verde	8	T7	CABINA	Verde	0
T4	CABINA	Morado-Rosa	4	T7	CABINA	Morado-Rosa	4

Tabla B. 2 Datos obtenidos en experimentación en puntos de inspección

Máquina	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta
thermosol	A 1.6	izq	T1	0
thermosol	A 1.6	centro	T1	1
thermosol	A 1.6	der	T1	1
thermosol	B 0.26	izq	T1	0
thermosol	B 0.26	centro	T1	0
thermosol	B 0.26	der	T1	0
thermosol	C 0.96	izq	T1	0
thermosol	C 0.96	centro	T1	0
thermosol	C 0.96	der	T1	0
pad steam	A 1.6	izq	T1	1
pad steam	A 1.6	centro	T1	1
pad steam	A 1.6	der	T1	1
pad steam	B 0.26	izq	T1	0
pad steam	B 0.26	centro	T1	0
pad steam	B 0.26	der	T1	0
pad steam	C 0.96	izq	T1	0
pad steam	C 0.96	centro	T1	0
pad steam	C 0.96	der	T1	0
ramas	A 1.6	izq	T1	1
ramas	A 1.6	centro	T1	1
ramas	A 1.6	der	T1	1
ramas	B 0.26	izq	T1	0
ramas	B 0.26	centro	T1	0
ramas	B 0.26	der	T1	0
ramas	C 0.96	izq	T1	0
ramas	C 0.96	centro	T1	0
ramas	C 0.96	der	T1	0
thermosol	A 1.6	izq	T2	1
thermosol	A 1.6	centro	T2	1
thermosol	A 1.6	der	T2	1
thermosol	B 0.26	izq	T2	0
thermosol	B 0.26	centro	T2	0
thermosol	B 0.26	der	T2	0
thermosol	C 0.96	izq	T2	0
thermosol	C 0.96	centro	T2	0
thermosol	C 0.96	der	T2	0
pad steam	A 1.6	izq	T2	1
pad steam	A 1.6	centro	T2	1
pad steam	A 1.6	der	T2	1
pad steam	B 0.26	izq	T2	0

Continuación Tabla B.2

Máquina	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta
pad steam	B 0.26	centro	T2	0
pad steam	B 0.26	der	T2	0
pad steam	C 0.96	izq	T2	0
pad steam	C 0.96	centro	T2	0
pad steam	C 0.96	der	T2	0
ramas	A 1.6	izq	T2	0
ramas	A 1.6	centro	T2	1
ramas	A 1.6	der	T2	1
ramas	B 0.26	izq	T2	0
ramas	B 0.26	centro	T2	1
ramas	B 0.26	der	T2	0
ramas	C 0.96	izq	T2	0
ramas	C 0.96	centro	T2	0
ramas	C 0.96	der	T2	0
thermosol	A 1.6	izq	T3	0
thermosol	A 1.6	centro	T3	0
thermosol	A 1.6	der	T3	0
thermosol	B 0.26	izq	T3	0
thermosol	B 0.26	centro	T3	0
thermosol	B 0.26	der	T3	0
thermosol	C 0.96	izq	T3	1
thermosol	C 0.96	centro	T3	1
thermosol	C 0.96	der	T3	1
pad steam	A 1.6	izq	T3	0
pad steam	A 1.6	centro	T3	0
pad steam	A 1.6	der	T3	0
pad steam	B 0.26	izq	T3	0
pad steam	B 0.26	centro	T3	0
pad steam	B 0.26	der	T3	0
pad steam	C 0.96	izq	T3	0
pad steam	C 0.96	centro	T3	1
pad steam	C 0.96	der	T3	1
ramas	A 1.6	izq	T3	0
ramas	A 1.6	centro	T3	0
ramas	A 1.6	der	T3	0
ramas	B 0.26	izq	T3	0
ramas	B 0.26	centro	T3	0
ramas	B 0.26	der	T3	0
ramas	C 0.96	izq	T3	1
ramas	C 0.96	centro	T3	1
ramas	C 0.96	der	T3	1

Continuación Tabla B.2

Máquina	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta
thermosol	A 1.6	izq	T4	0
thermosol	A 1.6	centro	T4	0
thermosol	A 1.6	der	T4	0
thermosol	B 0.26	izq	T4	0
thermosol	B 0.26	centro	T4	0
thermosol	B 0.26	der	T4	0
thermosol	C 0.96	izq	T4	1
thermosol	C 0.96	centro	T4	1
thermosol	C 0.96	der	T4	1
pad steam	A 1.6	izq	T4	0
pad steam	A 1.6	centro	T4	0
pad steam	A 1.6	der	T4	0
pad steam	B 0.26	izq	T4	0
pad steam	B 0.26	centro	T4	0
pad steam	B 0.26	der	T4	0
pad steam	C 0.96	izq	T4	1
pad steam	C 0.96	centro	T4	1
pad steam	C 0.96	der	T4	1
ramas	A 1.6	izq	T4	0
ramas	A 1.6	centro	T4	0
ramas	A 1.6	der	T4	0
ramas	B 0.26	izq	T4	1
ramas	B 0.26	centro	T4	1
ramas	B 0.26	der	T4	0
ramas	C 0.96	izq	T4	0
ramas	C 0.96	centro	T4	1
ramas	C 0.96	der	T4	1
thermosol	A 1.6	izq	T5	1
thermosol	A 1.6	centro	T5	1
thermosol	A 1.6	der	T5	1
thermosol	B 0.26	izq	T5	0
thermosol	B 0.26	centro	T5	0
thermosol	B 0.26	der	T5	0
thermosol	C 0.96	izq	T5	0
thermosol	C 0.96	centro	T5	0
thermosol	C 0.96	der	T5	0
pad steam	A 1.6	izq	T5	1
pad steam	A 1.6	centro	T5	1
pad steam	A 1.6	der	T5	1
pad steam	B 0.26	izq	T5	0
pad steam	B 0.26	centro	T5	0

Continuación Tabla B.2

Máquina	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta
pad steam	B 0.26	der	T5	0
pad steam	C 0.96	izq	T5	0
pad steam	C 0.96	centro	T5	0
pad steam	C 0.96	der	T5	0
ramas	A 1.6	izq	T5	1
ramas	A 1.6	centro	T5	1
ramas	A 1.6	der	T5	1
ramas	B 0.26	izq	T5	0
ramas	B 0.26	centro	T5	0
ramas	B 0.26	der	T5	0
ramas	C 0.96	izq	T5	0
ramas	C 0.96	centro	T5	0
ramas	C 0.96	der	T5	0
thermosol	A 1.6	izq	T6	0
thermosol	A 1.6	centro	T6	0
thermosol	A 1.6	der	T6	0
thermosol	B 0.26	izq	T6	0
thermosol	B 0.26	centro	T6	0
thermosol	B 0.26	der	T6	0
thermosol	C 0.96	izq	T6	1
thermosol	C 0.96	centro	T6	1
thermosol	C 0.96	der	T6	1
pad steam	A 1.6	izq	T6	0
pad steam	A 1.6	centro	T6	0
pad steam	A 1.6	der	T6	1
pad steam	B 0.26	izq	T6	0
pad steam	B 0.26	centro	T6	0
pad steam	B 0.26	der	T6	0
pad steam	C 0.96	izq	T6	1
pad steam	C 0.96	centro	T6	1
pad steam	C 0.96	der	T6	1
ramas	A 1.6	izq	T6	0
ramas	A 1.6	centro	T6	0
ramas	A 1.6	der	T6	0
ramas	B 0.26	izq	T6	0
ramas	B 0.26	centro	T6	0
ramas	B 0.26	der	T6	0
ramas	C 0.96	izq	T6	1
ramas	C 0.96	centro	T6	1
ramas	C 0.96	der	T6	1
thermosol	A 1.6	izq	T7	1

Continuación Tabla B.2

Máquina	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta
thermosol	A 1.6	centro	T7	1
thermosol	A 1.6	der	T7	1
thermosol	B 0.26	izq	T7	0
thermosol	B 0.26	centro	T7	0
thermosol	B 0.26	der	T7	0
thermosol	C 0.96	izq	T7	0
thermosol	C 0.96	centro	T7	0
thermosol	C 0.96	der	T7	0
pad steam	A 1.6	izq	T7	1
pad steam	A 1.6	centro	T7	1
pad steam	A 1.6	der	T7	1
pad steam	B 0.26	izq	T7	0
pad steam	B 0.26	centro	T7	0
pad steam	B 0.26	der	T7	0
pad steam	C 0.96	izq	T7	0
pad steam	C 0.96	centro	T7	0
pad steam	C 0.96	der	T7	0
ramas	A 1.6	izq	T7	1
ramas	A 1.6	centro	T7	1
ramas	A 1.6	der	T7	1
ramas	B 0.26	izq	T7	0
ramas	B 0.26	centro	T7	0
ramas	B 0.26	der	T7	0
ramas	C 0.96	izq	T7	0
ramas	C 0.96	centro	T7	0
ramas	C 0.96	der	T7	0
thermosol	A 1.6	izq	T8	1
thermosol	A 1.6	centro	T8	1
thermosol	A 1.6	der	T8	1
thermosol	B 0.26	izq	T8	0
thermosol	B 0.26	centro	T8	0
thermosol	B 0.26	der	T8	0
thermosol	C 0.96	izq	T8	0
thermosol	C 0.96	centro	T8	0
thermosol	C 0.96	der	T8	0
pad steam	A 1.6	izq	T8	1
pad steam	A 1.6	centro	T8	1
pad steam	A 1.6	der	T8	1
pad steam	B 0.26	izq	T8	0
pad steam	B 0.26	centro	T8	0
pad steam	B 0.26	der	T8	0

Continuación Tabla B.2

Máquina	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta
pad steam	C 0.96	izq	T8	0
pad steam	C 0.96	centro	T8	0
pad steam	C 0.96	der	T8	0
ramas	A 1.6	izq	T8	0
ramas	A 1.6	centro	T8	1
ramas	A 1.6	der	T8	1
ramas	B 0.26	izq	T8	0
ramas	B 0.26	centro	T8	0
ramas	B 0.26	der	T8	0
ramas	C 0.96	izq	T8	0
ramas	C 0.96	centro	T8	0
ramas	C 0.96	der	T8	0
thermosol	A 1.6	izq	T9	0
thermosol	A 1.6	centro	T9	1
thermosol	A 1.6	der	T9	1
thermosol	B 0.26	izq	T9	0
thermosol	B 0.26	centro	T9	0
thermosol	B 0.26	der	T9	0
thermosol	C 0.96	izq	T9	0
thermosol	C 0.96	centro	T9	0
thermosol	C 0.96	der	T9	0
pad steam	A 1.6	izq	T9	0
pad steam	A 1.6	centro	T9	1
pad steam	A 1.6	der	T9	0
pad steam	B 0.26	izq	T9	0
pad steam	B 0.26	centro	T9	0
pad steam	B 0.26	der	T9	0
pad steam	C 0.96	izq	T9	1
pad steam	C 0.96	centro	T9	0
pad steam	C 0.96	der	T9	1
ramas	A 1.6	izq	T9	0
ramas	A 1.6	centro	T9	1
ramas	A 1.6	der	T9	1
ramas	B 0.26	izq	T9	0
ramas	B 0.26	centro	T9	0
ramas	B 0.26	der	T9	0
ramas	C 0.96	izq	T9	1
ramas	C 0.96	centro	T9	1
ramas	C 0.96	der	T9	1
thermosol	A 1.6	izq	T10	1
thermosol	A 1.6	centro	T10	1

Continuación Tabla B.2

Máquina	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta
thermosol	A 1.6	der	T10	1
thermosol	B 0.26	izq	T10	0
thermosol	B 0.26	centro	T10	0
thermosol	B 0.26	der	T10	0
thermosol	C 0.96	izq	T10	0
thermosol	C 0.96	centro	T10	0
thermosol	C 0.96	der	T10	0
pad steam	A 1.6	izq	T10	0
pad steam	A 1.6	centro	T10	1
pad steam	A 1.6	der	T10	1
pad steam	B 0.26	izq	T10	0
pad steam	B 0.26	centro	T10	0
pad steam	B 0.26	der	T10	0
pad steam	C 0.96	izq	T10	0
pad steam	C 0.96	centro	T10	0
pad steam	C 0.96	der	T10	0
ramas	A 1.6	izq	T10	1
ramas	A 1.6	centro	T10	1
ramas	A 1.6	der	T10	1
ramas	B 0.26	izq	T10	0
ramas	B 0.26	centro	T10	0
ramas	B 0.26	der	T10	0
ramas	C 0.96	izq	T10	0
ramas	C 0.96	centro	T10	0
ramas	C 0.96	der	T10	0
thermosol	A 1.6	izq	T11	1
thermosol	A 1.6	centro	T11	1
thermosol	A 1.6	der	T11	1
thermosol	B 0.26	izq	T11	0
thermosol	B 0.26	centro	T11	0
thermosol	B 0.26	der	T11	0
thermosol	C 0.96	izq	T11	1
thermosol	C 0.96	centro	T11	0
thermosol	C 0.96	der	T11	0
pad steam	A 1.6	izq	T11	1
pad steam	A 1.6	centro	T11	1
pad steam	A 1.6	der	T11	1
pad steam	B 0.26	izq	T11	0
pad steam	B 0.26	centro	T11	0
pad steam	B 0.26	der	T11	0
pad steam	C 0.96	izq	T11	0

Continuación Tabla B.2

Máquina	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta
pad steam	C 0.96	centro	T11	0
pad steam	C 0.96	der	T11	0
ramas	A 1.6	izq	T11	1
ramas	A 1.6	centro	T11	1
ramas	A 1.6	der	T11	1
ramas	B 0.26	izq	T11	0
ramas	B 0.26	centro	T11	0
ramas	B 0.26	der	T11	0
ramas	C 0.96	izq	T11	0
ramas	C 0.96	centro	T11	0
ramas	C 0.96	der	T11	0

Tabla B. 3 Datos obtenidos de experimentación en cabina y mesa de trabajo

Lugar	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta	Lugar	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta
mesa	A 1.6	izq parado	T1	1	mesa	B 0.26	cent parado	T2	0
mesa	A 1.6	cent parado	T1	1	mesa	B 0.26	der parado	T2	0
mesa	A 1.6	der parado	T1	0	mesa	C 0.96	izq parado	T2	0
mesa	B 0.26	izq parado	T1	0	mesa	C 0.96	cent parado	T2	0
mesa	B 0.26	cent parado	T1	0	mesa	C 0.96	der parado	T2	0
mesa	B 0.26	der parado	T1	0	mesa	A 1.6	izq agachado	T2	1
mesa	C 0.96	izq parado	T1	0	mesa	A 1.6	cent agachado	T2	1
mesa	C 0.96	cent parado	T1	1	mesa	A 1.6	der agachado	T2	1
mesa	C 0.96	der parado	T1	1	mesa	B 0.26	izq agachado	T2	0
mesa	A 1.6	izq agachado	T1	1	mesa	B 0.26	cent agachado	T2	0
mesa	A 1.6	cent agachado	T1	1	mesa	B 0.26	der agachado	T2	0
mesa	A 1.6	der agachado	T1	0	mesa	C 0.96	izq agachado	T2	0
mesa	B 0.26	izq agachado	T1	0	mesa	C 0.96	cent agachado	T2	0
mesa	B 0.26	cent agachado	T1	0	mesa	C 0.96	der agachado	T2	0
mesa	B 0.26	der agachado	T1	0	cabina	A 1.6	izq cerca	T2	1
mesa	C 0.96	izq agachado	T1	0	cabina	A 1.6	cent cerca	T2	1
mesa	C 0.96	cent agachado	T1	1	cabina	A 1.6	der cerca	T2	1
mesa	C 0.96	der agachado	T1	1	cabina	B 0.26	izq cerca	T2	0
cabina	A 1.6	izq cerca	T1	0	cabina	B 0.26	cent cerca	T2	0
cabina	A 1.6	cent cerca	T1	0	cabina	B 0.26	der cerca	T2	0
cabina	A 1.6	der cerca	T1	0	cabina	C 0.96	izq cerca	T2	0
cabina	B 0.26	izq cerca	T1	0	cabina	C 0.96	cent cerca	T2	0
cabina	B 0.26	cent cerca	T1	0	cabina	C 0.96	der cerca	T2	0
cabina	B 0.26	der cerca	T1	0	cabina	A 1.6	izq lejos	T2	1
cabina	C 0.96	izq cerca	T1	0	cabina	A 1.6	cent lejos	T2	1
cabina	C 0.96	cent cerca	T1	0	cabina	A 1.6	der lejos	T2	1
cabina	C 0.96	der cerca	T1	0	cabina	B 0.26	izq lejos	T2	0
cabina	A 1.6	izq lejos	T1	1	cabina	B 0.26	cent lejos	T2	0
cabina	A 1.6	cent lejos	T1	0	cabina	B 0.26	der lejos	T2	0
cabina	A 1.6	der lejos	T1	0	cabina	C 0.96	izq lejos	T2	0
cabina	B 0.26	izq lejos	T1	0	cabina	C 0.96	cent lejos	T2	0
cabina	B 0.26	cent lejos	T1	0	cabina	C 0.96	der lejos	T2	0
cabina	B 0.26	der lejos	T1	0	mesa	A 1.6	izq parado	T3	0
cabina	C 0.96	izq lejos	T1	0	mesa	A 1.6	cent parado	T3	0
cabina	C 0.96	cent lejos	T1	0	mesa	A 1.6	der parado	T3	0
cabina	C 0.96	der lejos	T1	0	mesa	B 0.26	izq parado	T3	0
mesa	A 1.6	izq parado	T2	1	mesa	B 0.26	cent parado	T3	0
mesa	A 1.6	cent parado	T2	1	mesa	B 0.26	der parado	T3	0
mesa	A 1.6	der parado	T2	1	mesa	C 0.96	izq parado	T3	1
mesa	B 0.26	izq parado	T2	0	mesa	C 0.96	cent parado	T3	1

Continuación de Tabla B. 4

Lugar	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta	Lugar	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta
mesa	C 0.96	der parado	T3	1	mesa	B 0.26	izq agachado	T12	0
mesa	A 1.6	izq agachado	T3	0	mesa	B 0.26	cent agachado	T12	0
mesa	A 1.6	cent agachado	T3	0	mesa	B 0.26	der agachado	T12	0
mesa	A 1.6	der agachado	T3	0	mesa	C 0.96	izq agachado	T12	1
mesa	B 0.26	izq agachado	T3	0	mesa	C 0.96	cent agachado	T12	1
mesa	B 0.26	cent agachado	T3	0	mesa	C 0.96	der agachado	T12	1
mesa	B 0.26	der agachado	T3	0	cabina	A 1.6	izq cerca	T12	1
mesa	C 0.96	izq agachado	T3	1	cabina	A 1.6	cent cerca	T12	1
mesa	C 0.96	cent agachado	T3	1	cabina	A 1.6	der cerca	T12	0
mesa	C 0.96	der agachado	T3	1	cabina	B 0.26	izq cerca	T12	1
cabina	A 1.6	izq cerca	T3	0	cabina	B 0.26	cent cerca	T12	0
cabina	A 1.6	cent cerca	T3	0	cabina	B 0.26	der cerca	T12	0
cabina	A 1.6	der cerca	T3	0	cabina	C 0.96	izq cerca	T12	1
cabina	B 0.26	izq cerca	T3	0	cabina	C 0.96	cent cerca	T12	1
cabina	B 0.26	cent cerca	T3	0	cabina	C 0.96	der cerca	T12	0
cabina	B 0.26	der cerca	T3	0	cabina	A 1.6	izq lejos	T12	1
cabina	C 0.96	izq cerca	T3	0	cabina	A 1.6	cent lejos	T12	0
cabina	C 0.96	cent cerca	T3	0	cabina	A 1.6	der lejos	T12	0
cabina	C 0.96	der cerca	T3	0	cabina	B 0.26	izq lejos	T12	0
cabina	A 1.6	izq lejos	T3	0	cabina	B 0.26	cent lejos	T12	0
cabina	A 1.6	cent lejos	T3	0	cabina	B 0.26	der lejos	T12	0
cabina	A 1.6	der lejos	T3	0	cabina	C 0.96	izq lejos	T12	1
cabina	B 0.26	izq lejos	T3	0	cabina	C 0.96	cent lejos	T12	0
cabina	B 0.26	cent lejos	T3	0	cabina	C 0.96	der lejos	T12	0
cabina	B 0.26	der lejos	T3	0	mesa	A 1.6	izq parado	T13	0
cabina	C 0.96	izq lejos	T3	0	mesa	A 1.6	cent parado	T13	0
cabina	C 0.96	cent lejos	T3	0	mesa	A 1.6	der parado	T13	0
cabina	C 0.96	der lejos	T3	1	mesa	B 0.26	izq parado	T13	0
mesa	A 1.6	izq parado	T12	1	mesa	B 0.26	cent parado	T13	0
mesa	A 1.6	cent parado	T12	0	mesa	B 0.26	der parado	T13	0
mesa	A 1.6	der parado	T12	1	mesa	C 0.96	izq parado	T13	0
mesa	B 0.26	izq parado	T12	0	mesa	C 0.96	cent parado	T13	0
mesa	B 0.26	cent parado	T12	0	mesa	C 0.96	der parado	T13	0
mesa	B 0.26	der parado	T12	0	mesa	A 1.6	izq agachado	T13	0
mesa	C 0.96	izq parado	T12	0	mesa	A 1.6	cent agachado	T13	0
mesa	C 0.96	cent parado	T12	1	mesa	A 1.6	der agachado	T13	0
mesa	C 0.96	der parado	T12	1	mesa	B 0.26	izq agachado	T13	0
mesa	A 1.6	izq agachado	T12	1	mesa	B 0.26	cent agachado	T13	0
mesa	A 1.6	cent agachado	T12	1	mesa	B 0.26	der agachado	T13	0
mesa	A 1.6	der agachado	T12	1	mesa	C 0.96	izq agachado	T13	0

Continuación de Tabla B. 5

Lugar	Delta	Posición	Trabajador	Respuesta
mesa	C 0.96	cent agachado	T13	0
mesa	C 0.96	der agachado	T13	0
cabina	A 1.6	izq cerca	T13	0
cabina	A 1.6	cent cerca	T13	0
cabina	A 1.6	der cerca	T13	0
cabina	B 0.26	izq cerca	T13	0
cabina	B 0.26	cent cerca	T13	1
cabina	B 0.26	der cerca	T13	0
cabina	C 0.96	izq cerca	T13	0
cabina	C 0.96	cent cerca	T13	0
cabina	C 0.96	der cerca	T13	0
cabina	A 1.6	izq lejos	T13	0
cabina	A 1.6	cent lejos	T13	0
cabina	A 1.6	der lejos	T13	0
cabina	B 0.26	izq lejos	T13	0
cabina	B 0.26	cent lejos	T13	0
cabina	B 0.26	der lejos	T13	0
cabina	C 0.96	izq lejos	T13	0
cabina	C 0.96	cent lejos	T13	0
cabina	C 0.96	der lejos	T13	0

Tabla B. 6 Datos obtenidos en experimentación en estancia en la UACJ

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura al ojo (mm)	Iluminación	Ruido	Color	Respuesta
P1	H	20	No	1743	I1	R1	A	1
P1	H	20	No	1743	I1	R1	B	0
P1	H	20	No	1743	I1	R1	C	1
P1	H	20	No	1743	I1	R1	D	0
P1	H	20	No	1743	I1	R2	A	0
P1	H	20	No	1743	I1	R2	B	1
P1	H	20	No	1743	I1	R2	C	0
P1	H	20	No	1743	I1	R2	D	0
P1	H	20	No	1743	I2	R1	A	0
P1	H	20	No	1743	I2	R1	B	0
P1	H	20	No	1743	I2	R1	C	1
P1	H	20	No	1743	I2	R1	D	0
P1	H	20	No	1743	I2	R2	A	0
P1	H	20	No	1743	I2	R2	B	0
P1	H	20	No	1743	I2	R2	C	0
P1	H	20	No	1743	I2	R2	D	0
P1	H	20	No	1743	I3	R1	A	0
P1	H	20	No	1743	I3	R1	B	0
P1	H	20	No	1743	I3	R1	C	1
P1	H	20	No	1743	I3	R1	D	0
P1	H	20	No	1743	I3	R2	A	0
P1	H	20	No	1743	I3	R2	B	1
P1	H	20	No	1743	I3	R2	C	1
P1	H	20	No	1743	I3	R2	D	0
P1	H	20	No	1743	I4	R1	A	0
P1	H	20	No	1743	I4	R1	B	1
P1	H	20	No	1743	I4	R1	C	1
P1	H	20	No	1743	I4	R1	D	0
P1	H	20	No	1743	I4	R2	A	0
P1	H	20	No	1743	I4	R2	B	1
P1	H	20	No	1743	I4	R2	C	0
P1	H	20	No	1743	I4	R2	D	0
P2	M	19	Si	1544	I1	R1	A	0
P2	M	19	Si	1544	I1	R1	B	0
P2	M	19	Si	1544	I1	R1	C	1
P2	M	19	Si	1544	I1	R1	D	1
P2	M	19	Si	1544	I1	R2	A	0
P2	M	19	Si	1544	I1	R2	B	0
P2	M	19	Si	1544	I1	R2	C	1
P2	M	19	Si	1544	I1	R2	D	1

Continuación de Tabla B. 7

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura al ojo (mm)	Iluminación	Ruido	Color	Respuesta
P2	M	19	Si	1544	I2	R1	A	0
P2	M	19	Si	1544	I2	R1	B	0
P2	M	19	Si	1544	I2	R1	C	1
P2	M	19	Si	1544	I2	R1	D	1
P2	M	19	Si	1544	I2	R2	A	0
P2	M	19	Si	1544	I2	R2	B	0
P2	M	19	Si	1544	I2	R2	C	1
P2	M	19	Si	1544	I2	R2	D	1
P2	M	19	Si	1544	I3	R1	A	1
P2	M	19	Si	1544	I3	R1	B	0
P2	M	19	Si	1544	I3	R1	C	1
P2	M	19	Si	1544	I3	R1	D	1
P2	M	19	Si	1544	I3	R2	A	1
P2	M	19	Si	1544	I3	R2	B	0
P2	M	19	Si	1544	I3	R2	C	1
P2	M	19	Si	1544	I3	R2	D	0
P2	M	19	Si	1544	I4	R1	A	0
P2	M	19	Si	1544	I4	R1	B	0
P2	M	19	Si	1544	I4	R1	C	1
P2	M	19	Si	1544	I4	R1	D	1
P2	M	19	Si	1544	I4	R2	A	0
P2	M	19	Si	1544	I4	R2	B	0
P2	M	19	Si	1544	I4	R2	C	1
P2	M	19	Si	1544	I4	R2	D	1
P3	M	20	No	1385	I1	R1	A	0
P3	M	20	No	1385	I1	R1	B	0
P3	M	20	No	1385	I1	R1	C	1
P3	M	20	No	1385	I1	R1	D	1
P3	M	20	No	1385	I1	R2	A	0
P3	M	20	No	1385	I1	R2	B	0
P3	M	20	No	1385	I1	R2	C	1
P3	M	20	No	1385	I1	R2	D	1
P3	M	20	No	1385	I2	R1	A	0
P3	M	20	No	1385	I2	R1	B	0
P3	M	20	No	1385	I2	R1	C	1
P3	M	20	No	1385	I2	R1	D	0
P3	M	20	No	1385	I2	R2	A	0
P3	M	20	No	1385	I2	R2	B	0
P3	M	20	No	1385	I2	R2	C	1
P3	M	20	No	1385	I2	R2	D	1

Continuación de Tabla B. 8

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura al ojo (mm)	Iluminación	Ruido	Color	Respuesta
P3	M	20	No	1385	I3	R1	A	0
P3	M	20	No	1385	I3	R1	B	0
P3	M	20	No	1385	I3	R1	C	1
P3	M	20	No	1385	I3	R1	D	0
P3	M	20	No	1385	I3	R2	A	0
P3	M	20	No	1385	I3	R2	B	0
P3	M	20	No	1385	I3	R2	C	1
P3	M	20	No	1385	I3	R2	D	1
P3	M	20	No	1385	I4	R1	A	0
P3	M	20	No	1385	I4	R1	B	0
P3	M	20	No	1385	I4	R1	C	1
P3	M	20	No	1385	I4	R1	D	1
P3	M	20	No	1385	I4	R2	A	0
P3	M	20	No	1385	I4	R2	B	0
P3	M	20	No	1385	I4	R2	C	1
P3	M	20	No	1385	I4	R2	D	1
P4	H	23	Si	1609	I1	R1	A	0
P4	H	23	Si	1609	I1	R1	B	0
P4	H	23	Si	1609	I1	R1	C	0
P4	H	23	Si	1609	I1	R1	D	1
P4	H	23	Si	1609	I1	R2	A	0
P4	H	23	Si	1609	I1	R2	B	0
P4	H	23	Si	1609	I1	R2	C	1
P4	H	23	Si	1609	I1	R2	D	1
P4	H	23	Si	1609	I2	R1	A	0
P4	H	23	Si	1609	I2	R1	B	0
P4	H	23	Si	1609	I2	R1	C	1
P4	H	23	Si	1609	I2	R1	D	1
P4	H	23	Si	1609	I2	R2	A	0
P4	H	23	Si	1609	I2	R2	B	0
P4	H	23	Si	1609	I2	R2	C	1
P4	H	23	Si	1609	I2	R2	D	1
P4	H	23	Si	1609	I3	R1	A	0
P4	H	23	Si	1609	I3	R1	B	0
P4	H	23	Si	1609	I3	R1	C	0
P4	H	23	Si	1609	I3	R1	D	1
P4	H	23	Si	1609	I3	R2	A	0
P4	H	23	Si	1609	I3	R2	B	0
P4	H	23	Si	1609	I3	R2	C	1
P4	H	23	Si	1609	I3	R2	D	1

Continuación de Tabla B. 9

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura al ojo (mm)	Iluminación	Ruido	Color	Respuesta
P4	H	23	Si	1609	I4	R1	A	0
P4	H	23	Si	1609	I4	R1	B	0
P4	H	23	Si	1609	I4	R1	C	1
P4	H	23	Si	1609	I4	R1	D	1
P4	H	23	Si	1609	I4	R2	A	0
P4	H	23	Si	1609	I4	R2	B	0
P4	H	23	Si	1609	I4	R2	C	1
P4	H	23	Si	1609	I4	R2	D	1
P5	H	22	No	1688	I1	R1	A	0
P5	H	22	No	1688	I1	R1	B	0
P5	H	22	No	1688	I1	R1	C	1
P5	H	22	No	1688	I1	R1	D	1
P5	H	22	No	1688	I1	R2	A	0
P5	H	22	No	1688	I1	R2	B	0
P5	H	22	No	1688	I1	R2	C	1
P5	H	22	No	1688	I1	R2	D	0
P5	H	22	No	1688	I2	R1	A	0
P5	H	22	No	1688	I2	R1	B	0
P5	H	22	No	1688	I2	R1	C	1
P5	H	22	No	1688	I2	R1	D	0
P5	H	22	No	1688	I2	R2	A	0
P5	H	22	No	1688	I2	R2	B	0
P5	H	22	No	1688	I2	R2	C	1
P5	H	22	No	1688	I2	R2	D	1
P5	H	22	No	1688	I3	R1	A	1
P5	H	22	No	1688	I3	R1	B	0
P5	H	22	No	1688	I3	R1	C	0
P5	H	22	No	1688	I3	R1	D	0
P5	H	22	No	1688	I3	R2	A	0
P5	H	22	No	1688	I3	R2	B	0
P5	H	22	No	1688	I3	R2	C	1
P5	H	22	No	1688	I3	R2	D	0
P5	H	22	No	1688	I4	R1	A	0
P5	H	22	No	1688	I4	R1	B	0
P5	H	22	No	1688	I4	R1	C	1
P5	H	22	No	1688	I4	R1	D	0
P5	H	22	No	1688	I4	R2	A	0
P5	H	22	No	1688	I4	R2	B	0
P5	H	22	No	1688	I4	R2	C	1
P5	H	22	No	1688	I4	R2	D	0

Continuación de Tabla B. 10

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura al ojo (mm)	Iluminación	Ruido	Color	Respuesta
P6	H	21	No	1669	I1	R1	A	1
P6	H	21	No	1669	I1	R1	B	0
P6	H	21	No	1669	I1	R1	C	0
P6	H	21	No	1669	I1	R1	D	1
P6	H	21	No	1669	I1	R2	A	1
P6	H	21	No	1669	I1	R2	B	0
P6	H	21	No	1669	I1	R2	C	0
P6	H	21	No	1669	I1	R2	D	1
P6	H	21	No	1669	I2	R1	A	1
P6	H	21	No	1669	I2	R1	B	0
P6	H	21	No	1669	I2	R1	C	0
P6	H	21	No	1669	I2	R1	D	0
P6	H	21	No	1669	I2	R2	A	1
P6	H	21	No	1669	I2	R2	B	0
P6	H	21	No	1669	I2	R2	C	0
P6	H	21	No	1669	I2	R2	D	1
P6	H	21	No	1669	I3	R1	A	1
P6	H	21	No	1669	I3	R1	B	0
P6	H	21	No	1669	I3	R1	C	0
P6	H	21	No	1669	I3	R1	D	1
P6	H	21	No	1669	I3	R2	A	1
P6	H	21	No	1669	I3	R2	B	0
P6	H	21	No	1669	I3	R2	C	1
P6	H	21	No	1669	I3	R2	D	1
P6	H	21	No	1669	I4	R1	A	1
P6	H	21	No	1669	I4	R1	B	0
P6	H	21	No	1669	I4	R1	C	1
P6	H	21	No	1669	I4	R1	D	1
P6	H	21	No	1669	I4	R2	A	1
P6	H	21	No	1669	I4	R2	B	0
P6	H	21	No	1669	I4	R2	C	1
P6	H	21	No	1669	I4	R2	D	1
P7	H	23	No	1575	I1	R1	A	0
P7	H	23	No	1575	I1	R1	B	0
P7	H	23	No	1575	I1	R1	C	1
P7	H	23	No	1575	I1	R1	D	1
P7	H	23	No	1575	I1	R2	A	1
P7	H	23	No	1575	I1	R2	B	0
P7	H	23	No	1575	I1	R2	C	1
P7	H	23	No	1575	I1	R2	D	1

Continuación de Tabla B. 11

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura al ojo (mm)	Iluminación	Ruido	Color	Respuesta
P7	H	23	No	1575	I2	R1	A	0
P7	H	23	No	1575	I2	R1	B	0
P7	H	23	No	1575	I2	R1	C	1
P7	H	23	No	1575	I2	R1	D	1
P7	H	23	No	1575	I2	R2	A	0
P7	H	23	No	1575	I2	R2	B	0
P7	H	23	No	1575	I2	R2	C	1
P7	H	23	No	1575	I2	R2	D	1
P7	H	23	No	1575	I3	R1	A	0
P7	H	23	No	1575	I3	R1	B	0
P7	H	23	No	1575	I3	R1	C	1
P7	H	23	No	1575	I3	R1	D	1
P7	H	23	No	1575	I3	R2	A	0
P7	H	23	No	1575	I3	R2	B	0
P7	H	23	No	1575	I3	R2	C	1
P7	H	23	No	1575	I3	R2	D	0
P7	H	23	No	1575	I4	R1	A	1
P7	H	23	No	1575	I4	R1	B	0
P7	H	23	No	1575	I4	R1	C	1
P7	H	23	No	1575	I4	R1	D	1
P7	H	23	No	1575	I4	R2	A	1
P7	H	23	No	1575	I4	R2	B	0
P7	H	23	No	1575	I4	R2	C	1
P7	H	23	No	1575	I4	R2	D	1
P8	H	27	No	1609	I1	R1	A	0
P8	H	27	No	1609	I1	R1	B	1
P8	H	27	No	1609	I1	R1	C	1
P8	H	27	No	1609	I1	R1	D	1
P8	H	27	No	1609	I1	R2	A	1
P8	H	27	No	1609	I1	R2	B	1
P8	H	27	No	1609	I1	R2	C	1
P8	H	27	No	1609	I1	R2	D	1
P8	H	27	No	1609	I2	R1	A	1
P8	H	27	No	1609	I2	R1	B	1
P8	H	27	No	1609	I2	R1	C	1
P8	H	27	No	1609	I2	R1	D	1
P8	H	27	No	1609	I2	R2	A	1
P8	H	27	No	1609	I2	R2	B	0
P8	H	27	No	1609	I2	R2	C	1
P8	H	27	No	1609	I2	R2	D	0

Continuación de Tabla B. 12

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura al ojo (mm)	Iuminación	Ruido	Color	Respuesta
P8	H	27	No	1609	I3	R1	A	0
P8	H	27	No	1609	I3	R1	B	0
P8	H	27	No	1609	I3	R1	C	1
P8	H	27	No	1609	I3	R1	D	1
P8	H	27	No	1609	I3	R2	A	1
P8	H	27	No	1609	I3	R2	B	0
P8	H	27	No	1609	I3	R2	C	0
P8	H	27	No	1609	I3	R2	D	1
P8	H	27	No	1609	I4	R1	A	0
P8	H	27	No	1609	I4	R1	B	1
P8	H	27	No	1609	I4	R1	C	1
P8	H	27	No	1609	I4	R1	D	1
P8	H	27	No	1609	I4	R2	A	0
P8	H	27	No	1609	I4	R2	B	0
P8	H	27	No	1609	I4	R2	C	1
P8	H	27	No	1609	I4	R2	D	1
P9	H	21	No	1782	I1	R1	A	0
P9	H	21	No	1782	I1	R1	B	1
P9	H	21	No	1782	I1	R1	C	1
P9	H	21	No	1782	I1	R1	D	1
P9	H	21	No	1782	I1	R2	A	0
P9	H	21	No	1782	I1	R2	B	1
P9	H	21	No	1782	I1	R2	C	0
P9	H	21	No	1782	I1	R2	D	1
P9	H	21	No	1782	I2	R1	A	0
P9	H	21	No	1782	I2	R1	B	0
P9	H	21	No	1782	I2	R1	C	0
P9	H	21	No	1782	I2	R1	D	1
P9	H	21	No	1782	I2	R2	A	0
P9	H	21	No	1782	I2	R2	B	0
P9	H	21	No	1782	I2	R2	C	0
P9	H	21	No	1782	I2	R2	D	1
P9	H	21	No	1782	I3	R1	A	0
P9	H	21	No	1782	I3	R1	B	0
P9	H	21	No	1782	I3	R1	C	0
P9	H	21	No	1782	I3	R1	D	1
P9	H	21	No	1782	I3	R2	A	0
P9	H	21	No	1782	I3	R2	B	0
P9	H	21	No	1782	I3	R2	C	0
P9	H	21	No	1782	I3	R2	D	1

Continuación de Tabla B. 13

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura al ojo (mm)	Iluminación	Ruido	Color	Respuesta
P9	H	21	No	1782	I4	R1	A	0
P9	H	21	No	1782	I4	R1	B	1
P9	H	21	No	1782	I4	R1	C	1
P9	H	21	No	1782	I4	R1	D	1
P9	H	21	No	1782	I4	R2	A	0
P9	H	21	No	1782	I4	R2	B	0
P9	H	21	No	1782	I4	R2	C	1
P9	H	21	No	1782	I4	R2	D	1
P10	H	24	No	1615	I1	R1	A	0
P10	H	24	No	1615	I1	R1	B	0
P10	H	24	No	1615	I1	R1	C	1
P10	H	24	No	1615	I1	R1	D	1
P10	H	24	No	1615	I1	R2	A	0
P10	H	24	No	1615	I1	R2	B	0
P10	H	24	No	1615	I1	R2	C	1
P10	H	24	No	1615	I1	R2	D	0
P10	H	24	No	1615	I2	R1	A	0
P10	H	24	No	1615	I2	R1	B	0
P10	H	24	No	1615	I2	R1	C	1
P10	H	24	No	1615	I2	R1	D	0
P10	H	24	No	1615	I2	R2	A	0
P10	H	24	No	1615	I2	R2	B	0
P10	H	24	No	1615	I2	R2	C	1
P10	H	24	No	1615	I2	R2	D	0
P10	H	24	No	1615	I3	R1	A	1
P10	H	24	No	1615	I3	R1	B	0
P10	H	24	No	1615	I3	R1	C	1
P10	H	24	No	1615	I3	R1	D	0
P10	H	24	No	1615	I3	R2	A	0
P10	H	24	No	1615	I3	R2	B	0
P10	H	24	No	1615	I3	R2	C	1
P10	H	24	No	1615	I3	R2	D	0
P10	H	24	No	1615	I4	R1	A	0
P10	H	24	No	1615	I4	R1	B	0
P10	H	24	No	1615	I4	R1	C	1
P10	H	24	No	1615	I4	R1	D	1
P10	H	24	No	1615	I4	R2	A	0
P10	H	24	No	1615	I4	R2	B	0
P10	H	24	No	1615	I4	R2	C	1
P10	H	24	No	1615	I4	R2	D	0

Continuación de Tabla B. 14

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura al ojo (mm)	Iluminación	Ruido	Color	Respuesta
P11	M	22	No	1555	I1	R1	A	0
P11	M	22	No	1555	I1	R1	B	1
P11	M	22	No	1555	I1	R1	C	1
P11	M	22	No	1555	I1	R1	D	1
P11	M	22	No	1555	I1	R2	A	0
P11	M	22	No	1555	I1	R2	B	0
P11	M	22	No	1555	I1	R2	C	1
P11	M	22	No	1555	I1	R2	D	1
P11	M	22	No	1555	I2	R1	A	1
P11	M	22	No	1555	I2	R1	B	0
P11	M	22	No	1555	I2	R1	C	1
P11	M	22	No	1555	I2	R1	D	1
P11	M	22	No	1555	I2	R2	A	0
P11	M	22	No	1555	I2	R2	B	0
P11	M	22	No	1555	I2	R2	C	1
P11	M	22	No	1555	I2	R2	D	1
P11	M	22	No	1555	I3	R1	A	0
P11	M	22	No	1555	I3	R1	B	0
P11	M	22	No	1555	I3	R1	C	1
P11	M	22	No	1555	I3	R1	D	1
P11	M	22	No	1555	I3	R2	A	0
P11	M	22	No	1555	I3	R2	B	0
P11	M	22	No	1555	I3	R2	C	1
P11	M	22	No	1555	I3	R2	D	1
P11	M	22	No	1555	I4	R1	A	0
P11	M	22	No	1555	I4	R1	B	0
P11	M	22	No	1555	I4	R1	C	1
P11	M	22	No	1555	I4	R1	D	1
P11	M	22	No	1555	I4	R2	A	0
P11	M	22	No	1555	I4	R2	B	0
P11	M	22	No	1555	I4	R2	C	1
P11	M	22	No	1555	I4	R2	D	1
P12	M	22	Si	1462	I1	R1	A	0
P12	M	22	Si	1462	I1	R1	B	0
P12	M	22	Si	1462	I1	R1	C	1
P12	M	22	Si	1462	I1	R1	D	1
P12	M	22	Si	1462	I1	R2	A	0
P12	M	22	Si	1462	I1	R2	B	0
P12	M	22	Si	1462	I1	R2	C	1
P12	M	22	Si	1462	I1	R2	D	1

Continuación de Tabla B. 15

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura al ojo (mm)	Iluminación	Ruido	Color	Respuesta
P12	M	22	Si	1462	I2	R1	A	0
P12	M	22	Si	1462	I2	R1	B	0
P12	M	22	Si	1462	I2	R1	C	1
P12	M	22	Si	1462	I2	R1	D	1
P12	M	22	Si	1462	I2	R2	A	0
P12	M	22	Si	1462	I2	R2	B	0
P12	M	22	Si	1462	I2	R2	C	1
P12	M	22	Si	1462	I2	R2	D	1
P12	M	22	Si	1462	I3	R1	A	0
P12	M	22	Si	1462	I3	R1	B	0
P12	M	22	Si	1462	I3	R1	C	1
P12	M	22	Si	1462	I3	R1	D	1
P12	M	22	Si	1462	I3	R2	A	0
P12	M	22	Si	1462	I3	R2	B	0
P12	M	22	Si	1462	I3	R2	C	1
P12	M	22	Si	1462	I3	R2	D	1
P12	M	22	Si	1462	I4	R1	A	1
P12	M	22	Si	1462	I4	R1	B	0
P12	M	22	Si	1462	I4	R1	C	1
P12	M	22	Si	1462	I4	R1	D	1
P12	M	22	Si	1462	I4	R2	A	1
P12	M	22	Si	1462	I4	R2	B	0
P12	M	22	Si	1462	I4	R2	C	1
P12	M	22	Si	1462	I4	R2	D	1
P13	H	22	No	1603	I1	R1	A	1
P13	H	22	No	1603	I1	R1	B	0
P13	H	22	No	1603	I1	R1	C	1
P13	H	22	No	1603	I1	R1	D	1
P13	H	22	No	1603	I1	R2	A	0
P13	H	22	No	1603	I1	R2	B	0
P13	H	22	No	1603	I1	R2	C	1
P13	H	22	No	1603	I1	R2	D	1
P13	H	22	No	1603	I2	R1	A	0
P13	H	22	No	1603	I2	R1	B	0
P13	H	22	No	1603	I2	R1	C	0
P13	H	22	No	1603	I2	R1	D	1
P13	H	22	No	1603	I2	R2	A	1
P13	H	22	No	1603	I2	R2	B	0
P13	H	22	No	1603	I2	R2	C	1
P13	H	22	No	1603	I2	R2	D	0

Continuación de Tabla B. 16

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura al ojo (mm)	Iluminación	Ruido	Color	Respuesta
P13	H	22	No	1603	I3	R1	A	0
P13	H	22	No	1603	I3	R1	B	0
P13	H	22	No	1603	I3	R1	C	1
P13	H	22	No	1603	I3	R1	D	0
P13	H	22	No	1603	I3	R2	A	0
P13	H	22	No	1603	I3	R2	B	1
P13	H	22	No	1603	I3	R2	C	1
P13	H	22	No	1603	I3	R2	D	0
P13	H	22	No	1603	I4	R1	A	0
P13	H	22	No	1603	I4	R1	B	1
P13	H	22	No	1603	I4	R1	C	0
P13	H	22	No	1603	I4	R1	D	1
P13	H	22	No	1603	I4	R2	A	0
P13	H	22	No	1603	I4	R2	B	1
P13	H	22	No	1603	I4	R2	C	0
P13	H	22	No	1603	I4	R2	D	1
P14	H	21	No	1500	I1	R1	A	0
P14	H	21	No	1500	I1	R1	B	0
P14	H	21	No	1500	I1	R1	C	1
P14	H	21	No	1500	I1	R1	D	1
P14	H	21	No	1500	I1	R2	A	0
P14	H	21	No	1500	I1	R2	B	0
P14	H	21	No	1500	I1	R2	C	0
P14	H	21	No	1500	I1	R2	D	1
P14	H	21	No	1500	I2	R1	A	0
P14	H	21	No	1500	I2	R1	B	0
P14	H	21	No	1500	I2	R1	C	0
P14	H	21	No	1500	I2	R1	D	1
P14	H	21	No	1500	I2	R2	A	0
P14	H	21	No	1500	I2	R2	B	0
P14	H	21	No	1500	I2	R2	C	0
P14	H	21	No	1500	I2	R2	D	0
P14	H	21	No	1500	I3	R1	A	0
P14	H	21	No	1500	I3	R1	B	0
P14	H	21	No	1500	I3	R1	C	0
P14	H	21	No	1500	I3	R1	D	1
P14	H	21	No	1500	I3	R2	A	0
P14	H	21	No	1500	I3	R2	B	0
P14	H	21	No	1500	I3	R2	C	0
P14	H	21	No	1500	I3	R2	D	1

Continuación de Tabla B. 17

Participante	Sexo	Edad	Lentes	Altura al ojo (mm)	Iluminación	Ruido	Color	Respuesta
P14	H	21	No	1500	I4	R1	A	0
P14	H	21	No	1500	I4	R1	B	0
P14	H	21	No	1500	I4	R1	C	0
P14	H	21	No	1500	I4	R1	D	1
P14	H	21	No	1500	I4	R2	A	0
P14	H	21	No	1500	I4	R2	B	0
P14	H	21	No	1500	I4	R2	C	1
P14	H	21	No	1500	I4	R2	D	1
P15	H	23	No	1692	I1	R1	A	1
P15	H	23	No	1692	I1	R1	B	0
P15	H	23	No	1692	I1	R1	C	1
P15	H	23	No	1692	I1	R1	D	1
P15	H	23	No	1692	I1	R2	A	0
P15	H	23	No	1692	I1	R2	B	1
P15	H	23	No	1692	I1	R2	C	0
P15	H	23	No	1692	I1	R2	D	1
P15	H	23	No	1692	I2	R1	A	1
P15	H	23	No	1692	I2	R1	B	0
P15	H	23	No	1692	I2	R1	C	1
P15	H	23	No	1692	I2	R1	D	1
P15	H	23	No	1692	I2	R2	A	0
P15	H	23	No	1692	I2	R2	B	1
P15	H	23	No	1692	I2	R2	C	0
P15	H	23	No	1692	I2	R2	D	1
P15	H	23	No	1692	I3	R1	A	0
P15	H	23	No	1692	I3	R1	B	0
P15	H	23	No	1692	I3	R1	C	1
P15	H	23	No	1692	I3	R1	D	1
P15	H	23	No	1692	I3	R2	A	0
P15	H	23	No	1692	I3	R2	B	0
P15	H	23	No	1692	I3	R2	C	0
P15	H	23	No	1692	I3	R2	D	1
P15	H	23	No	1692	I4	R1	A	0
P15	H	23	No	1692	I4	R1	B	0
P15	H	23	No	1692	I4	R1	C	0
P15	H	23	No	1692	I4	R1	D	1
P15	H	23	No	1692	I4	R2	A	0
P15	H	23	No	1692	I4	R2	B	0
P15	H	23	No	1692	I4	R2	C	0
P15	H	23	No	1692	I4	R2	D	1

