

Relación de la distribución de color de dientes naturales utilizando tres métodos de registro de color dental: visual, fotográfico y espectrofotométrico con el sistema CIELAB

Tesis presentada por:

Hjalmar Emanuel Vallejo Alvarado

Ante el tribunal de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala,
que practicó el Examen General Público, previo a optar al título de:

CIRUJANO DENTISTA

Guatemala, abril de 2023.

Relación de la distribución de color de dientes naturales utilizando tres métodos de registro de color dental: visual, fotográfico y espectrofotométrico con el sistema CIELAB

Tesis presentada por:

Hjalmar Emanuel Vallejo Alvarado

Ante el tribunal de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que practicó el Examen General Público, previo a optar al título de:

CIRUJANO DENTISTA

Guatemala, abril de 2023

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Decano:	Dr. Kenneth Roderico Pineda Palacios
Vocal Primero:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños
Vocal Segundo:	Dr. Sergio Armando García Piloña
Vocal Tercero:	Dr. Edgar Adolfo Guzmán Lemus
Vocal Cuarto:	Br. Oscar Alberto Orellana Aguilar
Vocal Quinto:	Br. Erick Ricardo Martínez Recinos
Secretario Académico:	Dr. Oscar Aníbal Taracena Monzón

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO

Decano:	Dr. Kenneth Roderico Pineda Palacios
Vocal Primero:	Dr. Sergio Armando García Piloña
Vocal Segundo:	Dr. Robin Fausto Hernández Díaz
Vocal Tercero:	Dr. Herman Horacio Mendía Alarcón
Secretario Académico:	Dr. Oscar Aníbal Taracena Monzón

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS:** Por darme la vida y la fortaleza, para estudiar con vocación esta carrera profesional. Gracias por acompañarme, guiarme y por tu amor incondicional. Como profesional deseo servirte en tus obras hacia los demás.
- A MI MADRE:** Claudia Ibett Alvarado Sánchez, por ser mi apoyo incondicional, por todos los sacrificios y esfuerzos que has hecho para alcanzar junto a mi esta meta. Por siempre guiarme y forjarme con principios y valores, además de enseñarme a ser persistente y no claudicar en los momentos difíciles. Gracias por siempre confiar en mí y por tu inmenso amor.
- A MI PADRE:** Hjalmar Elías Vallejo García, gracias por tu amor y apoyo durante mi carrera y creer en mi para llegar a ser un profesional. Por todo ese esfuerzo que has hecho aun a la distancia para ayudarme a culminar esta meta.
- A MIS TÍOS:** Iris Alvarado y Marvin Arellano, por procurarme en todo momento y siempre darme ánimos para seguir adelante. Por su confianza y apoyo todos estos años para lograr ser un profesional.
- A MIS AMIGOS:** Por brindarme momentos inolvidables dentro de la universidad, por su amistad y comprensión. A Cesar, Mauricio, Laura y Dany por recorrer juntos cada etapa dentro de la facultad.
- A MIS CATEDRÁTICOS:** Por todas las enseñanzas y ser los mentores que me inspiran a seguir aprendiendo y practicando esta bella profesión, Dr. Víctor Hugo de León, Dr. Horacio Mendía, Dr. Boris López.

TESIS QUE DEDICO

A DIOS: Por guiarme y darme la persistencia para elaborar esta investigación.

A MI MADRE: Por alentarme y enseñarme a luchar por mis metas.

A MI PADRE: Por apoyarme desde el inicio con el equipo necesario para realizar la investigación.

A MI ASESOR: Dr. Horacio Mendía, por compartir su conocimiento, su tiempo e introducirme al mundo de la fotografía.

A LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA: Por facilitarme todo el conocimiento, y prepararme profesionalmente.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA: Por ser mi alma máter.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Tengo el honor de someter a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

“Relación de la distribución de color de dientes naturales utilizando tres métodos de registro de color dental: visual, fotográfico y espectrofotométrico con el sistema CIELAB”

Conforme lo demandan los estatutos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al título de:

CIRUJANO DENTISTA

Y ustedes distinguidos miembros del Honorable Tribunal Examinador, reciban mis más altas muestras de consideración y respeto.

Índice

I.	Sumario	1
II.	Introducción	2
III.	Planteamiento del problema	3
IV.	Justificación	4
V.	Marco Teórico	5
	5.1 Teoría del color	5
	5.1.1 La ciencia del color	5
	5.1.2 Percepción	6
	5.1.3 Iluminación	8
	5.1.4 Dinámica de la luz en dientes naturales	9
	5.2 Organización del color	11
	5.2.1 Escala Munsell	11
	5.2.2 Escala CIELAB	12
	5.2.3 Interpretación de diferencias de color: umbrales visuales	13
	5.2.4 CIELCH	13
	5.3 Métodos de selección de color	14
	5.3.1 Método visual	14
	5.3.2 Método fotográfico	18
	5.3.3 Método espectrofotométrico	22
VI.	Objetivos	24
VI.	Hipótesis	25
VII.	Variables	26
VIII.	Metodología	27
	8.1 Muestra	27
	8.2 Criterios de inclusión	27
	8.3 Criterios de exclusión	28
	8.4 Procedimiento	28
	8.5 Procesamiento y análisis de datos	33

IX.	Recursos	34
X.	Resultados	35
XI.	Discusión de Resultados	57
XII.	Conclusiones	59
XIII.	Recomendaciones	60
XIV.	Consultas Bibliográficas	61
XV.	Anexos	65

I. Sumario

El registro de color de dental es un procedimiento relevante, al estar relacionado con la apariencia final de una restauración, por ello se han desarrollado métodos objetivos de registro de color para obtener resultados satisfactorios, mejorar la comunicación y reproducción de las características dentales. El espectrofotómetro y la cámara digital con filtro de polarización son instrumentos capaces de registrar el color dental objetivamente, siendo poco influenciados por factores externos en comparación al registro visual subjetivo por la capacidad del ojo humano y otros factores. El presente estudio se realizó con el objetivo de establecer la relación de la distribución del color de los dientes naturales con el método visual, fotográfico y espectrofotométrico en el sistema CIELAB. Asimismo, de encontrar un método de registro de color y comunicación accesible de mayor precisión, que permita mejorar la selección del color dental.

En este estudio transversal cross seccional descriptivo con una muestra de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, fueron seleccionados para el registro del color dental el tercio medio de la cara del incisivo central superior derecho utilizando el método visual, el espectrofotómetro (Vita Easyshade) y la fotografía de polarización cruzada. El registro del color se realizó utilizando el sistema de coordenadas de color CIELab. Se realizó el análisis de los datos por medio del programa estadístico SPSS Statistics 25.

Al analizar los resultados obtenidos, encontramos relaciones positivas y estadísticamente significativas entre todos los métodos de registro de color dental, en sus tres coordenadas de color L^* , a^* y b^* . Con respecto a la relación entre el espectrofotómetro (Easyshade) y la fotografía digital polarizada, se obtuvieron los valores $L^*= 0.630$, $a^*= 0.688$, $b^*= 0.826$. Encontrando que existe una correlación alta y estadísticamente significativa entre el espectrofotómetro y la cámara digital para todas las coordenadas de color. La relación entre el espectrofotómetro (Easyshade) y la guía de color dental (VITA 3D Master), obtuvo valores $L^*= 0.726$, $a^*= 0.781$, $b^*= 0.925$. Con respecto a la relación entre la fotografía polarizada y la guía de color dental VITA 3D Master, se obtuvieron los valores $L^*= 0.526$, $a^*= 0.644$, $b^*= 0.789$.

II. Introducción

El éxito de los tratamientos dentales es evaluado generalmente por los pacientes basados en la apariencia de la restauración. Para lograr esto, el color de la restauración debe imitar al color del diente natural adyacente.

El color y la apariencia de un diente es un fenómeno complejo influenciado por las condiciones de luz, translucidez, opacidad, dispersión de luz y brillo. Asimismo, el ojo humano y el cerebro influyen en la percepción general del color dental. Por años se ha realizado la selección del color dental por medio visual utilizando una guía de color y escogiendo el color más cercano a los dientes del paciente. Sin embargo, varios estudios demuestran que es un método subjetivo debido a que los resultados varían de un observador a otro e incluso en un solo observador, además es afectado por la luz del ambiente, la experiencia del observador, la edad, los colores que se encuentran alrededor, el ángulo de vista del diente y de la guía de color. Asimismo, las guías de colores no se encuentran distribuidas uniformemente y no abarcan el rango completo de los colores de los dientes naturales, por lo tanto, limitan las opciones para seleccionar color.

La necesidad de implementar métodos objetivos para selección de color, llevó al desarrollo de herramientas como lo son los espectrofotómetros y cámaras digitales para superar los desafíos del método visual.

Las cámaras digitales son una herramienta de comunicación en las clínicas dentales y pueden ser utilizadas para el registro electrónico del color dental. Para ello se requiere de calibración y ajuste de color para un manejo de color apropiado. Las fotografías digitales pueden ser fácilmente guardadas y transmitidas al técnico dental proveyendo información acerca del color de la superficie dental, forma y características propias del diente.

Los espectrofotómetros miden la cantidad de energía de luz reflejada de un objeto en intervalos de 1-25 nm a lo largo del espectro visible. Contiene una fuente de radiación óptica, un medio para dispersar la luz, un sistema óptico para medir, un detector y un medio que convierte la luz obtenida a una señal que puede ser analizada.

Los métodos objetivos tienen la capacidad de medir cuantitativamente de manera estandarizada y repetible las variables del color arrojando valores numéricos de las coordenadas de color del diente natural del paciente. Utilizando estos métodos existe una mejora en el proceso de la selección de color siendo superior al método visual. Ambos métodos necesitan su propia calibración para mantener su precisión y repetibilidad.

Con la finalidad de mejorar el proceso de selección de color dental utilizando métodos objetivos, en este trabajo de investigación se busca establecer la relación de las distribuciones de color de los métodos de registro visual, fotográfico y espectrofotométrico.

III. Planteamiento del problema

En la práctica clínica la selección adecuada del color es un factor determinante para el éxito de las restauraciones, el registro del color dental puede ser determinado por dos métodos: visual e instrumental. El método de registro de color dental más utilizado consiste en la comparación visual utilizando una guía de colores. La determinación del color dental utilizando una guía de colores dentro del ambiente intraoral clínico es un reto para el operador por diversos factores siendo éste un proceso que es considerado subjetivo porque depende de la fuente de luz, el objeto y el observador.

Entre los instrumentos para el registro del color dental se encuentran, espectrofotómetros y cámaras digitales que la literatura reporta como objetivos. Los cuales han sido introducidos para reducir o superar aquellas imperfecciones e inconsistencias del método visual tradicional. Una desventaja del método tradicional es la falta de consistencia del color entre las guías de color del mismo fabricante, agregado a esto las dificultades innatas del método: como el metamerismo, condiciones subóptimas para el registro de color, edad del observador e iluminación. Aún con dichas dificultades el ojo humano es capaz de discernir pequeñas diferencias de color, sin embargo, hace falta la capacidad para comunicar el grado y naturaleza de estas diferencias. Por lo cual, se necesita un instrumento que permita comunicar las diferencias de color de forma objetiva. ⁽¹²⁾ Por lo tanto, en el entorno de la práctica clínica surge la interrogante:

¿Cuál es la relación de la distribución del color de los dientes naturales entre el método visual, fotográfico y espectrofotométrico con el sistema CIELAB? ¿Cuál es la distribución del color de las tres coordenadas de color L^* , a^* y b^* en el sistema CIELAB de los dientes naturales con el método visual, fotográfico y espectrofotométrico?

IV. Justificación

La demanda por tratamientos restauradores estéticos de alta calidad ha aumentado con el transcurso del tiempo, para su éxito intervienen diversos factores entre los cuales toma importancia el color. Durante la formación universitaria se aprende el método práctico y sencillo para el registro del color dental, siendo este el método visual. Actualmente se practica en los consultorios, sin embargo, este método presenta diversas dificultades porque depende de varios factores como la percepción del color del observador, condiciones de la luz ambiental, translucidez, superficie de la estructura, las propiedades del material a usar, guías de colores no estandarizadas que no abarcan la totalidad de los colores de dientes naturales.

Para contrarrestar estas dificultades, se introdujeron los instrumentos que proporcionan una lectura imparcial del color y eliminan las distracciones operativas y las debilidades asociadas con el sistema visual humano. Las principales ventajas de los instrumentos de alta calidad para la toma de color, incluyen: no son influenciados por el entorno, sin influencia de la iluminación, resultados reproducibles, fácil documentación y transferencia de datos confiable. Además, tienen la capacidad de registrar el color de forma objetiva representando los colores del espectro visible de forma numérica. Sin embargo, su principal desventaja es su alto costo.

Dentro de los dispositivos para medir el color encontramos, espectrofotómetros, colorímetros y sistemas de imagen digital siendo este último el más accesible en nuestra profesión, todos ellos se caracterizan por ser objetivos y tienen alta repetibilidad.

Considerando la falta de estudios previos sobre la distribución del color de dientes naturales, y con el objetivo de encontrar un método de registro de color y comunicación accesible de mayor precisión, que permita mejorar la selección del color dental; se decidió realizar esta investigación, para establecer la relación de la distribución del color de los dientes naturales con el método visual, fotográfico y espectrofotométrico en el sistema CIELAB.

V. Marco Teórico

5.1 Teoría del color

5.1.1 La ciencia del color

El primero en describir la física del color fue Isaac Newton en 1730. El encontró que un haz de luz blanca podía ser separado en componentes de color o longitudes de onda visibles, al pasar a través de un prisma. Newton describió la serie de colores resultante como un espectro y nombro estos colores en el siguiente orden: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. ⁽¹¹⁾

La radiación visible o espectro visible es una forma de energía, parte de la familia que incluye ondas de radio y rayos X, así como radiación ultravioleta e infrarroja. La radiación que podemos ver se llama luz. La luz se puede describir por su longitud de onda, para la cual el nanómetro (nm) es una unidad conveniente de longitud. ⁽⁶⁾

La insensibilidad relativa del ojo limita la parte visible del espectro a una banda estrecha de longitudes de onda entre aproximadamente 380 y 780 nm. El tono que reconocemos como azul se encuentra por debajo de aproximadamente 480 nm; verde, aproximadamente entre 480 y 560 nm; amarillo, entre 560 y 590 nm; naranja, entre 590 y 630 nm; y rojo a longitudes de onda superiores a 630 nm. ⁽⁶⁾

El color resulta de la interacción de una fuente de luz, un objeto, y el ojo y el cerebro, o el sistema visual. ⁽⁶⁾

El color es una sensación psicofísica provocada en el ojo humano por la luz visible e interpretada por el cerebro. El proceso básico de la percepción del color consiste: luz es emitida por una fuente de luz, la luz puede llegar a alcanzar el ojo directamente o bien puede golpear o atravesar un objeto. Si la luz interactúa con el objeto, parte de la luz es absorbida por el objeto. Las longitudes de onda que no son absorbidas (aquellas que son reflejadas, transmitidas o emitidas directamente al ojo) son percibidas por las células receptoras (conos y bastones) del ojo y reconocidas por el cerebro como un color específico. ⁽¹¹⁾

Emisión

La emisión de luz de una fuente ocurre a través de un proceso químico o físico. Cada fuente lanza luz de cierta longitud de onda que otros. Para crear una luz blanca perfecta, una fuente de luz tendría que emitir a cada longitud de onda con la misma intensidad. En algunos casos, objetos emisores están destinados a emitir colores específicos. Estos objetos, como los monitores, producen color emitiendo luz con distintas composiciones de longitudes de onda de rojo, verde y azul. ⁽¹¹⁾

Transmisión y absorción

La transmisión ocurre cuando la luz pasa a través de un material transparente o translucido, como una película. Si la luz encuentra moléculas o partículas mayores en el material, algunas longitudes de onda de luz serán absorbidas. El número de rayos de luz y de longitudes de onda específicas que son absorbidos son determinados por la densidad y composición del material, la luz viaja a través de las longitudes de onda que son transmitidas que componen el color que es percibido. Si el material es completamente transparente, toda la luz es transmitida. Si el material es completamente opaco, toda la luz es absorbida, y el color negro es percibido. En la mayoría de casos, algunas de las longitudes de onda son absorbidas y otras transmitidas. El color que es percibido corresponde a las longitudes de onda que son transmitidas. ⁽¹¹⁾

Reflexión

La reflexión ocurre cuando el rayo de luz golpea un objeto sólido y rebota del mismo. Es un proceso en que la radiación es regresada por una superficie (reflexión de superficie) o un medio (reflexión de volumen). La reflexión de volumen es predominante en la selección de color dental. Debido a la translucidez del esmalte, la luz es predominantemente reflejada por la dentina. En cuanto a la distribución angular de la luz reflejada, la reflexión puede ser especular o difusa. La reflexión especular es característica de superficies lisas, con el ángulo de incidencia siendo igual al ángulo de reflexión, pero del lado opuesto de lo normal. La reflexión difusa es una reflexión en cualquier ángulo diferente del ángulo de incidencia, y es característico para superficies rugosas, incluyendo superficies rugosas microscópicas. La reflexión total es la suma de la reflexión especular y difusa. ⁽¹¹⁾

Dependiendo de la estructura molecular o densidad del objeto o medio, ciertas longitudes de onda pueden ser absorbidas en vez de ser reflejadas. Las longitudes de onda que son reflejadas componen el color que es percibido. Las propiedades de la superficie del objeto pueden afectar la reflexión, transmisión y absorción de la luz. Las condiciones del exterior como la luz y variabilidad del ojo humano no tienen ningún efecto. ⁽¹¹⁾

5.1.2 Percepción

La percepción del color depende completamente en la fisiología humana. Las longitudes de onda que percibe el ojo, ya sea por emisión, transmisión o reflexión, son recibidas por las células sensitivas en la retina llamadas bastones y conos. La percepción del color del sistema visual depende principalmente de las condiciones de la luz ambiental. ⁽¹⁴⁾

La luz que ingresa a nuestros ojos se refleja en la parte posterior del globo ocular, la retina. La córnea y el lente enfocan la imagen cambiando su forma. El iris modula la cantidad de luz que ingresa al ojo. La retina contiene fotorreceptores que absorben una porción de la luz incidente y generan una señal que eventualmente es interpretada por el cerebro. En muchos aspectos, la formación de imágenes es similar a la de una cámara. La calidad de la imagen retiniana depende de las propiedades de absorción, dispersión y enfoque de la córnea, el cristalino y los

líquidos que llenan el globo ocular (humor acuoso y vítreo). Estos elementos ópticos influyen en las propiedades espectrales y espaciales de los fotorreceptores, o simplemente, receptores. ⁽⁶⁾

Hay dos clases de receptores, bastones y conos, nombrados según su forma. Residen dentro de la retina, formando un mosaico retiniano. Su ubicación varía a lo largo de la retina y de persona a persona. En el centro del ojo, hay una depresión en la retina llamada fovea o fosa foveal. Esta región contiene solo conos. La visión foveal se utiliza para distinguir detalles muy finos, como leer y ver objetos a distancia. Un pigmento amarillento, pigmento macular, también está presente en la fovea. Fuera de la fovea, el número de conos se reduce considerablemente y están situados bastante separados el uno del otro. El resto del mosaico consiste de bastones. Dado que la retina es esférica, el número total de bastones supera el número total de conos. ⁽⁶⁾

Los bastones detectan cantidades muy pequeñas de luz, como la luz de las estrellas. Un solo fotón de luz puede producir una señal. En un ambiente de baja iluminación (visión escotópica), solo los bastones se utilizan, tienen una sensibilidad máxima a 507 nm. Debido a que solo un fotorreceptor es utilizado con un espectro estrecho de la curva de sensibilidad, no podemos distinguir colores en la noche. ⁽¹⁷⁾ Debido a que los bastones tienen un solo fotopigmento, la señal da como resultado una respuesta acromática donde solo vemos objetos como sombras de gris. A medida que aumenta la cantidad de luz, los bastones dejan de enviar señales al cerebro. Durante el día o en una habitación bien iluminada, las señales de los bastones están inactivas. ⁽⁶⁾

Los conos, la segunda clase de receptores, tienen una sensibilidad mucho menor a la luz incidente. A medida que aumenta la cantidad de luz, los conos comienzan a enviar señales neuronales. Los conos son nuestros receptores de color. A medida que el sol comienza a salir por la mañana, el mundo gris se vuelve de color. Nuestras sensaciones de color son el resultado de tener tres tipos de fotopigmentos que responden de manera diferente a la luz de varias longitudes de onda. Los estímulos de diferentes colores resultan de diferentes señales de cono. Las letras L, M y S se utilizan para representar los tres tipos de cono con sus sensibilidades máximas en las regiones de longitud de onda larga, media y corta, respectivamente, cada uno con diferente espectro de curva de sensibilidad y picos a 420 nm, 530 nm y 560 nm, respectivamente. Para la visión del color, las señales de los tres tipos de conos son combinadas en el cerebro, resultando en un estímulo visual interpretado como color. ⁽⁶⁾

Los tres tipos de conos nos permiten tener una visión tricromática. ⁽¹⁴⁾

Modo de percepción	Realidad Psico psicológica
Físico	Longitudes de onda
Psicofísico	Recepción de luz de longitudes de onda por el ojo
Psicológico	Interpretación de las longitudes de onda por el cerebro

5.1.3 Iluminación

El color no puede ser percibido precisa ni correctamente sin una iluminación apropiada. Es crucial no solo tener suficiente iluminación para evaluar el color apropiadamente pero también lograr la calidad adecuada de iluminación. Esto es logrado utilizando la intensidad de luz correcta y los iluminantes apropiados. Sin embargo, aun cuando estas variables son controladas, hay un cierto desafío clínico asociado con la iluminación y la coincidencia de color que debe ser considerado. ⁽¹¹⁾

Intensidad de luz:

La intensidad de luz es el regulador más común del diámetro pupilar, siendo un factor crucial en una precisa selección de color. La identificación precisa del color es únicamente determinada para objetos situados a lo largo del eje visual (es decir, su imagen cae en la fovea). La fovea está localizada en el centro de la retina y contiene la mayor concentración de conos, que proveen la mayor agudeza visual y la percepción de color más precisa. El resto que es percibido es “sintetizado” por la corteza visual del cerebro. Por lo tanto, la lectura de color más precisa es obtenida por el ojo humano cuando la pupila se abre lo suficiente para exponer adecuadamente los conos de la fovea. El régimen fotópico facilita un análisis de color preciso, y es alcanzado al mantener una intensidad de luz de 1,000 a 2,000 lux. ⁽¹¹⁾

Iluminantes estándar

El tipo de iluminante utilizado puede impactar significativamente la percepción del color. Un sistema creado en 1931 por la Comisión Internacional de Iluminación categorizó los iluminantes basados en su efecto en la percepción del color. Este sistema fue desarrollado para permitir a los fabricantes de productos de pinturas y tintas especificar y comunicar los colores de sus productos. En su reporte, la comisión designo tres iluminantes estándar, A, B y C, a los cuales luego añadieron una serie D de iluminantes, un iluminante hipotético E, y extraoficialmente, una serie fluorescente F. ⁽¹¹⁾

D: una serie de iluminantes que representan diferentes condiciones de luz diurna, medidas por la temperatura del color. Los iluminantes D50 y D65 (llamados así debido a sus temperaturas de color correlacionadas son 5,000 y 6,500 K, respectivamente) se usan comúnmente como iluminantes estándar para cabinas de visualización de artes gráficas y corresponden a la reactancia azulada de la luz del día. El iluminante D65 es casi idéntico al iluminante C, excepto que es una mejor simulación de luz solar indirecta porque incluye un componente ultravioleta para una mejor evaluación de colores fluorescentes. ⁽¹¹⁾

Al realizar selección de color, los clínicos deben usar iluminantes D65, que proporcionan la interpretación de iluminación más cercana a la luz solar natural con respecto a la calidad y cantidad de la iluminación, por lo tanto, presenta la mejor oportunidad para ver y seleccionar el color correcto. Entre las fases de luz diurna, CIE seleccionó D50, D55 y D75 como iluminantes de luz diurna preferidos si D65 no es aplicable. ⁽¹¹⁾

Absorción y reflexión

Todo objeto opaco está recibiendo luz o está recibiendo los tres colores primarios, rojo, verde y azul-violeta en una proporción. Algunos de estos objetos reflejan toda la luz que reciben y otros absorben casi toda la luz. La mayoría de objetos opacos absorben parcialmente y reflejan el resto. La longitud de onda dominante que es reflejada de regreso al ojo es el color percibido del objeto. El papel blanco refleja la mayoría de luz visible. Objetos negros absorben la mayoría de la luz no se refleja nada a los ojos. Un objeto perfectamente negro es básicamente inalterable por luz brillante. Un objeto amarillo cuando es iluminado por los tres colores primarios va absorber azul-violeta y reflejara rojo y verde que al mezclarlos conforman el amarillo. ⁽¹⁴⁾

Desafíos de Iluminación Clínica

Los dentistas han confiado en la luz de color-correctiva cuando evalúan el color dental, sin embargo, utilizar dichas luces en particular no asegura una selección de color precisa. Esto debido a un conflicto entre la iluminación y metamerismo.

5.1.4 Dinámica de la luz en dientes naturales

Translucidez

En las cerámicas dentales, tratamos de imitar la apariencia de los dientes como una sumatoria de todas sus dimensiones visuales. Existe otra dimensión aparte de tono, croma y valor que es significativa cuando imitamos la naturaleza. Los dientes humanos están caracterizados por varios grados de translucidez. La translucidez puede ser definida como el gradiente entre transparente y opaco. Generalmente, incrementando la translucidez de una corona disminuye su valor porque menos luz retorna al ojo. Con translucidez aumentada, la luz que entra se disemina con el cuerpo de la porcelana. Cuando la luz entra en el esmalte esta rebota alrededor del esmalte como un cable de fibra óptica. Si iluminas un lado del diente con una lámpara de fotocurado, la corona completa es iluminada. Similar a un cable de fibra óptica, el esmalte es un material óptico denso bordeado en cualquier lado por aire o dentina, ambos con significativa baja densidad óptica. ⁽¹⁴⁾

Normalmente, incrementado la opacidad o reflectividad incrementa el valor. Al aumentar la densidad óptica de cerámicas dentales, las propiedades fibro ópticas de esmalte natural puede ser replicada y la corona protésica puede ser clara y translucida al mismo tiempo. Es con esta capa de esmalte translucido que el ceramista logra profundidad de color y la ilusión de un diente natural vital. ⁽¹⁴⁾

La translucidez del esmalte es una función de longitud de onda. Mientras más larga la longitud de onda, mayor la translucidez. Por lo tanto, el esmalte es más translucido en luz rica en amarillo y rojo, y mostrara más dentina haciendo parecer el diente más rojo con un croma mayor y menor valor del que realmente es. ⁽¹⁴⁾

Opalescencia

La opalescencia es descrita como un fenómeno en donde el material parece ser un color cuando se observa en una luz que se refleja de este y se ve de otro color cuando pasa luz transmitida a través de este. Un opal natural es un di-silicato acuoso que descompone la luz transluminada en su espectro componente por refracción. Los ópalos actúan como prismas y refractan (doblan) diferentes longitudes de onda en diversos grados. Las longitudes de onda más cortas se doblan más y tienen un ángulo crítico más alto necesario para escapar de un material ópticamente denso que los rojos y amarillos. Los cristales de esmalte de hidroxiapatita también actúan como prismas. Como se mencionó anteriormente, las longitudes de onda de la luz tienen diferentes grados de translucidez a través de los dientes y los materiales dentales. Cuando se iluminan, los ópalos y el esmalte iluminarán los rojos y dispersarán los azules dentro de su cuerpo. Esta es la razón que el esmalte parezca azulado en su borde incisal a pesar que no tiene color. Los efectos opalescentes del esmalte iluminan el diente y le dan profundidad óptica y vitalidad. ⁽¹⁴⁾

Fluorescencia

Fluorescencia por definición es la absorción de luz por un material y la espontánea emisión de luz en una longitud de onda más larga. La luz UV puede tener un efecto dramático en el nivel de vitalidad exhibido en las restauraciones. Con la característica de fluorescencia, las restauraciones son más claras y tienen más vida. Ya sea que el paciente se encuentre en una disco o en la playa, la corona se verá genuina. Fluorescencia en un diente natural ocurre principalmente en la dentina debido a la mayor cantidad de material orgánico presente. Mientras más fluorescente la dentina, menor el croma. La luz ambiental cercana a los rayos UV se absorbe y luego se vuelve fluorescente como luz principalmente en el extremo azul del espectro, pero ocurrirá en todas las longitudes de onda. Se agregan polvos fluorescentes a las coronas para aumentar la cantidad de luz que retorna al espectador, además de bloquear las decoloraciones y disminuir el croma. Esto es especialmente beneficioso en colores con alto valor, logrando aumentar el valor sin afectar negativamente la translucidez cuando se coloca dentro de las capas de porcelana de dentina. ⁽¹⁴⁾

Contraste y resplandor

El contraste es causado por la diferencia entre la luminosidad de un objeto y su fondo inmediato. Las formas de objetos con alto contraste son más fáciles de distinguir que los objetos con bajo contraste. Mientras unos contrastes son útiles para nuestro sistema visual, un exceso de contraste causa deslumbramiento. Un objeto extremadamente brillante contra un fondo negro u objetos significativamente de diferentes colores causan incomodidad y pueden interferir con nuestra percepción. Esta interferencia es llamada deslumbramiento. El deslumbramiento reduce la habilidad de percibir información visual. Preston. Et.al. recomienda que la iluminación de los dientes no debe ser significativamente más brillante que la del medio ambiente. La "relación de tarea a luz ambiental" no debe exceder 3: 1. Con la fotografía dental, el uso de un fondo negro aumenta el impacto, pero causará deslumbramiento. Esto es contraproducente cuando se combinan el tono y el croma debido al aumento del resplandor y enmascarará los desajustes de sombra. ⁽¹⁴⁾

5.2 Organización del color

5.2.1 Escala Munsell

El color es verdaderamente multidimensional. A principios del siglo 20, el profesor Albert H. Munsell noto que cada color tiene una relación lógica a todos los demás colores. Munsell explica la comunicación del color al establecer un orden sistémico para identificar precisamente cada color. Esta “rueda de color” incluye las dimensiones de matiz, valor y croma. ⁽¹⁴⁾

Este sistema empieza con el espectro de luz visible de rojo a violeta y desarrolla el fenómeno natural en una comunicación visible del sistema para el color. En 1905, Munsell describe por completo la cuestión del color y sus tres dimensiones en una manera lógica que organiza un concepto mental claro y definido de toda expresión de color. Simple formula tridimensional-Tono/Valor/Croma (HVC) ⁽²⁷⁾

Matiz/tono

Matiz es la cualidad que distingue una familia de color de otra. El matiz se define como el rango dominante de longitudes de onda en el espectro visible que produce el color percibido, aunque la longitud de onda exacta del color percibido puede no estar presente. Tono es una interpretación fisiológica y psicológica de la suma de longitudes de onda. En términos dentales, tono es representado por las letras A, B, C o D en la guía Vita Classical. ⁽¹⁴⁾

Valor

Valor o luminosidad es la cantidad de luz que retorna de un objeto. Munsell describió el valor como una escala de blanco a negro. Objetos luminosos tienen menos cantidad de gris y objetos con valor bajo tienen mayor cantidad de gris y tendrán apariencia oscura. La luminosidad de una corona es incrementada usualmente de dos maneras, utilizando porcelana clara (disminuyendo el croma) o al incrementar la reflectividad de la superficie. Disminuir el valor significa disminuir la luz que retorna del objeto iluminado, por tanto, más luz será absorbida, dispersada a otro lado, o transmitida a través. Algunos tonos tienen un rango más extenso de valor que otros, manteniendo su identidad al volverse más oscuros. ⁽¹⁴⁾

Croma

Croma es la saturación, intensidad, o fuerza del tono. Mientras más fuerte el color también tendrá un aspecto más oscuro por lo tanto el cambio en el croma tiene un cambio correspondiente en el valor. Al aumentar el croma, el valor es disminuido, es decir el croma y el valor están inversamente relacionados. ⁽¹⁴⁾

5.2.2 Escala CIELAB

El sistema de color Munsell es raramente utilizado en investigación de color, y lo mismo ocurre en odontología. Otros sistemas de notación de color y formulas, como los desarrollados por el Comité de Medición de Color de la Sociedad de tintes y coloristas (CMC) y CIE (Comisión Internacional de Iluminación) son utilizadas actualmente. En 1976 la Comisión Internacional de Luminosidad (CIE) definió un espacio de color. En particular, las dos fórmulas de diferencia de color CIE: CIELAB (CIE $L^*a^*b^*$, CIE76) y la más reciente CIEDE2000 son frecuentemente utilizadas en odontología. En dichas formulas, la diferencia de color está marcada como ΔE , que denota la diferencia en sensación: el símbolo delta (Δ) significa una diferencia (un cambio incremental en una variable), mientras que la letra E es la primera letra de la palabra sensación en alemán (Empfindung). ⁽¹¹⁾

CIE $L^*a^*b^*$ es un espacio de color tridimensional, frecuentemente utilizado en investigación de color dental, que consiste en las siguientes coordenadas de color. ⁽¹¹⁾

- ❖ L^* : luminosidad (valor). Similar al sistema Munsell, luminosidad es representada por un eje vertical acromático. Luminosidad está relacionado al nivel de intensidad del estímulo visual que es percibido, y representa una interpretación subjetiva de luminancia (el relativo oscuridad o ligereza del matiz). Cuanto mayor sea la cantidad total de luz reflejada, mayor el valor. La escala de valor varia de un mínimo de 0 para un negro puro hasta 100 de un blanco puro.
- ❖ a^* : verde-rojo coordenada cromática ($-a^*$ verde, $+a^*$ rojo)
- ❖ b^* : azul-amarillo coordenada cromática ($-b^*$ azul, $+b^*$ amarillo)

La diferencia de color según la formula CIELAB es calculada de la siguiente forma:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

En donde ΔL^* es la diferencia en luminosidad y Δa^* y Δb^* son las diferencias en las coordenadas verde-rojo (a^*) y azul-amarillo (b^*) respectivamente.

Diferencias equivalentes a lo largo del espacio de color CIELAB representa aproximadamente pasos uniformes en la percepción humana del color, mejorando la interpretación de las mediciones de color. Por lo tanto, la magnitud de percepción y aceptación en diferencias de color pueden ser definidas entre mediciones tomadas con un solo aparato de medición y entre mediciones tomadas utilizando dos dispositivos. ⁽¹¹⁾

CIEDE2000 la fórmula de diferencia de color más reciente, se calcula de esta forma:

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{K_C S_C} \frac{\Delta H'}{K_H S_H}}$$

En donde ΔL , ΔC , ΔH , son diferencias métricas entre los valores correspondientes de la muestra, y $K_L S_L$, $K_C S_C$ y $K_H S_H$ son términos empíricos utilizados para corregir las diferencias métricas a la diferencia para cada coordenada en CIEDE2000. ⁽¹¹⁾

La fórmula CIEDE2000 es recomendada por CIE por su desempeño y mejor acuerdo con las evaluaciones visuales comparadas con CIELAB.

5.2.3 Interpretación de diferencias de color: umbrales visuales

La magnitud y dirección de la diferencia de color determina la calidad de coincidencia del color entre una restauración dental y el diente natural adyacente. La ciencia del color utiliza un método bastante conveniente de interpretación de diferencias de color a través de umbrales visuales, en particular 50:50% umbral perceptibilidad (PT) y 50:50% umbral de aceptabilidad (AT). Un 50:50% de PT se refiere a una situación en la que el 50% de los observadores notan una diferencia en color entre dos objetos mientras que el otro 50% no notan diferencia alguna. Análogamente, un 50:50% de AT se refiere a una situación en la que el 50% de los observadores consideran que la diferencia de color en la boca de un paciente requiere una corrección del color o fabricación de una nueva restauración mientras que el otro 50% considera que la diferencia es aceptable. ⁽¹¹⁾

El estudio más comprensivo hasta la fecha, realizado en siete lugares en cuatro continentes, reporto la perceptibilidad 50:50% y la aceptabilidad de ΔE^* a 1.2 y 2.7 respectivamente (CIELAB). Correspondiendo en CIEDE2000 valores de 0.8 y 1.8 respectivamente. ⁽¹¹⁾

Umbrales visuales son una herramienta de control de calidad beneficiosa para diversas industrias y aplicaciones. Coincidencias de color debajo de 50:50% perceptibilidad serian ideales, pero alcanzar una coincidencia que no sea perceptible es costoso, consume tiempo y generalmente no es esencial. Por el otro lado el 50:50% de aceptabilidad es de gran importancia como un predictor de aceptabilidad de las restauraciones dentales. ⁽¹¹⁾

Esta magnitud de diferencia de color está basada en la percepción humana del color, diferencia de color $\Delta E < 1$ unidad son visualmente detectables por un 50% de observadores humanos bajo condiciones ideales de iluminación. Sin embargo, dicha pequeña diferencia puede no ser detectada bajo condiciones clínicas normales, diferencias de color promedio de $\Delta E < 3.5$ han sido calificadas como una coincidencia o buena selección en un ambiente oral. ⁽¹¹⁾

5.2.4 CIELCH

Es una escala de color desarrollada por CIE, es una representación cilíndrica o polar del sistema CIELAB rectangular. De esta manera la L^* (luminosidad), C^* (croma) y h^* (tono/matiz) coordenadas más intuitivas y corresponden a las 3 dimensiones de color. ⁽¹⁶⁾

Las coordenadas cilíndricas tienen una mejor correlación visual y clínica con las 3 dimensiones de color utilizadas por el sistema 3D-Master. Tono/matiz (h^*) está asociado la longitud de onda dominante de un color. Forma una escala circular continua e indica un ángulo en el rango de 0 a 360 grados. Cero grados representa rojo y 90 grado representa amarillo. La luminosidad (L^*) representa la luminosidad del color determinado por la cantidad de blanco y negro. Es medido en una escala de 0 (negro) a 100 (blanco).

Croma (C*) describe la cantidad de matiz/tono o saturación de un color. Es medido en una escala de 0 a 40, con 0 representando el nivel más bajo de saturación y 40 el más alto. ⁽¹⁶⁾

5.3 Métodos de selección de color

5.3.1 Método visual

Los odontólogos han utilizado las guías de colores por casi un siglo para realizar la selección de color dental. Las guías de colores son un conjunto de muestras estándares de tonos que se utilizan para comparar visualmente con los dientes naturales con el objetivo coincidir el tono y otras propiedades ópticas del diente. Las guías de colores de todos los materiales de restauración dental se basan en las guías de colores de porcelana establecidas desde hace tiempo que evolucionaron para representar los tonos disponibles de los dientes de porcelana. Desafortunadamente, esta forma convencional de seleccionar color se simplifica demasiado; existe una subjetividad y es un procedimiento poco estandarizado. Sin embargo, las guías de colores son útiles y el método visual tiene sus ventajas al momento de combinarlo con métodos tecnológicos de selección de color. ⁽¹¹⁾

En relación con la posición del diente, los dientes de la mayoría de las personas se ven en posición vertical a una distancia de conversación. Esta es la posición óptima para colocar al paciente para evaluar la sombra, realizar el análisis del color con el paciente en posición vertical, cara a cara con el operador, a una distancia conversacional. ⁽²⁸⁾

Los humanos están expuestos a distintos tipos de luz, al igual que sus restauraciones dentales. Cuando se fabrican guías de colores, se comparan con un estándar en una situación de iluminación controlada. La mayoría de las guías de colores se fabrican para que coincidan con un estándar en una fuente de luz de 5,500 K. Las guías de colores no tienen las mismas propiedades ópticas que los dientes naturales, por lo tanto, no reflejan la luz de la misma manera en todas las condiciones de iluminación que el diente de la guía de color correspondiente. ⁽²⁸⁾

Por lo tanto, la igualación visual del color se debe hacer solo en un entorno de iluminación que esté cerca de 5,500 K. Según la experiencia de los autores, si la guía de colores se adapta a los dientes con una luz de 5.500 K, coincidirá bien en la mayoría de las luces; ⁽²⁸⁾

Una forma económica de controlar la luz es usar dos lámparas de aumento (p. ej., Ottlite®, Ottlite Inc., ottlite.com) a aproximadamente 24 pulgadas del paciente al nivel de los dientes. ⁽³⁴⁾

Un aspecto crítico del control del entorno de análisis de color es que los dientes necesitan mantenerse hidratados, porque los dientes deshidratados parecen más brillantes y de mayor valor.

Vita Classical

La guía de colores VITA Classical A1-D4 ha sido el estándar de oro para la coincidencia de colores en odontología desde que se introdujo en 1956. De hecho, la mayoría de los materiales restauradores, particularmente las resinas compuestas, están diseñados en base a esta guía. Según el fabricante, tiene un total de 16 colores que están divididos en cuatro grupos ordenados alfabéticamente basados en el matiz/tono. El fabricante denomina el grupo A (rojo-café), grupo B (rojo-amarillo), grupo C (gris) y grupo D (rojo-gris). ⁽¹¹⁾

El croma y el valor de cada grupo de tonos se comunican mediante un sistema de números después de la letra que designa al grupo: cuanto mayor es el número, más oscura y cromática es el color. Por lo tanto, 1 es el menos cromático con el valor más alto, mientras que 4 es el más cromático con el valor más bajo. ⁽¹¹⁾

Vita 3D Master

Como guía de colores organizada sistemáticamente, la guía de colores Vitapan 3D-Master (VITA Zahnfabrik), desarrollada en 1998, se divide en 6 series de pestañas por valor, incluida una serie para dientes blanqueados. Las pestañas de la guía de color se designan con una combinación de números y letras de 3 dígitos. El primer número representa el valor, la letra (M) es el tono y el último número es el croma. la letra L indica un tono amarillo, M indica un tono medio y R indica un tono rojo. ⁽¹⁾

La guía de colores Vitapan 3D Master consta de 26 pestañas divididas en cinco grupos según la claridad. Dentro de los grupos, las pestañas se organizan según el croma (verticalmente) y el tono (horizontalmente). El primer grupo consta de dos pestañas; los grupos segundo, tercero y cuarto tienen siete pestañas cada uno; y el quinto grupo consta de tres pestañas. Las pestañas se marcan de la siguiente manera: los números (1, 2, 3, 4, 5) delante de las letras indican el número de grupo y el nivel de luminosidad; un número inferior corresponde a una luminosidad mayor. El número debajo del número del grupo designa el nivel de croma (1, 1.5, 2, 2.5, 3): las pestañas más cromáticas tienen números más altos. La letra M designa el tono medio en cada grupo, mientras que las letras L y R designan pestañas más verdes (izquierda) y más rojas (derecha), respectivamente, en comparación con la pestaña M. ⁽³¹⁾

El sistema comprende de 26 colores, más los tonos intermedios que no están representados físicamente en la guía, abarcan el espacio cromático de los dientes naturales de una manera uniforme y completa. Cinco niveles diferentes de luminosidad conforman 5 grupos de dientes, del grupo 1 (más claro) al grupo 5 (más oscuro) de los dientes. Hay 3 niveles de croma, del 1 (menos cromático) al 3 (más cromático) en cada grupo. Los niveles de croma (1.5 y 2.5) en los grupos 2, 3 y 4 están asociados con variaciones de matiz L (más amarillo) y R (más rojo). ⁽¹⁶⁾

Se selecciona primero la luminosidad/valor, luego el croma y por último el tono. Consecuentemente, cada color es determinado por un número (valor), una letra (tono) y un número (croma), como por ejemplo 2M3, donde el 2 representa valor-luminosidad, M es el tono y 3 corresponde al croma. ⁽¹⁶⁾

El sistema 3D Master sigue el orden que mejor se acondiciona a las capacidades del ojo humano en términos de valor, croma y tono y corresponde a la importancia de los 3 elementos del color para obtener una selección de color precisa. ⁽¹⁶⁾

Comparado a la guía Vita Classical, este sistema coincide mejor con los dientes naturales engloba un rango de color más amplio y tiene una distribución de color más uniforme. ⁽¹⁶⁾

Desventajas de las guías de colores

Rango limitado comparado a los dientes humanos.

En principio, las guías de color deben representar adecuadamente la gama completa de Hue, Value y Chroma de los dientes naturales. Sin embargo, este no es el caso para las guías de colores, no cubren el rango completo de color de los dientes naturales, tonos más oscuros, así como tonos amarillo-rojo hacen falta. ⁽³¹⁾

La cobertura de Vitapan Classical para el rango de color de los dientes naturales fue del 6%. Resultados correspondientes para la guía de colores Bioform (Dentsply Trubyte, York, Pa) y para ambas guías de colores combinadas fue 12% y 14% respectivamente. ⁽³¹⁾

Lo que indica que el 6% del rango de color del tercio medio de los dientes naturales estaba cubierto por la guía de colores Vitapan Classical. El valor correspondiente para Vitapan 3D Master fue del 25%. Sin embargo, la cobertura real para Vitapan Classical, Vitapan 3D Master, y ambos combinados deben ser de 11%, 45% y 52%, respectivamente. ⁽³¹⁾

La comparación de la guía de colores y la gama de colores naturales de los dientes también se puede realizar utilizando el método de "error de cobertura". El error de cobertura es el índice que muestra el valor medio de las diferencias mínimas de color entre las muestras de un conjunto (en este caso, guías de color) para cada muestra de otro conjunto (en este caso, dientes naturales). Se encontró que los errores de cobertura de las guías de colores Vitapan Classical, Bioform y Vitapan 3D Master para dientes naturales eran 3, 3 y 2.3 unidades ΔE^* , respectivamente. ⁽³¹⁾

Cuando se compararon 500 incisivos centrales maxilares con la guía de colores Vitapan 3D Master, se encontró que 287 (57%) de ellos tenían un ΔE^* mayor que 2 en comparación con la pestaña de colores más cercana. ⁽³¹⁾

Otro estudio informó que solo el 25% de los dientes naturales tenían una diferencia de color inferior a 2 unidades ΔE^* en comparación con la pestaña más cercana de la guía de colores Vitapan 3D Master. En el 20% de los dientes naturales, esta diferencia estaba dentro del rango de 2 a 3.7 ΔE^* unidades, mientras que en el 55% de los dientes naturales era igual o mayor a 3.7 ΔE^* , lo que indica una pobre coincidencia. La diferencia mínima de color varió de 0.6 a 12 unidades ΔE^* . ⁽³¹⁾

Distribución del color: Las pestañas no están distribuidas uniformemente en el color sólido; la diferencia de color entre pestañas vecinas es desigual. ⁽³¹⁾

Aunque es relativamente fácil discriminar las pestañas de color dentro de los grupos de estándares de color de dientes descritos, la disposición general de las pestañas no es perfecta. Hay pestañas más claras y oscuras (excepto en Vitapan 3D Master), así como pestañas pálidas y altamente cromáticas, en cada uno de los grupos, lo que dificulta la coincidencia de tonos. ⁽³¹⁾

La disposición de las pestañas se puede realizar de diferentes maneras, siguiendo las dimensiones individuales del color o la diferencia de color total (ΔE^*) entre las pestañas. Se podría realizar un modelo unidimensional de disposición de pestañas de acuerdo con la claridad, el croma o el tono. El valor o la luminosidad es una categoría objetiva cuando denota la coordenada L^* , pero "más claro" y "más oscuro" son términos subjetivos que denotan una impresión general de la diferencia de color. La disposición alternativa de pestañas de Vitapan Classical es cercana, pero no exactamente igual, a una disposición de pestañas basada en la luminosidad (p. Ej., La pestaña A1 es más liviana que B1, que parece más clara debido a un croma más bajo). En un modelo bidimensional, las pestañas deben dividirse en grupos de acuerdo con la disminución de la luminosidad, y dentro de los grupos de acuerdo con el aumento de croma. - En un modelo tridimensional, la disposición de tabulación debe usar exactamente los mismos principios que para el modelo de dos dimensiones, con una división de matices intragrupo adicional. ⁽³¹⁾

Cuando se reorganizó una guía de colores desde el "más claro" al "más oscuro" utilizando el método visual, la diferencia de color total proporcionó una mejor coincidencia que el valor de Munsell. Las guías de colores pueden estar dispuestas tridimensionalmente siguiendo únicamente valores de diferencia de color en relación con la pestaña más clara (la pestaña de luz con el mayor valor ΔE^* en relación con otras pestañas). Después de eso, las pestañas deben dividirse en grupos. La división del grupo debe hacerse dividiendo un rango de color total en un número apropiado de segmentos iguales. ⁽³¹⁾

La investigación ha confirmado las ventajas de este método de disposición de pestañas en relación con el método bidimensional de tono / croma en condiciones de laboratorio y condiciones clínicas simuladas. Las ventajas sobre el método de claridad / croma / tonalidad se evaluaron solo en condiciones de laboratorio. ⁽³¹⁾

Curvas de reflexión: Las curvas de reflejo de las pestañas de las guías de colores y las de los dientes naturales no coinciden.

Diferencias de color: Se han verificado las diferencias de color entre las guías de colores del mismo fabricante, y la compatibilidad de colores de las guías de colores de algunos fabricantes no es satisfactoria.

Composición de color: Transiciones de color del tercio gingival al tercio incisal y de mesial a distal no corresponden a los dientes naturales.

Estabilidad de color: El color de las pestañas de sombra de resina no es estable, especialmente si se mantiene en algunos desinfectantes.

Forma: Las características morfológicas y ópticas de los incisivos centrales superiores no son adecuadas para la coincidencia de color de todos los dientes, especialmente los posteriores. Se recomiendan estándares de color separados, con pestañas parecidas al primer premolar, para la región posterior.

Material: Las pestañas no coinciden con el material restaurador: las guías de sombra de cerámica están hechas de porcelana de vidrio, la porcelana feldespática se usa en restauraciones de ceramometal y los vidrios de leucita nucleada (porcelana prensada) se usan en algunas restauraciones de cerámica sin metal; Algunas guías de color para resinas no combinan bien con los materiales restauradores.

Composición del material: El tamaño anterior-posterior de las pestañas de sombra es considerablemente más grande que la parte cerámica de la restauración final; La coincidencia de tonos para restauraciones de ceramometal se realiza utilizando las pestañas hechas sin sustrato metálico.

Atributos de apariencia: Los atributos de apariencia (color, translucidez, brillo, rugosidad de la superficie, opalescencia, iridiscencia, fluorescencia y fosforescencia) no están estandarizados.

5.3.2 Método fotográfico

Las cámaras digitales adquieren información de una imagen roja, verde y azul que se utiliza para crear una imagen en color. El modelo de color RGB es un modelo aditivo en el que la luz roja, verde y azul se suman de varias maneras para reproducir una amplia gama de colores. Las cámaras digitales representan el enfoque más básico para la toma electrónica de tonos, y aún requieren un cierto grado de selección subjetiva de 33 tonos con el ojo humano. Se han utilizado varios enfoques para traducir estos datos en información útil sobre el color dental. ⁽¹²⁾

La fotografía digital es una herramienta útil en la clínica dental, permite documentar, evaluar, diagnosticar y planificar tratamientos. Las imágenes digitales son el mejor medio para comunicar la información de forma visual y explicar los tratamientos para obtener una aceptación del plan de tratamiento con los pacientes. Asimismo, permite comunicarnos mejor con los demás profesionales para tratamientos interdisciplinarios. ⁽¹¹⁾

Lograr replicar la apariencia de los dientes naturales y del tejido gingival es un objetivo fundamental en los tratamientos restaurativos. Desarrollar una ilusión del color idéntica al color natural con materiales restauradores. Para ello la fotografía dental es obligatoria para comunicarnos con el técnico de laboratorio para fabricar restauraciones altamente estéticas. ⁽¹¹⁾

En la fotografía digital, la luz ingresa a la cámara a través del lente y es enfocada en un sensor de luz. Imitando la función de las células fotorreceptoras de la retina del ojo, los electrodos sensitivos a la luz del sensor están cubiertos con un conjunto de filtros rojos, verdes y azules. Los electrodos del sensor son estimulados para convertir la energía de la luz a información electrónica que se envía a un procesador interno. El procesador ensambla toda la información recolectada por el sensor en un conjunto de puntos de colores que conforman la imagen final, cada punto de color es un pixel. ⁽¹¹⁾

El archivo de datos original creado por el procesador ensamblado en un formato inicial se denomina archivo raw. Debido a que la interpretación digital del color es exclusiva y específica de cada fabricante de cámaras, el archivo raw no se puede ver directamente sin una administración de datos adicional por parte de un programa de computadora conocido como convertidor de archivo raw. El conversor raw "asigna" (localiza) el color de cada píxel en un espacio de color de amplia gama para que pueda ser reconocido universalmente por los equipos informáticos para su visualización en un monitor o en una impresión. ⁽¹¹⁾

Con mayor frecuencia, los datos convertidos para fotografías se guardan en el formato de archivo JPEG. Además de almacenar los colores de píxeles de la imagen digital convertida, el formato JPEG también "comprime" los datos, para reducir el tamaño total del archivo sin reducir el número de píxeles. Si bien esto disminuye el tamaño del archivo de imagen, lo hace a expensas de la precisión del color. La compresión JPEG "desecha" parte del color de la fotografía. Por lo tanto, cuanto mayor sea la compresión, más información sobre el color se descarta. ⁽¹¹⁾

Sin embargo, para imágenes de color crítico y selección de color, la salida de formato de archivo raw sin procesar permite el mejor control en la conversión de imagen final al contener toda la información de origen de la fotografía. ⁽¹¹⁾

La recomendación para un sistema de cámara digital dental incluye: un cuerpo de cámara DSLR debido a que es la única opción que nos permite acoplar un lente especializado macro junto con un flash externo, un lente macro de 100 mm que nos dará un acercamiento y precisión para realizar fotografías estandarizadas para documentación, y por último un flash externo ya sea un ring flash o un twin flash para macro fotografía. ⁽¹¹⁾

Además, se requieren accesorios adicionales para la fotografía intraoral para realizar una selección de color:

- Retractores: los labios y carillos deben separarse para capturar imágenes intraorales. Se introducen en las esquinas de la boca y son sostenidos para estirar el labio y los carillos.
- Guía de color
- Filtros polarizadores

- Tarjeta de balance blancos (tarjeta gris): El uso de una tarjeta de referencia gris estandarizada reordena el proceso de la imagen original RAW a un estándar definido. Actualmente existen dos tarjetas de balance de blancos estandarizadas que se pueden utilizar en la calibración de la imagen para la selección de color.

La tarjeta de referencia de balance de blancos “WhiBal” (Michael Tapes Design). Dicha tarjeta gris en particular contiene una reflectancia uniforme y coordenadas de color definidas (CIE $L^* 75; a^* 0; b^* 0$).

La tarjeta de referencia gris para fotografía dental “white_balance” desarrollada por el grupo Bioemulation. Se recomienda el uso de dicha tarjeta para fotografía dental para calibrar y registrar imágenes con precisión de color, especialmente para la comunicación de sombras y para la documentación de resultados clínicos. Esta tarjeta gris presenta coordenadas de color definidas (CIE L^*79, a^*0, b^*0)

La fotografía dental es la manera eficiente y efectiva para comunicar la apariencia combinada del color de la dentina junto a la difusión semi translúcida y el reflejo de la superficie texturizada del esmalte. ⁽¹¹⁾

Una geometría óptica de 45/0 se recomienda para el discernimiento del color. El observador ve el objeto directamente (cero grados) mientras que la fuente de luz ilumina desde un ángulo de 45 grados. ⁽¹¹⁾

Aunque los programas como Adobe Photoshop o Adobe Lightroom pueden ser utilizados para generar valores RGB o coordenadas de color $L^*a^*b^*$ que describen el color de cualquier pixel individual de una imagen digital, los valores son influenciados por la geometría de la iluminación, difusión y temperatura utilizada en la captura de la imagen. Adicionalmente, la anatomía de superficie, la translucidez, opalescencia, textura y brillo del diente afectan significativamente la percepción en general del color del diente. ⁽¹¹⁾

No obstante, se ha desarrollado la técnica de fotografía de polarización cruzada para realizar una mejor selección del color utilizando imágenes digitales sin ser influenciados por la reflexión de la luz. ⁽¹¹⁾

Hoy en día se recomienda utilizar ambas imágenes digitales intraorales, con y sin reflejo especular para el análisis del color dental. La imagen con reflejo especular se debe considerar como el mejor medio para comunicar el impacto general del color creado por las interacciones de luz con la dentina, esmalte y características de superficie del diente. Mientras que la imagen sin reflejo especular, utilizando la técnica de polarización cruzada nos permite evaluar numéricamente los pixeles de la imagen bajo el espacio de color CIELab. ⁽¹¹⁾

Fotografía de polarización cruzada para la selección de color

Es difícil examinar críticamente las superficies altamente reflectantes, como el esmalte de los dientes. Cuando se examinan clínicamente en condiciones húmedas muchos defectos menores son ignorados. Sin embargo, Ellwood et.al. declaró que 'examinar los dientes en condiciones húmedas aumentaría el umbral de diagnóstico' en comparación con examinar los dientes que se limpiaron y se dejaron secar durante un minuto. Similarmente, el detalle del esmalte en la superficie anterior del diente puede perderse en la fotografía intraoral debido a la reflexión del flash. Aunque la reflexión regular muestra la textura y la forma de la superficie anterior, tanto la reflexión directa como la retrodispersión de los dientes anteriores pueden fusionarse u oscurecer la extensión de cualquier defecto del esmalte que pueda existir. ⁽³⁾

La técnica de polarización cruzada utiliza dos filtros polarizados lineales, uno en el frente del lente y otro en el frente de la fuente de luz. Si los dos filtros son colocados en el mismo plano de polarización están paralelos, proveyendo una mejora en la superficie, pero no elimina totalmente las reflexiones. Para remover todas las reflexiones uno de los filtros debe rotarse 90 grados con respecto al otro. ⁽³⁾

El logro de la polarización máxima depende del ángulo de Brewsters, que establece que la tangente del ángulo de las luces al objeto debe ser igual al índice de refracción del objeto. Utilizando la base del cálculo del ángulo de Brewster y sabiendo que el índice de refracción del esmalte es 1.62, el ángulo de polarización máxima del esmalte humano es de 58.313 grados. ⁽³⁾

La fotografía de polarización cruzada es un método útil para revelar las variaciones del color intrínseco de los dientes naturales para el análisis del color. Dicha fotografía se realiza con la ayuda de un filtro polarizador lineal que es colocado sobre los flashes electrónicos en una orientación que están perpendicular a otro filtro polarizador lineal sobre el lente, resultando en la exclusión de luz difusora y reflejo especular de la superficie labial de los dientes naturales y restauraciones dentales. ⁽⁵⁾

El filtro de polarización cruzada es utilizado para reducir las reflexiones especulares del flash de la cámara y superar la tendencia de sobreestimar la prevalencia de opacidades blancas. ⁽¹⁷⁾ Los filtros de polarización cruzada están destinados a eliminar los reflejos especulares que oscurecen los detalles finos del diente, proporcionando una imagen en profundidad sin reflejos. Las imágenes digitales tomadas con cámaras equipadas con filtros de polarización cruzada permiten una visualización mejorada del color base de la dentina y de las características sutiles del esmalte, proporcionando un mapa cromático con un contraste natural mejorado. ⁽¹⁷⁾

Relevancia Clínica: La fotografía digital mediante el uso de un filtro de polarización cruzada ofrece la mayor cantidad de información objetiva sobre el color, la textura y la anatomía de los dientes para una comunicación adecuada con el técnico del laboratorio dental para un resultado restaurador exitoso.

5.3.3 Método espectrofotométrico

Los espectrofotómetros son instrumentos que miden la reflectancia o transmitancia a través de materiales como una función de longitud de onda. El nombre para este instrumento es confuso porque incluye la palabra “fotómetro” implica que el detector tiene una sensibilidad espectral igual a la función de eficiencia luminosa. ⁽¹⁷⁾

Son dispositivos que miden la cantidad de energía luminosa reflejada por un objeto a intervalos de 1–25 nm a lo largo del espectro visible.

Los componentes principales de todos los espectrofotómetros para la medición del color son una fuente de radiación óptica con condiciones geométricas definidas de iluminación, una muestra reflectante o transmisora, algunos medios de dispersión de luz, un detector y un sistema de procesamiento de señal que convierte la luz en señales adecuadas para el análisis. ⁽⁶⁾

La coincidencia de tonos se basa en la extrapolación de los valores de medición de color en valores que son más significativos para los médicos, como las pestañas de color de un sistema de guía. Este proceso introduce una fuente de variación que afecta la repetibilidad y la precisión de los dispositivos de medición del color y los métodos de coincidencia visual. ⁽¹⁵⁾

En comparación con las repetidas selecciones de color por medio visuales (convencionales) que solamente coincidieron en el 26.6% de los casos, las selecciones de color con el espectrofotómetro coincidieron en el 83.3% de los casos, mientras que las diferencias de color (ΔE^*) entre las pestañas seleccionadas visualmente y los dientes correspondientes fueron más altas que las correspondientes diferencias para la selección de color con el espectrofotómetro en el 93.3% de los casos. ⁽⁹⁾

La reproducibilidad del método visual fue del 50%, mientras que la reproducibilidad correspondiente para Easyshade fue del 90%. ⁽⁹⁾

La precisión y la fiabilidad se encuentran entre las características más importantes de los instrumentos de medición de color y son información imprescindible en las especificaciones del producto para cualquier dispositivo que aspire a ser tratado como tal. La precisión reportada de Easyshade fue superior al 92% y una confiabilidad sobresaliente de más del 96%. ⁽⁹⁾

Vita Easyshade Compact

Vita Easyshade Compact es un espectrofotómetro de contacto inalámbrico, pequeño, portátil, rentable, que funciona con batería y que proporciona suficiente información de color para ayudar en el proceso de análisis de color. Con Easyshade Compact son posibles diferentes modos de medición: modo de diente único, modo de área dental (tonos cervicales, medio e incisal), verificación del color de restauración (incluye claridad, comparación de croma y tono) y modo de pestaña de color. ⁽¹²⁾

Vita Easyshade Compact (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany).

Modo de operación: espectrofotómetro

Calibración: estándar cerámico
Fuente de luz: LED blanco D65
Rango de medición: 400-700 nm.
Región de medición: medición puntual
Resolución espectral: 25 nm.
Fecha de lanzamiento: 2008⁽²⁵⁾

El espectrofotómetro Easyshade Compact es un dispositivo inalámbrico digital que tiene un terminal con una fuente de luz, una pantalla y una punta de sonda para medir el color del diente en el diámetro donde se coloca. Vita Easyshade Compact permite una medición digital confiable de los tonos de los dientes en pocos segundos a través de su punta de sonda de 5 mm de diámetro que está compuesta por 19 fibras ópticas. ⁽¹⁵⁾

El Vita Easyshade Compact se calibra colocando una punta de sonda en la abertura del puerto de calibración antes de cada medición dental. La unidad proporciona una fuente de luz de espectro completo, haces de fibra óptica que evitan que la unidad realice una lectura de color si se detecta movimiento o angulación inadecuada y dos espectrómetros. Una unidad mide la luz reflejada desde superficies menos profundas y la otra mide desde superficies más profundas. ⁽⁸⁾

Cuando la unidad se activa, la luz se proyecta en las estructuras más profundas del diente, la luz reflejada es capturada por un espectrómetro, se analiza la distribución específica de la luz y, finalmente, se determinan los valores CIE L * C * H *. ⁽⁸⁾

Dado que la luz espectral o la luz reflejada en la superficie del esmalte no contiene información de color, es deseable excluirla del proceso de determinación del color. Esto es posible, porque la luz se refleja desde la superficie del esmalte en un ángulo tal que no es capturada por el espectrómetro # 1 o # 2. Este es el resultado del diseño de la unidad. ⁽⁸⁾

Los paquetes de fibra óptica se eligen cuidadosamente con clasificaciones de apertura numérica (NA) específicas, y su posición se manipula en términos de altura crítica (Ch) o distancia desde el paquete de fibra óptica hasta el objeto a medir. La apertura numérica (NA) y la altura crítica (Ch) del espectrómetro # 2 están dispuestos para analizar la luz reflejada solo desde la dentina, mientras que el espectrómetro # 1 captura la luz de superficies menos profundas que la dentina. ⁽⁸⁾

El espectrómetro #2 está activo cuando la unidad está en modo de medición dental. El espectrómetro #1 está activo solo cuando el espectrofotómetro Easyshade está configurado en el modo de verificación. El modo de verificación se utiliza para confirmar que las restauraciones de cerámica recibidas por el médico reflejan con precisión el tono elegido y mide las pestañas de color. ⁽⁸⁾

VI. Objetivos

Objetivo General

- Establecer la relación de las distribuciones de color de los dientes naturales utilizando los métodos visual, fotográfico y espectrofotométrico con el sistema CIELAB.

Objetivos Específicos

- I. Determinar la distribución de la coordenada de color L^* (luminosidad) en los dientes naturales por medio del método fotográfico y espectrofotométrico.
- II. Definir la distribución de la coordenada de color a^* (rojo-verde) en los dientes naturales por medio del método fotográfico y espectrofotométrico.
- III. Establecer la distribución de la coordenada de color b^* (amarillo-azul) en los dientes naturales por medio del método fotográfico y espectrofotométrico.
- IV. Establecer la distribución del color de los dientes naturales utilizando el método fotográfico y espectrofotométrico con el sistema CIELAB.
- V. Determinar la distribución de la coordenada de color L^* (luminosidad) de la guía de color Vita 3D Master.
- VI. Definir la distribución de la coordenada de color a^* (rojo-verde) de la guía de color Vita 3D Master.
- VII. Establecer la distribución de la coordenada de color b^* (amarillo-azul) de la guía de color Vita 3D Master.
- VIII. Establecer la distribución del color de la guía de color Vita 3D Master con el sistema CIELAB.
- IX. Cuantificar la relación entre el método fotográfico y espectrofotométrico con las coordenadas de color L^* , a^* y b^* del sistema CIELAB.
- X. Cuantificar la relación entre el método visual y espectrofotométrico con las coordenadas de color L^* , a^* y b^* del sistema CIELAB.
- XI. Cuantificar la relación entre el método fotográfico y visual con las coordenadas de color L^* , a^* y b^* del sistema CIELAB.

VI. Hipótesis

Hipótesis de investigación

La relación entre los métodos de registro de color dental es positiva con las coordenadas de color L^* , a^* y b^* del sistema CIELAB.

Hipótesis estadísticas

Ha: Existe una relación positiva entre el método visual y el fotográfico con las coordenadas de color L^* , a^* y b^* del sistema CIELAB.

Ho: No existe una relación positiva entre el método visual y el fotográfico con las coordenadas de color L^* , a^* y b^* del sistema CIELAB.

Ha: Existe una relación positiva entre el método fotográfico y espectrofotométrico con las coordenadas de color L^* , a^* y b^* del sistema CIELAB.

Ho: No existe una relación positiva entre el método fotográfico y espectrofotométrico con las coordenadas de color L^* , a^* y b^* del sistema CIELAB.

Ha: Existe una relación positiva entre el método visual y espectrofotométrico con las coordenadas de color L^* , a^* y b^* del sistema CIELAB

Ho: No existe una relación positiva entre el método visual y espectrofotométrico con las coordenadas de color L^* , a^* y b^* del sistema CIELAB.

VII. Variables

Variable: Método de selección de color

- Visual
- Fotografía polarizada
- Espectrofotometría

Definición de Variables

- Método visual (Guía Vita 3D Master): Guía de colores conformada por 26 dientes abarcando el espacio cromático de dientes naturales de una manera uniforme y completa. Cinco niveles diferentes de luminosidad conforman 5 grupos de dientes, del grupo 1 (más claro) al grupo 5 (más oscuro) de los dientes. Hay 3 niveles de croma, del 1 (menos cromático) al 3 (más cromático) en cada grupo. Los niveles de croma (1.5 y 2.5) en los grupos 2, 3 y 4 están asociados con variaciones de matiz L (más amarillo) y R (más rojo). La letra M designa el matiz medio en cada grupo, mientras que las letras L y R designan matices más verdes (izquierda) o más rojos (derecha) al compararlos con M.
- Método fotográfico: Es una técnica de fotografía polarizada digital altamente calibrada para capturar información de color, utilizando Photoshop/Lightroom para estandarizar las imágenes y extraer la información de color (valores numéricos CIELAB) de los dientes y de los tonos de la guía de color.
- Método espectrofotométrico (Easyshade Compact): El espectrofotómetro Easyshade Compact es un dispositivo inalámbrico digital que tiene un terminal con una fuente de luz, una pantalla y una punta de sonda para medir el color del diente en el diámetro donde se coloca. Vita Easyshade Compact permite una medición digital confiable de los tonos de los dientes en pocos segundos a través de su punta de sonda de 5 mm de diámetro que está compuesta por 19 fibras ópticas. Tiene la capacidad de proporcionar los tonos de los dientes y asimismo los valores CIELAB Y CIELCH.

VIII. Metodología

Materiales y métodos

Tipo de estudio de asociación partiendo de la población de los estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El diseño de este estudio es cross seccional y descriptivo.

8.1 Muestra

Para calcular la muestra se realizó un estudio piloto para determinar el grado de correlación en cada una de las variables a medir, $L = 0.70$, $a^* = 0.49$ y $b^* = 0.87$. Utilizando la fórmula para determinar el tamaño de la muestra en un estudio de asociación, se introdujo el valor de correlación menor de las tres variables siendo este 0.49 y estableciendo el valor $\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.80$.

$$n = \left(\frac{z_{1-\alpha} + z_{1-\beta}}{\frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right)} \right)^2 + 3$$

Se calculó el tamaño de la muestra a partir de un escenario de muestras relacionadas, debido que serán los mismos sujetos con tres métodos distintos.

Siendo el cálculo de 45 sujetos como mínimo en un muestreo uniforme. Esto con el objetivo de abarcar la mayor cantidad de tonos de color dentro de la distribución del color.

Se utilizó como antecedente el estudio de: Sabatini, G.P. et al. Comparação de dois métodos de colorimetría: espectrofotometría e fotocolorimetria (elabor_aid)

Los participantes del estudio fueron informados a través de un consentimiento informado, que firmaron para realizar las mediciones de color en la pieza dental.

8.2 Criterios de inclusión

Estudiantes con ambos incisivos centrales superiores íntegros, vitales y sin restauraciones.
Estudiantes con 18 años de edad en adelante.

8.3 Criterios de exclusión

Piezas con presencia de caries, o con presencia de restauraciones parciales o totales.

Estudiantes con piezas que presenten manchas blancas o hipoplasia de esmalte.

Descalcificaciones y /o tinciones intrínsecas.

Antecedentes de traumatismo.

Apiñamiento severo.

Estudiantes que se estén realizando o se hayan realizado blanqueamiento dental durante los últimos 12 meses.

Fumadores.

Presencia de lesiones de abfracción, abrasió n y erosión.

Presencia de recesiones gingivales.

Presencia de aparatología ortodóncica.

Estudiantes que no deseen participar.

Operador

El registro del color dental con los tres métodos se llevará a cabo únicamente por el investigador para estandarizar dichas mediciones.

8.4 Procedimiento

El registro de color se realizó en el laboratorio multidisciplinario de oclusión del tercer nivel del M-3 de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en un sillón dental cerca de una ventana con luz indirecta sin vidrio polarizado para disponer de luz natural. A cada estudiante incluido dentro del estudio, se le realizó el registro del color del incisivo central superior derecho utilizando el método visual, el espectrofotómetro (Vita Easyshade) y la fotografía de polarización cruzada.

Se tomó la temperatura con un termómetro digital sin contacto y aplicación de alcohol en gel en las manos de cada estudiante previo a iniciar el registro del color dental.

El tercio medio es la parte más representativa del color del diente. La translucidez del esmalte en el borde incisal es afectada por el fondo, y el tercio cervical es afectado por el tejido gingival rosado.

El registro del color se realizó del tercio medio de la cara bucal del incisivo central superior derecho, en caso el incisivo central superior izquierdo se encuentre en mejores condiciones se utilizará este. El área del diente a evaluar será determinada clínicamente por medio de la intersección de dos líneas en la superficie bucal del incisivo central superior derecho, la primera línea en dirección incisoapical y la segunda en dirección mesiodistal.

Previo a iniciar el registro del color dental se realizó un enjuague bucal con peróxido de hidrogeno al 5% para disminuir la carga viral del virus SARS-COV2 en boca por medidas de bioseguridad y para eliminar residuos en los dientes se utilizará una gasa para frotar en la cara bucal del diente a registrar el color.

Todo el entorno debe ser lo más cromáticamente discreto posible, el estudiante no debía llevar pintalabios, anteojos, piercing, ni prendas de colores fuertes o contrastantes, que pudiera afectar la toma de color dental. Además, conviene cubrir con un paño de color gris las prendas de colores contrastantes.

Entre cada método de registro del color se le pidió al estudiante que humecte sus labios y los dientes para evitar la deshidratación de las piezas dentales.

Procedimiento del registro de color con el método convencional visual (VITA System 3D Master)

Se utilizó la guía de color VITA System 3D Master el operador se guió por la vista para determinar que diente de la guía de colores es similar al incisivo central superior derecho del paciente siguiendo el procedimiento de selección de color del fabricante.

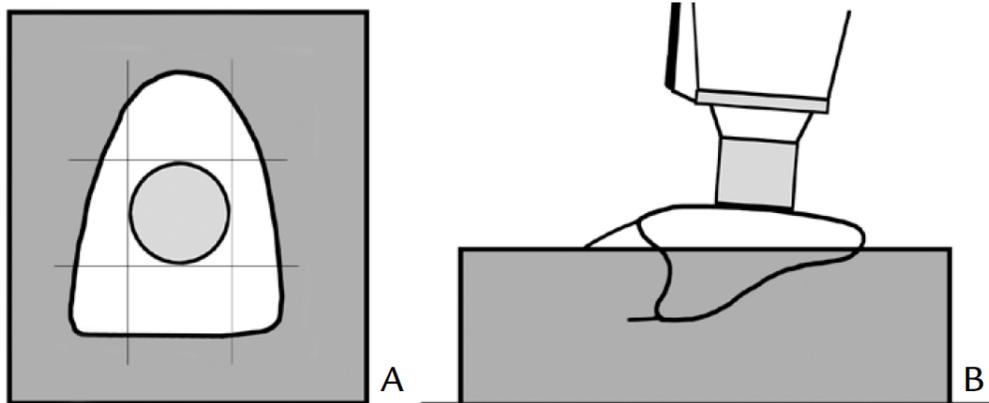
La mayoría de las guías de sombra se fabrican para que coincidan con un estándar en una fuente de luz de 5,500 K, por lo tanto, la igualación visual de la sombra se debe hacer solo en un entorno de iluminación que esté cerca de 5,500 K. Para ello se utilizaron dos lámparas de aumento (Ottlite®, Ottlite Inc., ottlite.com) a aproximadamente 24 pulgadas del paciente al nivel de los dientes.

A una distancia de 33 cm, colocando el borde cervical del diente de la guía de color en contacto con el borde incisal del diente natural y en el mismo plano perpendicular. No se observó la guía por más de 3 segundos, ya que los ojos se fatigan al cabo de 5-7 segundos, aceptando siempre la primera decisión utilizando el método de exclusión y anotando el color elegido. Se seleccionó un color o tono. Se desinfectó la guía de colores después de cada toma de color.

1. Determinación de la claridad: Sostener la guía de colores con el brazo doblado (a una distancia de unos 25-30 cm) directamente junto al diente del paciente. Seleccionar el nivel de claridad O, 1, 2, 3, 4 o 5.
2. Determinación de la intensidad cromática: Extraer la muestra de color del nivel de claridad seleccionado con la tonalidad media (M) y desplegarla lateralmente. Para determinar la intensidad cromática, seleccionar una de las tres muestras de color.
3. Determinación de la tonalidad cromática: Comprobar si el diente natural es más amarillento (izq.) o más rojizo (der.) que la muestra de color seleccionada.

Procedimiento del registro de color con espectrofotómetro (VITA Easyshade)

Antes de realizar las mediciones, un protector higiénico se colocó en la punta del espectrofotómetro, la lámpara se calibró según las instrucciones del fabricante. Luego de la calibración, la punta del espectrofotómetro se colocó en contacto con el diente, perpendicular al tercio medio de la superficie facial del diente.



(Lazar, R. et al. (2016) ³⁰

Las mediciones fueron realizadas en el modo de color básico. Para determinar el color básico en el diente natural, se pulsa el icono de medición del color básico en el menú principal. Se debe activar la medición pulsando el botón de medición y colocando la punta medidora enrasada en el centro de la dentina del diente.

La medición se realizó sin necesidad de alguna otra intervención, solamente mantener el aparato situado de forma estable sobre la superficie del diente. Al finalizar el proceso de medición, el aparato emitió una señal acústica. Arrojo resultados de medición en los sistemas de colores dentales VITA System 3D-Master y VITA Classical A1-D4. Asimismo, el aparato tiene la capacidad de mostrar las coordenadas cromáticas (valores LCh y Lab), presionando en uno de los resultados mostrados.

Siguiendo las instrucciones del fabricante, el primer resultado que coincidió dos veces fue el que se registró en las coordenadas L^* , C^* , h^* , a^* y b^* y como el color de uno de los 26 tonos de la guía de color.

Para prevenir mediciones falsas debido a la alteración de la translucidez del diente, los participantes fueron instruidos de mantener la lengua en una posición relajada alejada de los dientes maxilares durante la medición. La medición se repitió para adquirir una segunda medición de los valores CIE Lab.

Procedimiento del registro de color con fotografía de polarización cruzada.

El método de fotografía de polarización cruzada se realizó utilizando una cámara digital Canon EOS 800D (Canon USA) equipada con un lente Canon Macro 100-mm (Canon USA) con un filtro polarizador al frente del lente, un flash macro doble (MK-MT24 II, Meike) con filtro polarizador y una tarjeta gris “white_balance@gray reference card for dental photography by Emulation S.Hein”

Las fotografías fueron tomadas bajo parámetros estandarizados de ambiente de luz, exposición (1/125, f22), ISO (200), flash (1:1 modo manual), balance de blancos: flash, distancia de enfoque (1:2) e imagen en formato RAW.

La fotografía se realizó del sextante superior de canino a canino, con la colaboración del estudiante y utilizando dos retractores de labios negros se retrajo los labios de cada lado. Se le indicó al estudiante que abra levemente la boca para colocar la tarjeta gris en los bordes incisales de los incisivos centrales superiores, tratando que se encuentren en un mismo plano vertical de tal manera que el flash impacte al mismo tiempo los dientes y la tarjeta gris.



(eLAB Photographic Protocol. Emulation Sascha Hein 2019)



(Imágenes de estudio piloto)

Las fotografías fueron tomadas con un intervalo de 1 minuto para mantener una consistencia en la intensidad del flash.

Coordenadas de color L^* , a^* y b^* de la guía de color VITA System 3D-Master

Utilizando la técnica de fotografía de polarización cruzada, se realizó una fotografía de cada uno de los tonos de la guía de color (Vita 3D Master®) junto a la tarjeta gris (white_balance®) en el mismo plano vertical, en intervalos de un minuto, para permitir la recarga del flash y de esta manera obtener las coordenadas de color L^* , a^* y b^* de cada tono de la guía.

Procedimiento de balance de blancos, exposición y medición de valores CIELab

Una vez obtenidas las imágenes en formato RAW, estas fueron procesadas con el programa “Adobe Lightroom CC” y se realizó el análisis para obtener las coordenadas de color L^* a^* b^* .

Inicialmente se realizó el ajuste de balance de blancos tomando como referencia la tarjeta gris “white_balance®gray reference card for dental photography by Bioemulation”. El ajuste de balance de blancos se encuentra en la función revelar, una vez dentro de esta función se procedió a tomar el gotero de ajuste de balance de blancos y se seleccionó un punto de la tarjeta gris, el programa calibró la imagen automáticamente bajo la referencia seleccionada. Se verificó que las coordenadas a^* y b^* de la tarjeta gris tenga un valor de 0.

Posteriormente se ajustó la coordenada L^* de la tarjeta gris utilizando la función de exposición la cual debe tener un valor L^*79 . En la sección de revelar se seleccionó el ajuste de exposición y se colocó el cursor sobre la tarjeta gris, luego se utilizaron las flechas del teclado para ajustar el valor de exposición hasta obtener el valor L^*79 correspondiente al de la tarjeta gris y se aplicó los ajustes a la imagen. Se ajustaron las propiedades de balance de blancos y exposición de la fotografía y se procedió a la selección del color utilizando la herramienta gotero y se posicionó en el tercio medio del incisivo central superior derecho o del tono de la guía de color, con la cual se obtuvo los valores L^* a^* b^* .

8.5 Procesamiento y análisis de datos

Se realizó la prueba de Shapiro Wilk para comprobar la normalidad de los grupos y poder determinar que prueba estadística se realizará para encontrar la relación entre los grupos. Se encontró un grupo sin normalidad, por lo tanto, se realizó la prueba de correlación de Spearman.

Una vez realizada la calibración de las imágenes, cada uno de los valores L^*a^*b de las fotografías polarizadas de los tonos de la guía de color y de los incisivos centrales superiores derechos de los pacientes, fueron tabulados para el análisis de correlación. Asimismo, los valores L^*a^*b obtenidos con el espectrofotómetro “Vita Easyshade”.

Además, se realizó una gráfica de dispersión de puntos para cada uno de los métodos de registro de color, para visualizar la distribución de los colores de los dientes naturales y de la guía de color.

El método visual es un método basado en nomenclatura por ello, fue necesario obtener los valores ($L^*a^*b^*$) numéricos para poder relacionarlo con los otros dos métodos a realizarse. Utilizando el método de fotografía polarizada se obtuvo los valores L^*a^*b de los 29 tonos que contiene la guía de color, el método del espectrofotómetro no es el ideal para obtener dichos valores al no estar diseñado para hacer mediciones en una guía de color.

IX. Recursos

Materiales:

- Ficha recolección de datos
- Peróxido de Hidrogeno al 5%
- Vasos desechables para enjuagues
- Cobertores plásticos para espectrofotómetro
- Fondo gris

Equipo:

- Guía de color VITA 3D Master
- Cámara Fotográfica “Canon T7i”
- Trípode
- Flash macro doble (MK-MT24 II, Meike)
- Lente Macro 100mm Canon
- Filtro polarizador
- Tarjeta Gris “white_balance® gray reference card for dental photography by Emulation”
- Easyshade Compact
- Retractores de carrillos negros

Recurso humano:

- Asesoría profesional:
 - Asesor de tesis: Dr. Herman Horacio Mendía Alarcón

X. Resultados

Tabla 1

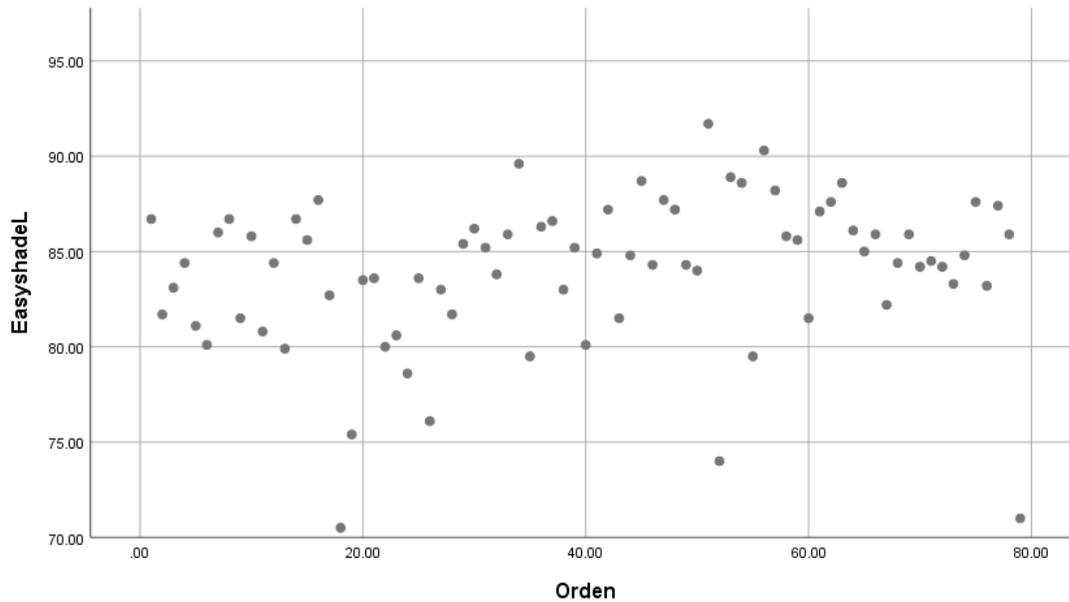
Distribución de la coordenada de color L (luminosidad) en los dientes naturales de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del método fotográfico y espectrofotométrico.*

	N	Rango	Mínimo	Maximo	Media	Desviación Std.
Easysshade L*	79	21.20	70.50	91.70	83.9987	3.92724
Fotografía L*	79	12.00	69.70	81.70	77.5076	2.08897

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 1

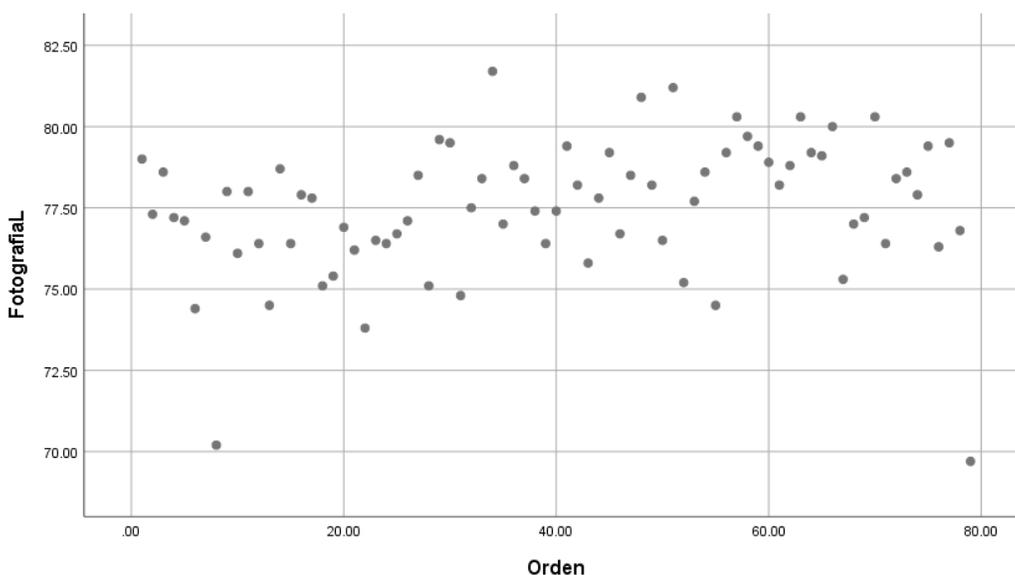
Distribución de la coordenada de color L (luminosidad) en los dientes naturales de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del método espectrofotométrico.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 2

Distribución de la coordenada de color L (luminosidad) en los dientes naturales de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del método fotográfico.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Tabla 2

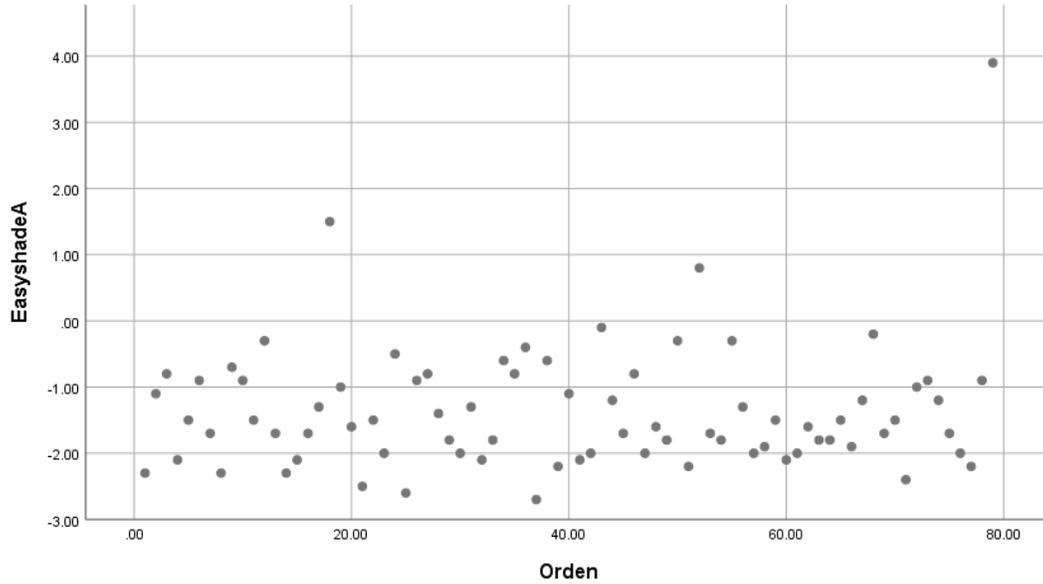
Distribución de la coordenada de color a (rojo-verde) en los dientes naturales de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del método fotográfico y espectrofotométrico.*

	N	Rango	Mínimo	Maximo	Media	Desviación Std.
Easyshade a*	79	6.60	-2.70	3.90	-1.3557	.95940
Fotografía a*	79	7.70	3.60	11.30	6.0810	1.39377

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 3

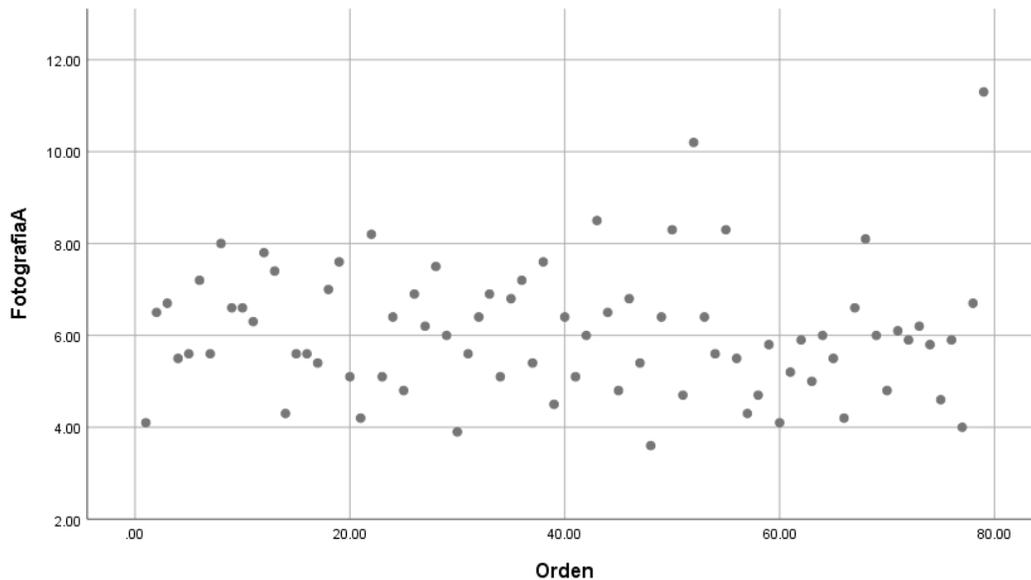
Distribución de la coordenada de color a (rojo-verde) en los dientes naturales de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del método espectrofotométrico.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 4

Distribución de la coordenada de color a (rojo-verde) en los dientes naturales de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del método fotográfico.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Tabla 3

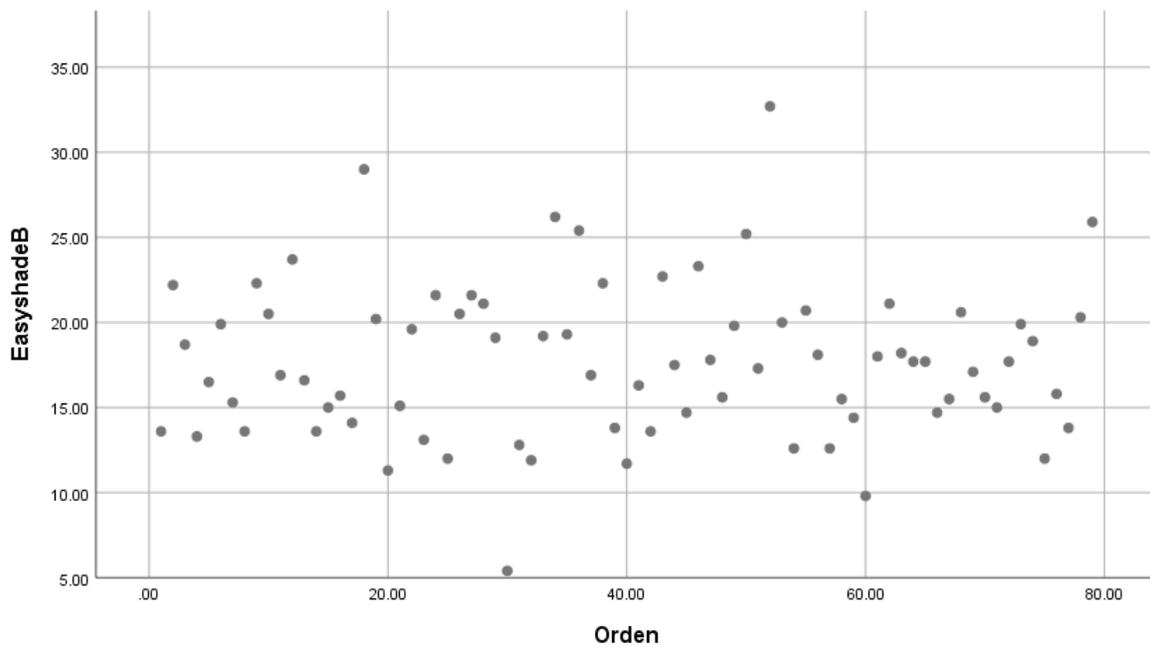
Distribución de la coordenada de color b (amarillo-azul) en los dientes naturales de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del método fotográfico y espectrofotométrico.*

	N	Rango	Mínimo	Maximo	Media	Desviación Std.
Easysshade b*	79	27.30	5.40	32.70	17.6747	4.52904
Fotografía b*	79	21.00	8.10	29.10	17.1253	3.78124

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 5

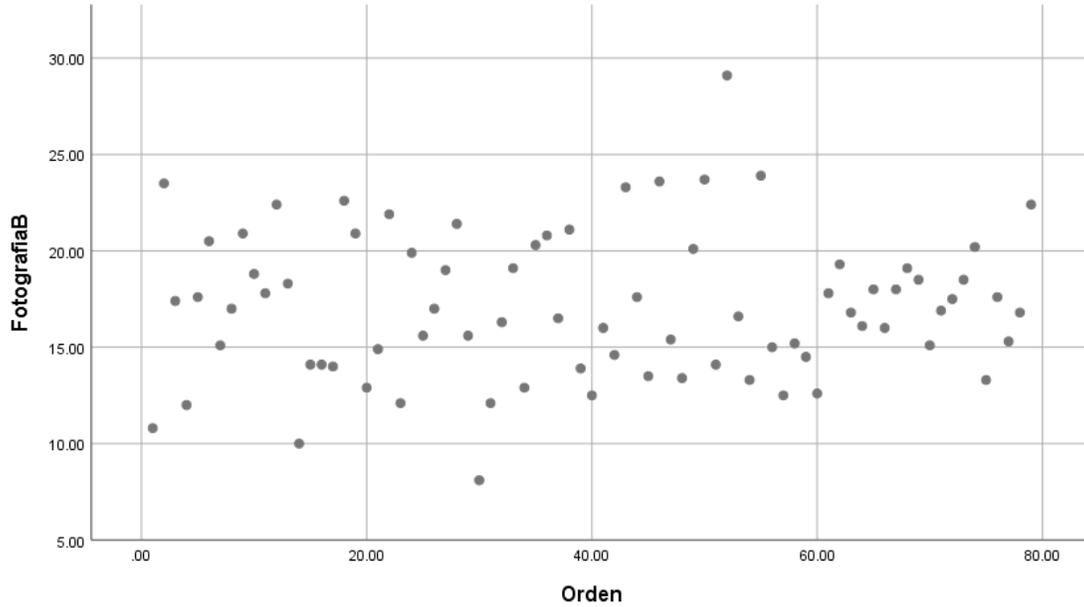
Distribución de la coordenada de color b (amarillo-azul) en los dientes naturales de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del método espectrofotométrico.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 6

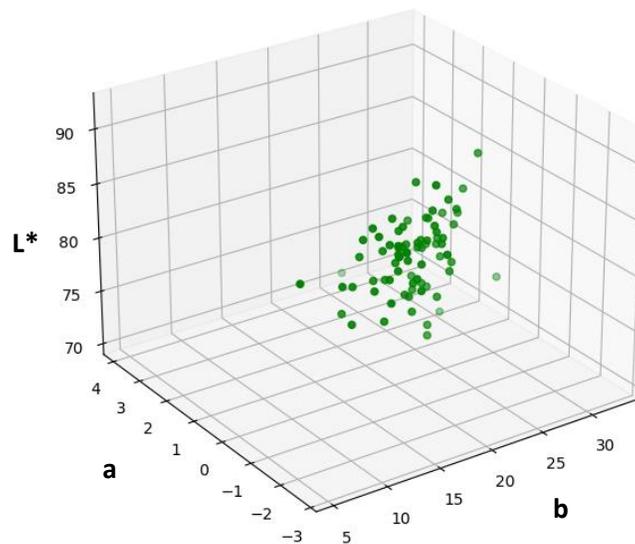
Distribución de la coordenada de color b^* (amarillo-azul) en los dientes naturales de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio del método fotográfico.



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 7

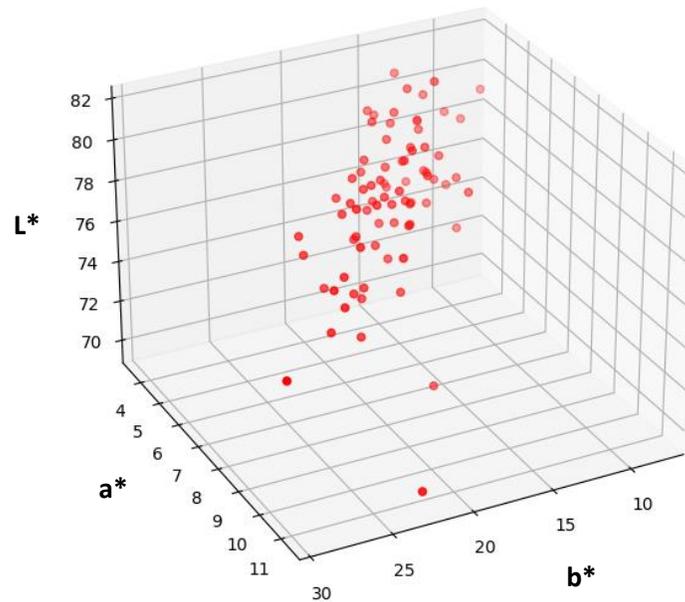
Distribución del color de los dientes naturales de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, utilizando el método espectrofotométrico con el sistema CIELAB.



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 8

Distribución del color de los dientes naturales de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, utilizando el método fotográfico con el sistema CIELAB.



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Tabla 4

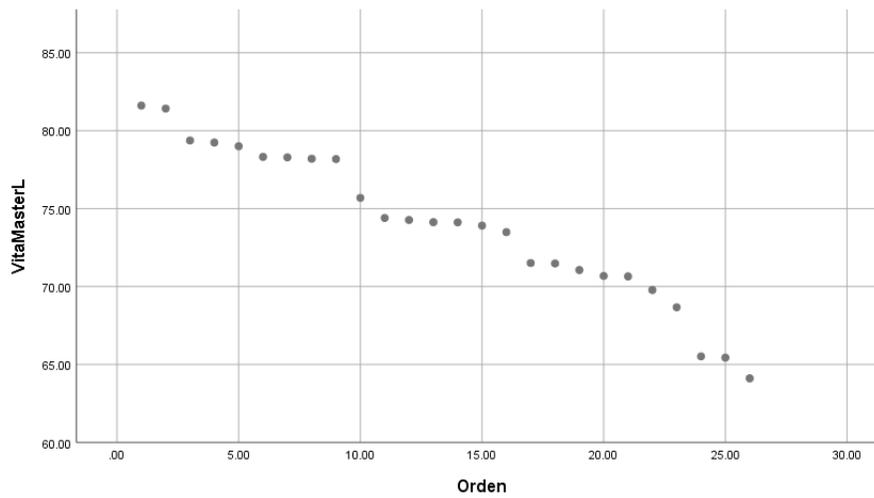
Distribución de la coordenada de color L (luminosidad) de la guía de color Vita 3D Master.*

	N	Rango	Mínimo	Maximo	Media	Desviación Std.
Vita 3D Master L*	26	17.50	64.11	81.61	73.9438	4.90877

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 9

Distribución de la coordenada de color L (luminosidad) de la guía de color Vita 3D Master.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Tabla 5

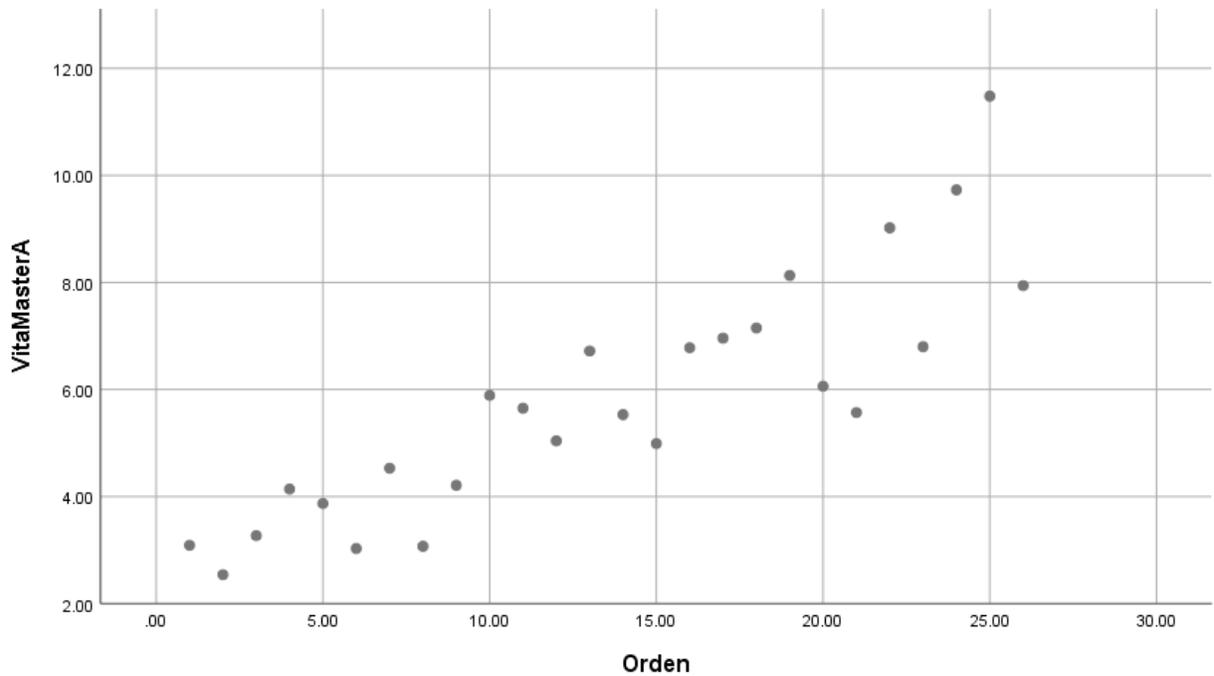
Distribución de la coordenada de color a (rojo-verde) de la guía de color Vita 3D Master.*

	N	Rango	Mínimo	Maximo	Media	Desviación Std.
Vita 3D Master a*	26	8.94	2.54	11.48	5.8150	2.24170

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 10

Distribución de la coordenada de color a (rojo-verde) de la guía de color Vita 3D Master.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Tabla 6

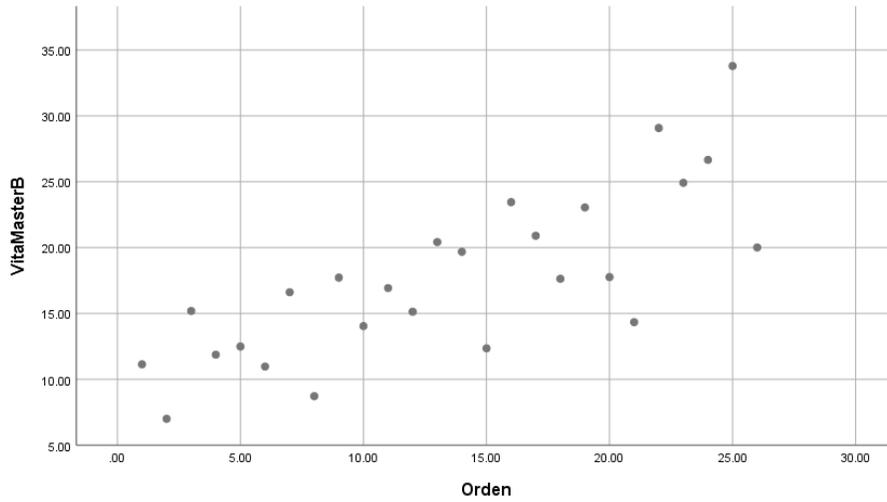
Distribución de la coordenada de color b (amarillo-azul) de la guía de color Vita 3D Master.*

	N	Rango	Mínimo	Maximo	Media	Desviación Std.
Vita 3D Master b*	26	26.79	7.00	33.79	17.7635	6.39334

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 11

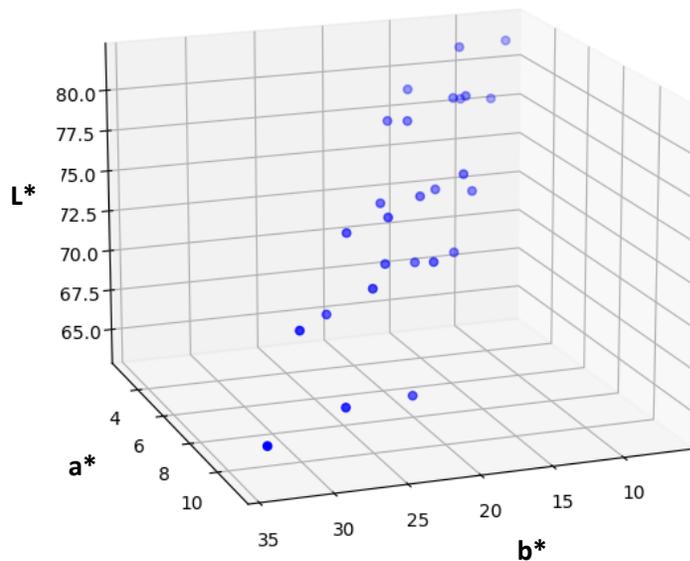
Distribución de la coordenada de color b (amarillo-azul) de la guía de color Vita 3D Master.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 12

Distribución del color de la guía de color Vita 3D Master con el sistema CIELAB.



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Tabla 7

Relación entre el método fotográfico y espectrofotométrico de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color L del sistema CIELAB.*

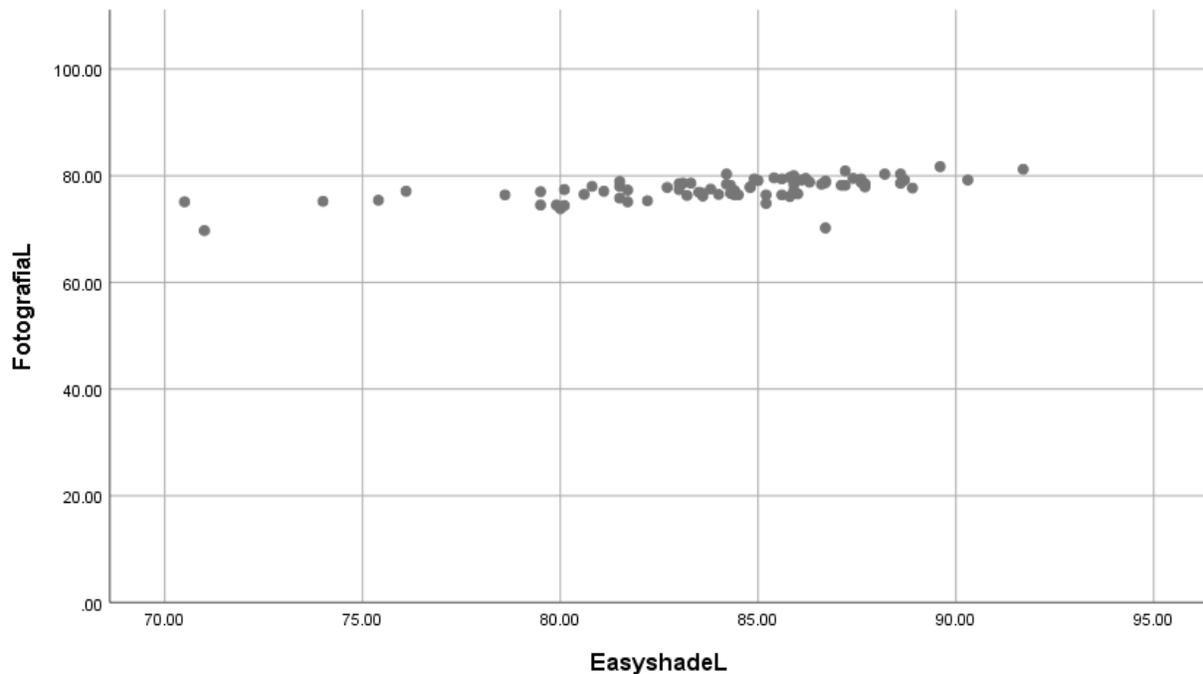
			Easyshade L*	Fotografía L*
Rho de Spearman	Easyshade L*	Coeficiente de correlación	1.000	.630**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	79	79
	Fotografía L*	Coeficiente de correlación	.630**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	79	79

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 13

Relación entre el método fotográfico y espectrofotométrico de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color L del sistema CIELAB.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Se realizó una correlación de orden de rango de Spearman para evaluar la relación de la luminosidad (L^*) entre el espectrofotómetro (Easyshade Compact ©) y la fotografía polarizada. Se reclutaron 79 participantes. El análisis preliminar mostró que la relación entre dichas variables era monótona, según lo evaluado por la inspección visual de un diagrama de dispersión. Hubo una correlación positiva estadísticamente significativa y fuerte entre la luminosidad del espectrofotómetro y la fotografía polarizada $r_s(77) = +0.630, p < 0.0005$. Por lo tanto, podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Tabla 8

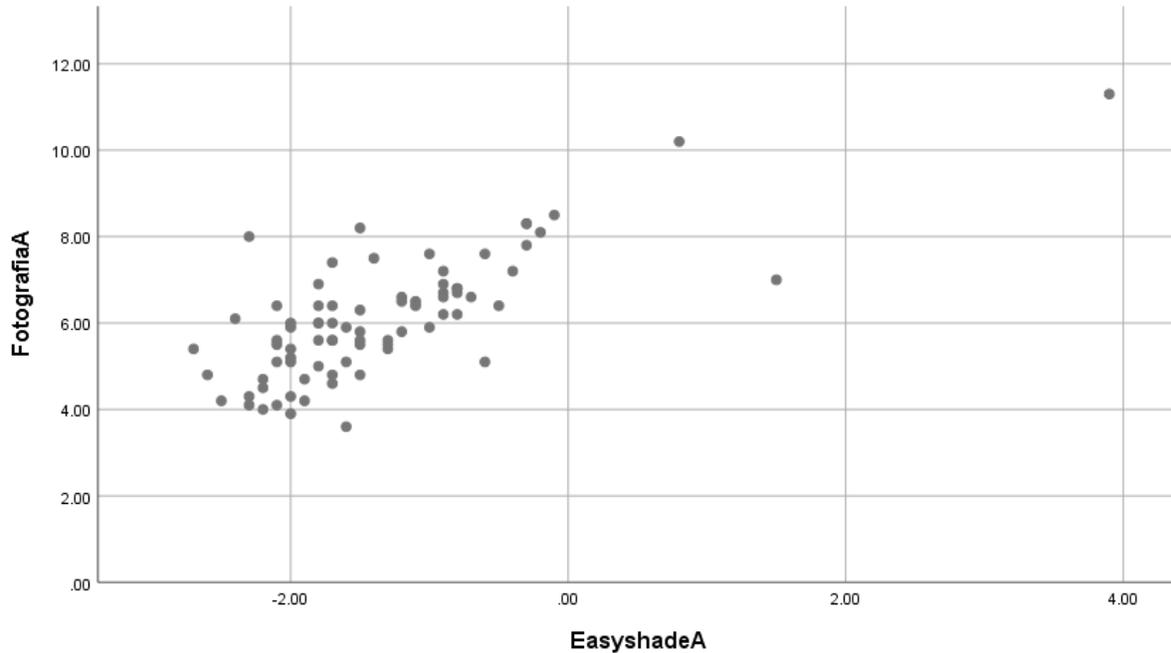
Relación entre el método fotográfico y espectrofotométrico de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color a^ del sistema CIELAB.*

			Easyshade a^*	Fotografía a^*
Rho de Spearman	Easyshade a^*	Coeficiente de correlación	1.000	.688**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	79	79
	Fotografía a^*	Coeficiente de correlación	.688**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	79	79
**. La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).				

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 14

Relación entre el método fotográfico y espectrofotométrico de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color a^* del sistema CIELAB.



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Se realizó una correlación de orden de rango de Spearman para evaluar la relación del eje de color verde-rojo (a^*) entre el espectrofotómetro (Easyshade Compact ©) y la fotografía polarizada.

Se reclutaron 79 participantes. El análisis preliminar mostró que la relación entre dichas variables era monótona, según lo evaluado por la inspección visual de un diagrama de dispersión. Hubo una correlación positiva estadísticamente significativa y fuerte entre el eje de color verde-rojo del espectrofotómetro y la fotografía polarizada $r_s(77) = +0.688$, $p < 0.0005$.

Por lo tanto, podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Tabla 9

Relación entre el método fotográfico y espectrofotométrico de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color b del sistema CIELAB.*

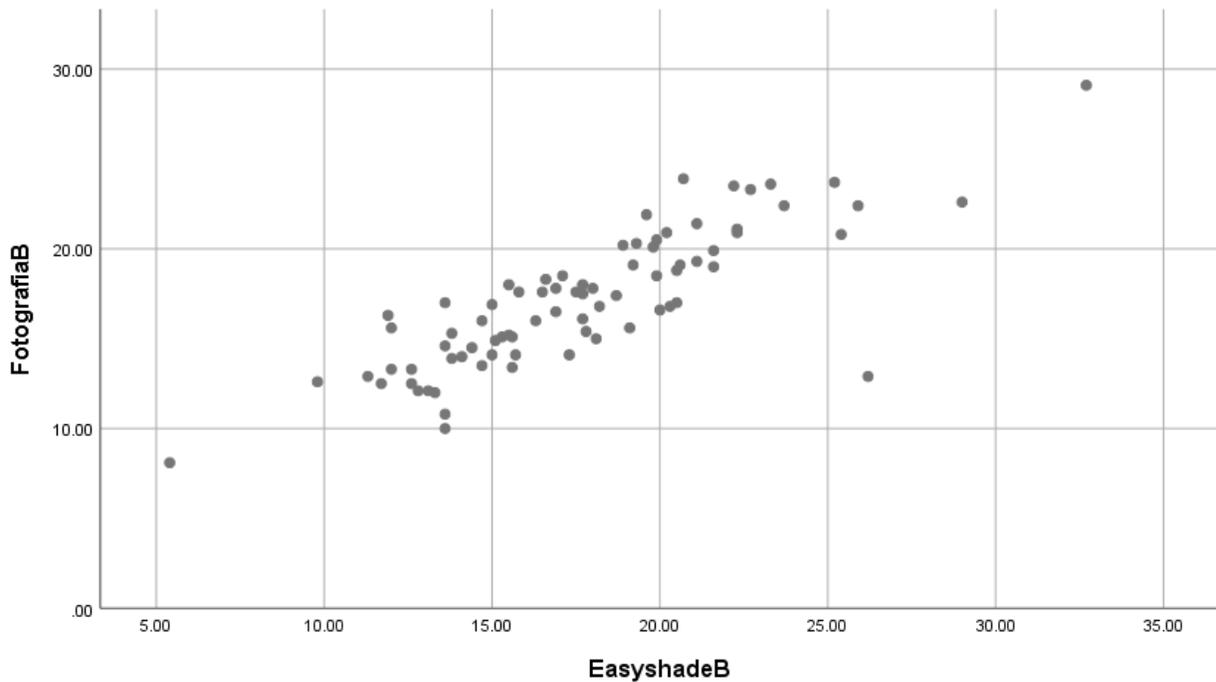
			Easyshade b*	Fotografía b*
Rho de Spearman	Easyshade b*	Coeficiente de correlación	1.000	.826**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	79	79
	Fotografía b*	Coeficiente de correlación	.826**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	79	79

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 15

Relación entre el método fotográfico y espectrofotométrico de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color b del sistema CIELAB.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Se realizó una correlación de orden de rango de Spearman para evaluar la relación del eje de color azul-amarillo (b^*) entre el espectrofotómetro (Easyshade Compact ©) y la fotografía polarizada. Se reclutaron 79 participantes. El análisis preliminar mostró que la relación entre dichas variables era monótona, según lo evaluado por la inspección visual de un diagrama de dispersión. Hubo una correlación positiva estadísticamente significativa y fuerte entre el eje de color azul-amarillo del espectrofotómetro y la fotografía polarizada $r_s(77) = +0.826, p < 0.0005$.

Por lo tanto, podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Tabla 10

Relación entre el método visual y espectrofotométrico de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color L del sistema CIELAB.*

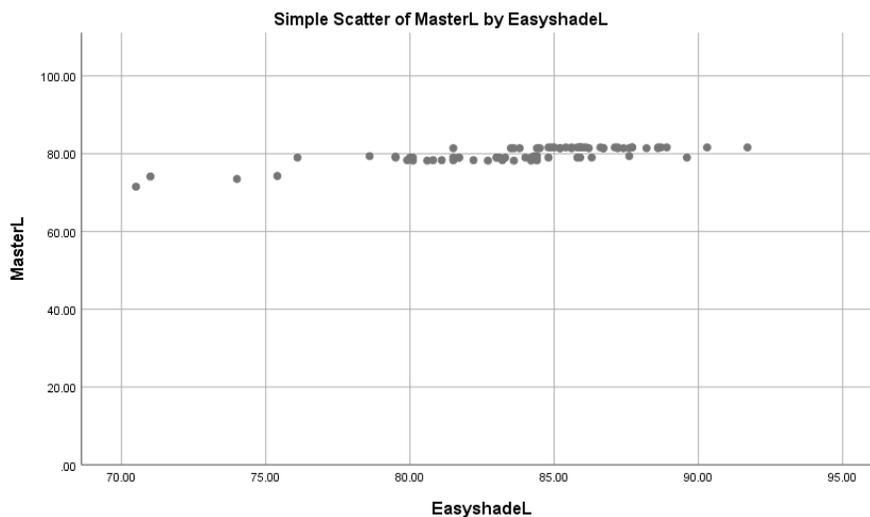
			Easyshade L*	Master L*
Rho de Spearman	Easyshade L*	Coeficiente de correlación	1.000	.726**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	79	79
	Master L*	Coeficiente de correlación	.726**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	79	79

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 16

Relación entre el método visual y espectrofotométrico de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color L del sistema CIELAB.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Se realizó una correlación de orden de rango de Spearman para evaluar la relación de la luminosidad (L^*) entre el espectrofotómetro (Easyshade Compact ©) y la guía de color VITA 3D Master.

Se reclutaron 79 participantes. El análisis preliminar mostró que la relación entre dichas variables era monótona, según lo evaluado por la inspección visual de un diagrama de dispersión. Hubo una correlación positiva estadísticamente significativa y fuerte entre la luminosidad del espectrofotómetro y la guía de color VITA 3D Master $r_s(77) = +0.726, p < 0.0005$.

Por lo tanto, podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Tabla 11

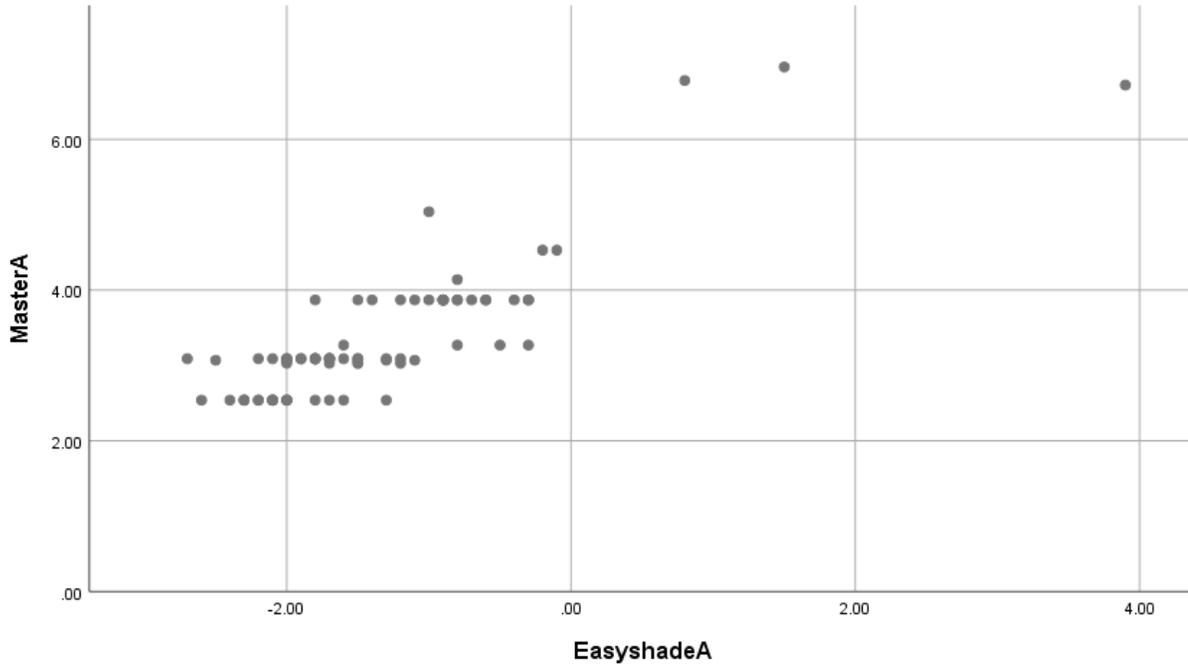
Relación entre el método visual y espectrofotométrico de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color a^ del sistema CIELAB.*

			Easyshade a^*	Master a^*
Rho de Spearman	Easyshade a^*	Coefficiente de correlación	1.000	.781**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	79	79
	Master a^*	Coefficiente de correlación	.781**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	79	79
** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).				

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 17

Relación entre el método visual y espectrofotométrico de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color a^* del sistema CIELAB.



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Se realizó una correlación de orden de rango de Spearman para evaluar la relación del eje de color verde-rojo (a^*) entre el espectrofotómetro (Easyshade Compact ©) y la guía de color VITA 3D Master.

Se reclutaron 79 participantes. El análisis preliminar mostró que la relación entre dichas variables era monótona, según lo evaluado por la inspección visual de un diagrama de dispersión. Hubo una correlación positiva estadísticamente significativa y fuerte entre el eje de color verde-rojo del espectrofotómetro y la guía de color VITA 3D Master $r_s(77) = +0.781, p < 0.0005$.

Por lo tanto, podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Tabla 12

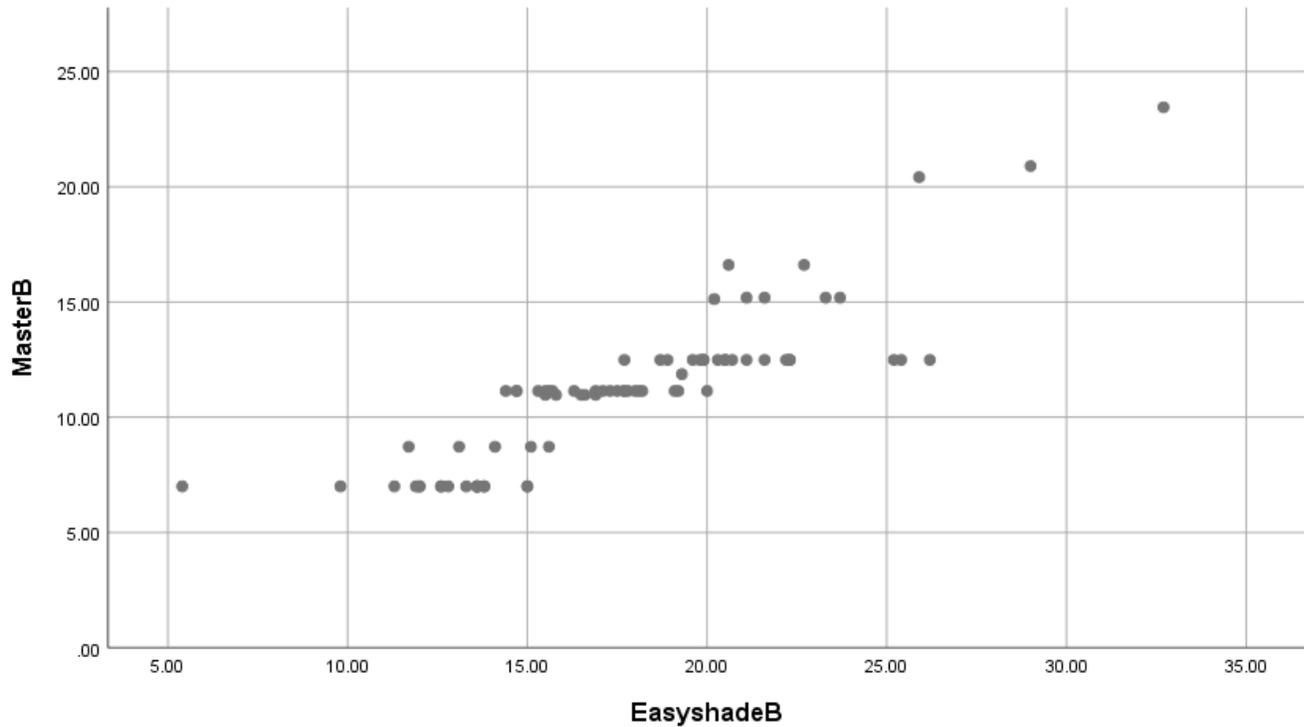
Relación entre el método visual y espectrofotométrico de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color b del sistema CIELAB.*

			Easyshade b*	Master b*
Rho de Spearman	Easyshade b*	Coeficiente de correlación	1.000	.925**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	79	79
	Master b*	Coeficiente de correlación	.925**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	79	79
**. La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).				

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 18

Relación entre el método visual y espectrofotométrico de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color b del sistema CIELAB.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Se realizó una correlación de orden de rango de Spearman para evaluar la relación del eje de color azul-amarillo (b^*) entre el espectrofotómetro (Easyshade Compact ©) y la guía de color VITA 3D Master.

Se reclutaron 79 participantes. El análisis preliminar mostró que la relación entre dichas variables era monótona, según lo evaluado por la inspección visual de un diagrama de dispersión. Hubo una correlación positiva estadísticamente significativa y fuerte entre el eje de color azul-amarillo del espectrofotómetro y la guía de color VITA 3D Master $r_s(77) = +0.925, p < 0.0005$. Por lo tanto, podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Tabla 13

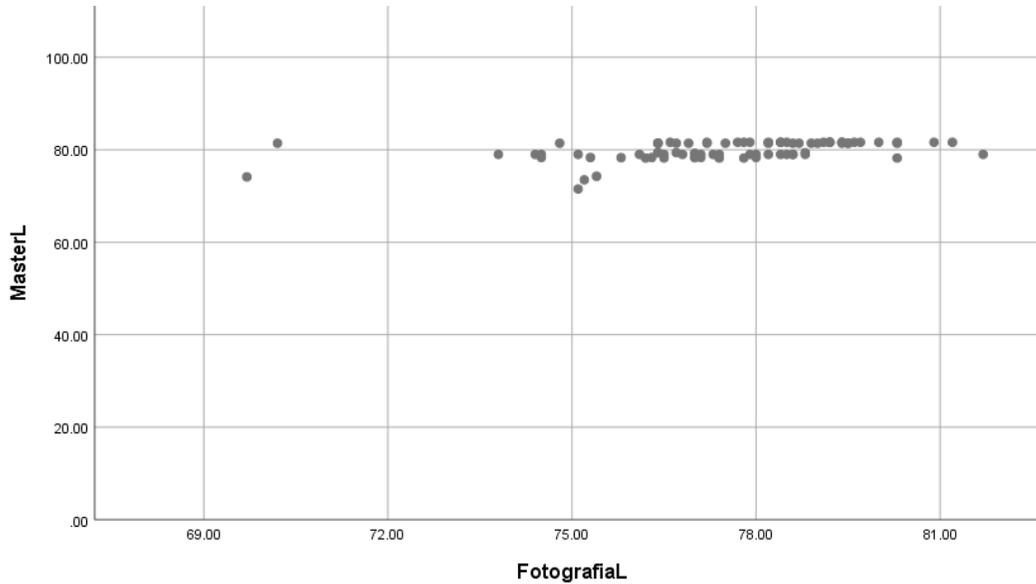
Relación entre el método fotográfico y visual de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color L^ del sistema CIELAB.*

			Fotografía L^*	Master L^*
Rho de Spearman	Fotografía L^*	Coeficiente de correlación	1.000	.526**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	79	79
	Master L^*	Coeficiente de correlación	.526**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	79	79
**. La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).				

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 19

Relación entre el método fotográfico y visual de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color L^* del sistema CIELAB.



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Se realizó una correlación de orden de rango de Spearman para evaluar la relación de la luminosidad (L^*) entre la fotografía polarizada y la guía de color VITA 3D Master.

Se reclutaron 79 participantes. El análisis preliminar mostró que la relación entre dichas variables era monótona, según lo evaluado por la inspección visual de un diagrama de dispersión.

Hubo una correlación positiva estadísticamente significativa y fuerte entre la fotografía polarizada y la guía de color VITA 3D Master $r_s(77) = +0.526, p < 0.0005$.

Por lo tanto, podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Tabla 14

Relación entre el método fotográfico y visual de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color a del sistema CIELAB.*

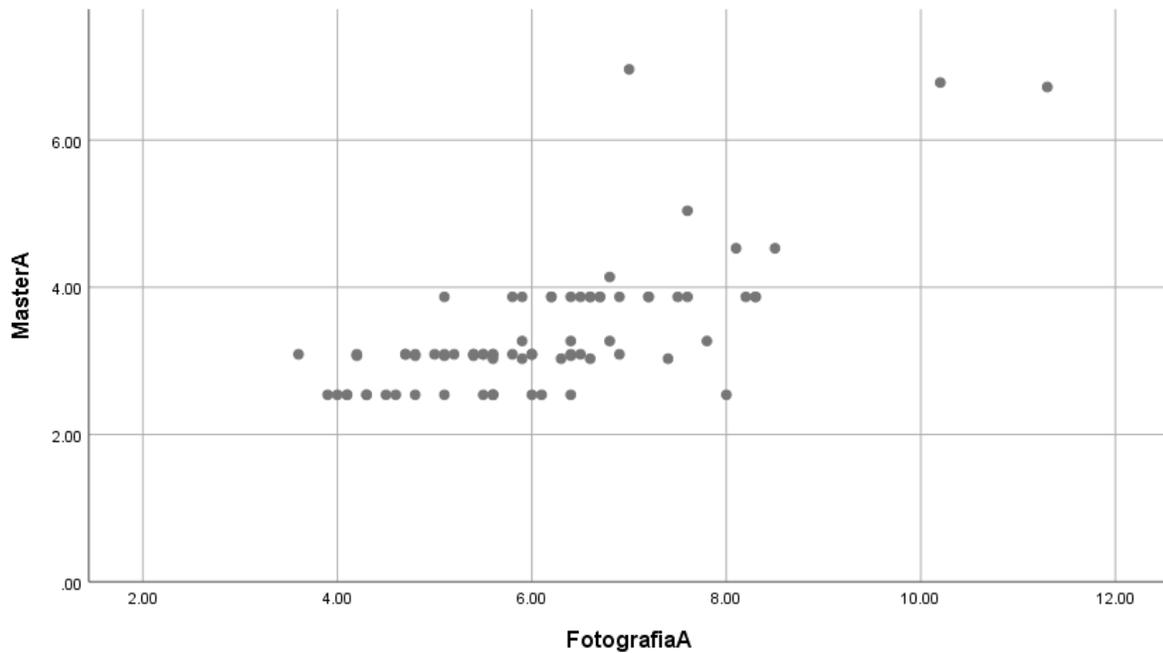
			Fotografía a*	Master a*
Rho de Spearman	Fotografía a*	Coeficiente de correlación	1.000	.644**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	79	79
	Master a*	Coeficiente de correlación	.644**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	79	79

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 20

Relación entre el método fotográfico y visual de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color a del sistema CIELAB.*



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Se realizó una correlación de orden de rango de Spearman para evaluar la relación del eje de color verde-rojo (a^*) entre la fotografía polarizada y la guía de color VITA 3D Master. Se reclutaron 79 participantes. El análisis preliminar mostró que la relación entre dichas variables era monótona, según lo evaluado por la inspección visual de un diagrama de dispersión. Hubo una correlación positiva estadísticamente significativa y fuerte entre la fotografía polarizada y la guía de color VITA 3D Master $r_s(77) = +0.644, p < 0.0005$. Por lo tanto, podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Tabla 15

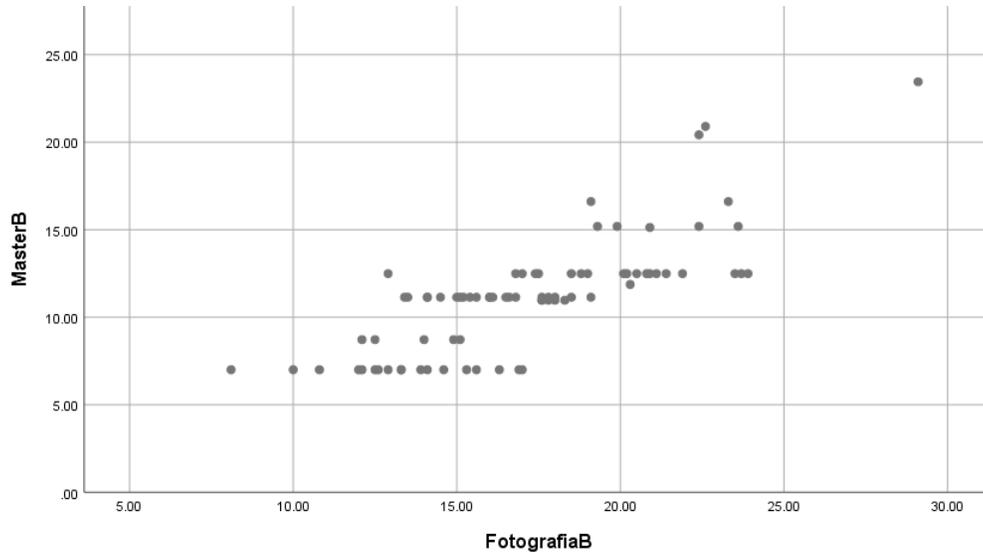
Relación entre el método fotográfico y visual de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color b^ del sistema CIELAB.*

		Fotografía b^*	Master b^*
Rho de Spearman	Fotografía b^*	Coeficiente de correlación	1.000
		Sig. (bilateral)	.
		N	79
	Master b^*	Coeficiente de correlación	.789**
		Sig. (bilateral)	.000
		N	79
** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).			

Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Gráfica 21

Relación entre el método fotográfico y visual de 79 estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la coordenada de color b^* del sistema CIELAB.



Fuente: Datos recolectados de trabajo de campo tesis de investigación. 2022.

Se realizó una correlación de orden de rango de Spearman para evaluar la relación del eje de color azul-amarillo (b^*) entre la fotografía polarizada y la guía de color VITA 3D Master.

Se reclutaron 79 participantes. El análisis preliminar mostró que la relación entre dichas variables era monótona, según lo evaluado por la inspección visual de un diagrama de dispersión.

Hubo una correlación positiva estadísticamente significativa y fuerte entre la fotografía polarizada y la guía de color VITA 3D Master $r_s(77) = +0.789, p < 0.0005$.

Por lo tanto, podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

XI. Discusión de Resultados

El proceso de selección de color dental, se compone de distintas variables, sin embargo, a través de métodos de registro de color objetivos, podemos tener una selección del color dental con menores variaciones. El objetivo de este estudio, es establecer la relación de las distribuciones de color de los dientes naturales utilizando los métodos visual, fotográfico y espectrofotométrico según el sistema CIELAB en sus tres coordenadas de color L^* , a^* y b^* .

Al analizar los resultados obtenidos, encontramos relaciones positivas y estadísticamente significativas entre todos los métodos de registro de color dental, en sus tres coordenadas de color L^* , a^* y b^* .

Con respecto a la relación entre el espectrofotómetro (Easyshade) y la fotografía digital polarizada, se obtuvieron los valores $L^*= 0.630$, $a^*= 0.688$, $b^*= 0.826$ respectivamente. Este resultado concuerda con el estudio de Jarad FD et al., donde se encontró que existe una correlación alta y estadísticamente significativa entre el espectrofotómetro y la cámara digital para todas las coordenadas de color CIE L^* , a^* y b^* .⁽²⁷⁾ Tomando como referencia estándar el método espectrofotométrico, podemos concluir que el método de fotografía digital polarizada es viable para registrar el color dental de forma objetiva con valores cuantitativos a través de las tres coordenadas de color del espacio de color CIELab.

La relación entre el espectrofotómetro (Easyshade) y la guía de color dental (VITA 3D Master), obtuvo valores $L^*= 0.726$, $a^*= 0.781$, $b^*= 0.925$ respectivamente. Tomando como referencia estándar el método espectrofotométrico, podemos concluir que el método visual utilizando específicamente la guía de color dental VITA 3D Master, es viable para registrar el color dental de forma subjetiva, no obstante, actualmente se pueden obtener valores cuantitativos (numéricos) de estas guías para tener una mayor precisión en la selección del color, a través de las tres coordenadas de color del espacio de color CIELab.

En el estudio de Chu, S. J. et al. sugieren utilizar el espectrofotómetro y la fotografía digital para convertir los tonos de una guía de colores a valores CIELab.^(12,13) Sin embargo, las especificaciones del fabricante del espectrofotómetro, indica que el dispositivo está diseñado para evaluar los valores CIELab de dientes naturales y no en muestras o dientes de cerámica. A pesar que dicho dispositivo cuenta con una función de verificación de tono para restauraciones finales sin arrojar valores CIELab.

Los colores de la guía dental se convirtieron al sistema de coordenadas CIELab para el propósito de este estudio, pero estos valores no son proporcionados por el fabricante. Esto puede generar un sesgo del método de medición. Este sesgo podría haber influenciado en los coeficientes de correlación encontrados entre el espectrofotómetro y el método visual.

Con respecto a la relación entre la fotografía polarizada y la guía de color dental VITA 3D Master, se obtuvieron los valores $L^*= 0.526$, $a^*= 0.644$, $b^*= 0.789$ respectivamente. La relación encontrada entre estos métodos, nos indica la posibilidad de poder utilizar ambos métodos en conjunto para complementar un registro de color dental, con un método objetivo y uno subjetivo.

Dentro de los hallazgos encontrados se puede destacar una mayor relación positiva de la coordenada de color b^* a diferencia de las coordenadas L^* y a^* , esto se observó en todas las relaciones que se evaluaron. No obstante, los valores de las coordenadas L^* y a^* se encuentran por arriba de la media de fuerza de correlación.

Como se encuentra en los hallazgos de otros estudios, la selección de color dental se puede mejorar al utilizar un espectrofotómetro, no obstante, el espectrofotómetro tiene una aplicabilidad limitada en la práctica clínica porque estos instrumentos están diseñados para medir una superficie plana. La superficie convexa de un diente con múltiples texturas dificulta la correcta ubicación del dispositivo, fundamental para obtener un resultado preciso.

Es por ello que se recomienda la fotografía digital con parámetros estandarizados, un filtro de polarización cruzada y una tarjeta de referencia gris para una mejor evaluación y comunicación del color, además de ser capaz de capturar la anatomía del diente, la textura de la superficie, la translucidez y los detalles de los tejidos circundantes.

Como concluye Chu SJ et al. de ser posible se deben utilizar ambos métodos instrumental y visual, ya que se complementan entre ellos y pueden llevar a un resultado estético predecible. ⁽¹³⁾ Siendo este método más accesible para el clínico, utilizando un equipo fotográfico de documentación clínica con el agregado de un filtro polarizador para la eliminación de reflejos sobre los dientes y poder evaluar propiamente el color dental en una imagen.

En general, se rechazó la hipótesis nula de todas las relaciones efectuadas y se aceptó la hipótesis alterna de todas las relaciones.

En el presente estudio se demostró, que los tres métodos de registro de color dental evaluados, tienen una alta relación significativa en cada una de las coordenadas de color del sistema CIELAB. Indicando la posibilidad de utilizar estos métodos de una manera objetiva con las coordenadas de color numéricas, además de complementarse entre sí para realizar una selección de color adecuada y precisa.

XII. Conclusiones

- La distribución de color fue establecida para las coordenadas L^* , a^* y b^* de los métodos espectrofotométrico y fotográfico digital con filtro polarizado en los dientes naturales de los estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos.
- Se determinó la distribución de color para las coordenadas de color L^* , a^* y b^* de la guía de color VITA 3D Master.
- El método fotográfico digital utilizando un filtro polarizado tiene una correlación positiva y significativa de las coordenadas de color L^* , a^* y b^* con respecto al método espectrofotométrico.
- La guía VITA 3D Master bajo el método visual tiene una correlación positiva y significativa de las coordenadas de color L^* , a^* y b^* con respecto al método espectrofotométrico.
- El método fotográfico digital utilizando un filtro polarizado tiene una correlación positiva y significativa de las coordenadas de color L^* , a^* y b^* con respecto al método visual con la guía VITA 3D Master.
- Se registro una mayor correlación bajo la coordenada de color b^* , para todos los métodos de registro de color dental.

XIII. Recomendaciones

- Ampliar la muestra de investigación con un rango de edades mayor, para observar una distribución de color más amplia y realizar un mejor análisis de la población.
- Implementar un estudio en una población rural con un rango de edades amplio.
- Utilizar el método fotográfico con filtro polarizado para aplicaciones clínicas, tanto para restauraciones en cerámica como en resina compuesta, casos de aclaramiento dental, visualización de efectos únicos en esmalte.
- Realizar más investigaciones con enfoque clínico, en donde permita verificar la utilidad que puede tener una selección o un control del color de manera objetiva.
- A cirujanos dentistas, utilizar un método de selección de color adicional al método visual con guía de colores, para complementar la información de color de una manera más objetiva y poder mejorar la comunicación con el laboratorio dental.
- Invertir en un equipo fotográfico digital para documentación clínica, selección de color y comunicación con el paciente y técnico dental.

XIV. Consultas Bibliográficas

1. Ahn, J. S. and Lee, Y.-K. (2008). **Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale.** J. Prosthet. Dent. 100(1):18-28.
2. Alshiddi, I. and Richards, L. (2015). **A comparison of conventional visual and spectrophotometric shade taking by trained and untrained dental students.** Aust. Dent. J. 60(2):176-181.
3. Angus, J.; Robertson, K. and Toumba, J.. (1999). **Cross-polarized photography in the study of enamel defects in dental paediatrics.** J. Audiov. Media. Med. 22(2):63-70.
4. Barel, A. O.; Paye, M. and Maibach, H. I. (2014). **Handbook of cosmetic science and technology.** 4 ed. London: CRC Press. pp. 461-462.
5. Bazos, P. and Magne, P. (2019). **Alternative beleuchtungstechniken in der dentalfotografie - polarisiertes und UV-Licht.** Quintessenz Zahnmedizin. 70(12):1428-1438.
6. ----- (2014). **Bio-emulation: biomimetically emulating nature utilizing a histoanatomic approach; visual synthesis.** Int. J. Esthet. Dent. 9(3):330-352.
7. Berns, R. S; Billmeyer, F. W, and Saltzman, M. (2019). **Billmeyer and saltzmans principles of color technology.** Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, Inc. pp. 119-121.
8. Bona, A. D. et al. (2009). **Visual and instrumental agreement in dental shade selection: Three distinct observer populations and shade matching protocols.** Dental Materials. 25(2):276–281.
9. Browning, W. D. et al. (2009). **A Comparison of human raters and an intra-oral spectrophotometer.** Operative Dentistry. 34(3):337–343.
10. ----- (2003). **Use of shade guides for color measurement in tooth-bleaching studies.** J. Esthet Restor. Dent. 15(1):13-20.
11. Capa, N. et al. (2010). **Evaluating factors that affect the shade-matching ability of dentists, dental staff members and laypeople.** J. Am. Dent. Assoc. 141(1):71-76.
12. Chu, S. J. et al. (2017). **Color in dentistry: a clinical guide to predictable esthetics.** Illinois: Quintessence Publishing. 114 p.

13. -----; Trushkowsky, R. D. and Paravina, R. D. (2010). **Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects.** J. Dent. 2(Suppl.):2-16.
14. Farah, R. I. et al. (2021). **Effect of ambient lighting conditions on tooth color quantification in cross-polarized dental photography: a clinical study.** J. Prosthet Dent. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.01.015>
15. Fernandes, A; Lakhani, D. and Herekar, M. (2011). **A survey on variability in shade selection by practicing dentists.** Eur. J. Esthet. Dent. 6(2):198-204.
16. Fondriest, J. (2004). **Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies.** Int. J. Periodontics Restorative Dent. 23(5):467-79.
17. Gómez-Polo, C. et al. (2014). **Study of the shade tabs of the toothguide 3D master through cluster analysis.** Color Research & Application, 40(2):194–200.
18. -----, et al. (2015). **A clinical study relating CIELCH coordinates to the color dimensions of the 3D-master system in a spanish population.** J. Prosthet Dent. 113(3): 185–190.
19. Gurrea, J. et al (2016). **Evaluation of dental shade guide variability using cross-polarized photography.** Int. J. Periodontics Restorative Dent. 36(5):76-81.
20. Haack, S. (2018). **Dental shade matching: the comparison of visual shade matching abilities with VITA easyshade® and dental shade recognition smartphone applications.** Tesis (Master in Prosthodontics). Lithuania: Lithuanian University of Health Sciences. 56 p.
21. Haddad, H.J. et al. (2011). **Allocation of color space for different age groups using threedimensional shade guide systems.** Eur. J. Esthet. Dent. 6(1):94-102.
22. Haralur, S. B. et al. (2016). **Influence of personality on tooth shade selection.** Int. J. Esthet. Dent. 11(1):126-37.
23. Hein, S. et al. (2014). **Beyond visible: exploring shade interpretation.** QDT. 37:199-211.
24. -----, et al. (2020). **Objective shade matching, communication, and reproduction by combining dental photography and numeric shade quantification.** Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 33(1):107-117.
25. Hegenbarth, E. A. (2006). **Esthetics and shade communication: a practical approach.** Eur. J. Esthet. Dent. 1(4):340-360.

26. Hulley, S. B. et al. (2013). **Designing clinical research**. 4 ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health / Lippincott Williams & Wilkins. 381 p.
27. Jarad F.D.; Russell M. D. and Moss, B. W. (2005). **The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry**. Br. Dent. J. (1):43-49.
28. Juzer, S. M. et al. (2017). **Comparison of photographic and conventional methods for tooth shade selection: a clinical evaluation**. J. Indian Prosthodont Soc. 17(3):273-281.
29. King, K. A. and Derijk, W. G. (2007). **Variations of L*a*b* values among vitapan classical shade guides**. Journal of Prosthodontics. 16(5):352-356.
30. Lagouvardos, P. E. et al. (2009). **Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color**. J. Prosthet. Dent. 101(1):40-45.
31. Lazar, R. et al. (2016). **Assessment of a new photographic system used in dentistry**. Optoelectronics and Advanced Materials. 10(5-6): 426-432
32. ----- (2019). **The accuracy of dental shade matching using cross-polarization photography**. Int. J. Comput. Dent. 22 (4):343-351.
33. Lehmann, K. M. et al. (2011). **Repeatability of color-measuring devices**. Eur. J. Esthet. Dent. 6(4):428-435.
34. Mahn, E. et al. (2020). **Comparison of visual analog shade matching, a digital visual method with a cross-polarized light filter, and a spectrophotometer for dental color matching**. J. Prosthet. Dent. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.02.002>
35. Margulis, D. (2016). **Photoshop lab color: the canyon conundrum and other adventures in the most powerful colorspace**. San Francisco: Peachpit. pp. 29-31.
36. McLaren, E. A; Figueira, J. and Goldstein, R. E. (2017). **A technique using calibrated photography and photoshop for accurate shade analysis and communication**. Compend. Contin. Educ. Dent. 38(2):106-113.
37. Miller, L. (1987). **Organizing color in dentistry**. J. Am. Dent. Assoc. 115(Suppl), 26-40.
38. Paravina, R. D.; Powers J. M. and Fay, RM. (2002). **Color comparison of two shade guides**. Int. J. Prosthodont. 15(1), 73-78.
39. ----- and Powers, J. M. (2004). **Esthetic color training in dentistry**. St. Louis, MO: Elsevier Mosby. 231 p.

40. Purves, D. et al. (2019). **Neuroscience**. 3 ed. New York, U.S.A: Oxford University Press. pp. 229-257.
41. Rondon Ordoñez, L. F. (2019). **Precisión y acuerdo de los métodos visual y digital en la selección de color**. Tesis (Lic. Cirujano Dentista). Venezuela: Universidad de los Andes, Facultad de Odontología. 75 p.
42. Sabatini, G. P. et al. (2019). **Comparaçãõ de dois métodos de colorimetría: espectrofotometría e fotocolorimetria (elabor_aid)**. Brasil: Universidad Federal de Santa Catarina. s.p.
43. Sampaio, C. et al. (2018). **Dental shade guide variability for hues B, C, and D using crosspolarized photography**. Int. J. Periodontics Restorative Dent. 38(Suppl):113–118.
44. -----, et al. (2019). **Variability of color matching with different digital photography techniques and a gray reference card**. J. Prosthet. Dent. 121(2): 333-339.
45. Soldevilla, M. (2014). **Evaluación de la concordancia de tres métodos de registro de color dental: guía dentaria, luz polarizada y espectrofotometría**. Tesis (Master Prótesis Bucofacial). España: Universidad Complutense de Madrid. 104 p.
46. **The principles of use of a spectrophotometer and its application in the measurement of dental shades**. (2003). Chicago: JYL Technologies. 21 p.
47. Tokumi, A. F. A. (2007). **Cor em odontología**. Tesis (Maestría en Prótesis Dentaria). Florianópolis, Brasil: Universidad Federal de Santa Catarina. 143 p.
48. Tuo Sheng, J. K. (2015). **A comparison between a photographic shade analysis system and conventional visual shade matching method**. Tesis (Master en Ciencias) U.S.: University of Iowa. 128 p.
49. Yuan, J. C. C. et al. (2007). **Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system**. J. Prosthet. Dent. 98(2):110-119.

Vo. Bo. 27/01/2023


Licda. Heidi Elizabeth Molina Arana



XV. Anexos

Consentimiento Informado

Esta información está dirigida específicamente a los estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala con el propósito de invitar a que formen parte del estudio de investigación para tesis de grado.

En el presente documento se especifica de que tratará el estudio, pasos a seguir si voluntariamente desea participar en él, así como un consentimiento informado que debe firmar donde acepta ser parte del estudio y una declaratoria de confidencialidad donde se hace notar que los datos proporcionados a este estudio serán usados exclusivamente para el mismo sin ningún fin perjudicial a su persona.

Cualquier duda puede hacerla saber a los investigadores o asesores.

1. Nombre del investigador
Hjalmar Emanuel Vallejo Alvarado
2. Nombre del asesor de tesis
Dr. Herman Horacio Mendía Alarcón
3. Título de la investigación
Relación de la distribución de color de dientes naturales utilizando tres métodos de registro de color dental: visual, fotográfico y espectrofotométrico con el sistema CIELAB.
4. Propósito del estudio
Encontrar un método de registro de color y comunicación que sea accesible y de mayor precisión que permita mejorar la selección del color dental.
5. Participación voluntaria
La presente investigación es confidencial usted participa voluntariamente, esto quiere decir que podrá elegir o no participar en la investigación, a pesar de haber dado su consentimiento para participar, está en la completa libertad de retractarse o retirarse de la investigación en cualquier momento sin que esto de lugar sanciones o indemnizaciones a cualquiera de las partes.
6. Protocolo a seguir
Charla informativa del presente estudio
Firma del consentimiento informado
Enjuague con peróxido de hidrogeno al 5%
Toma de color visual, fotográfico y espectrofotométrico.

7. Descripción del procedimiento

Se realizará el registro del color dental del incisivo central superior derecho capturando una fotografía del sextante anterosuperior, con una cámara DSLR con objetivo macro 100 mm y ring flash con un filtro polarizador y con la ayuda de una tarjeta gris de balance de blancos, por último, se medirá el color con un espectrofotómetro “VITA EASYSHADE” que se colocará en la superficie bucal del incisivo central superior derecho para realizar una lectura del color.

8. Riesgos

El presente estudio no representa ningún riesgo para el participante de esta investigación ya que el registro del color por medio visual, la toma de fotografías y la lectura del espectrofotómetro no implica ningún daño para los tejidos duros o blandos de la zona que será analizada. No hay generación de aerosoles al momento de realizar el registro del color dental.

9. Beneficios

Debido a la ausencia de estudios y referencias sobre este tema en la población de Guatemala, la presente investigación pretende aportar a futuros profesionales y profesionales en el campo de la odontología una herramienta en el diagnóstico y planificación estética a las necesidades protésicas restauradoras.

10. Costos

El presente estudio será financiado por los investigadores del mismo por lo que no tiene costo para el participante y no recibirá remuneración alguna.

11. Confidencialidad

La presente investigación es confidencial, anónima y los datos proporcionados a este estudio serán usados exclusivamente para el mismo sin ningún fin perjudicial a su persona.

12. Derechos

Los datos recolectados de los tres métodos realizados sobre el color dental del incisivo central superior derecho estarán a disposición del participante, así como las fotografías en el momento en que las desee, hasta antes que se presente el estudio. Los resultados serán publicados al terminar el trabajo de tesis por lo que podrá ser consultado como fuente bibliográfica, en un futuro si así lo desea.

Yo (nombres y apellidos) _____ quien me identifico con el número de DPI: _____, conscientemente tomando en cuenta mis derechos propios y personales declaro que he leído este formulario de consentimiento, he consultado y discutido dudas a los investigadores de los procedimientos que se realizarán en la presente investigación de tesis de grado titulada “Relación de la distribución de color de dientes naturales utilizando tres métodos de registro de color dental: visual, fotográfico y espectrofotométrico con el sistema CIELAB.”

Se me ha hecho saber que seré participe en la toma de color dental de la pieza dental número 8, incisivo central superior derecho, por medio de tres métodos: visual, fotográfico capturando una sola fotografía del sextante anterosuperior y espectrofotométrico colocado sobre la superficie bucal del diente. Las cuales no tendrán ningún perjuicio sobre mi salud ya que no proporcionan dolor ni son técnicas invasivas que provoquen algún daño. Entiendo que los beneficios de la presente investigación serán de gran ayuda para el campo de la rehabilitación oral en las piezas anterosuperiores, que la información proporcionada es confidencial y los datos proporcionados a este estudio serán usados exclusivamente para el mismo sin ningún fin perjudicial a mi persona.

Entiendo que la participación de mi parte en este estudio es completamente voluntaria y sin ningún costo por lo que pude elegir o no ser parte en la investigación y a pesar de haber dado mi consentimiento para participar, estoy en la completa libertad de retractarme o retirarme de la investigación en cualquier momento sin que esto de lugar a sanciones o indemnizaciones a cualquiera de las partes.

Declaro que se me ha proporcionado el nombre de los investigadores y asesores del presente trabajo de tesis a los cuales podré contactar en cualquier momento en caso de que pueda surgir alguna duda, así como el procedimiento para solicitar mis fotografías si así lo deseo antes de que la presente investigación sea publicada.

Estoy consciente que el país se encuentra en estado de emergencia sanitaria por la pandemia del COVID-19 y de los riesgos que el registro de color dental de la presente investigación conlleva. Confirmando que no estoy presentando ni he presentado en los últimos catorce días, alguno de los siguientes signos y síntomas: tos, fiebre o cefalea, disnea (dificultad para respirar), artralgias (dolor articular), mialgias (dolor muscular), odinofagia (ardor dolor faríngeo), rinorrea (flujo de secreción nasal), conjuntivitis (inflamación interna del ojo), dolor torácico o anosmia (perdida parcial o total del olfato), ageusia (perdida parcial o total del sentido del gusto)

En virtud de lo anteriormente descrito hago constar que estuve presente en la charla informativa referente al trabajo de investigación titulado “Relación de la distribución de color de dientes naturales utilizando tres métodos de registro de color dental: visual, fotográfico y espectrofotométrico con el sistema CIELAB”, he leído el formulario de consentimiento informado donde se me ha descrito la investigación, el propósito del estudio, sus riesgos, beneficios y protocolos de bioseguridad implementados, por lo que consiento voluntariamente a participar en esta investigación en calidad de participante.

Firma

Ficha de Recolección de Datos

Guía de colores VITA Toothguide 3D-MASTER

Tono:

L

a

b

Fotografía polarizada

L

a

b

Espectrofotómetro "VITA EASYSHADE"

L

a

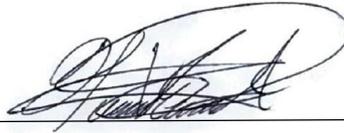
b

El contenido de esta tesis es única y exclusiva responsabilidad del autor

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above the author's name.

Hjalmar Emanuel Vallejo Alvarado

FIRMAS DE TESIS DE GRADO



Hjalmar Emanuel Vallejo Alvarado

SUSTENTANTE



Dr. Herman Horacio Mendía Alarcón.

Cirujano Dentista

ASESOR



Dr. Ricardo Antonio Sánchez Ávila

Cirujano Dentista
PRIMER REVISOR
Comisión de Tesis



Dra. María Eugenia Castillo Escobar

Cirujana Dentista
SEGUNDO REVISOR
Comisión de Tesis

IMPRIMASE:



Dr. Oscar Aníbal Taracena Monzón

Cirujano Dentista
SECRETARIO ACADÉMICO
Facultad de Odontología
Universidad de San Carlos de Guatemala

