UNIVERSITAT DE BARCELONA

FACULTAT D'ODONTOLOGIA

COLOR Y CERÁMICA

INFLUENCIA DE LAS ALEACIONES METALICAS EN EL COLOR DE LA CERAMICA

Trabajo final de licenciatura

para la obtención del título de

Licenciado en Odontología

Sergi Torné Duran

1996

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Biblioteca
Àrea de Ciències de la Salut
CAMPUS DE BELLVITGE

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Pavelló de Govern, 1a planta
c/ Feixa Llarga, s/n
08907 L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona)

Divisió de Ciències de la Salut

Facultat d'Odontologia

Unitat Departamental d'Odontoestomatologia

Tomás J. ESCUIN HENAR, Professor Titular de l'Assignatura Oclusió i Prostodoncia, del Departament de Ciencies Morfólogiques i Odontoestomatologia, d'acord amb el punt 2.9 de la normativa per a l'obtenció del Titol de Llicenciat en Odontologia,

FAIG CONSTAR: que el treball de fi de llicenciatura de l'alumne: Sergi Torné Duran, de títol "Color y Cerámica: Influencia de las aleaciones metálicas en el color de la cerámica dental", compleix els requisits per ser presentat i qualificat davant del Tribunal que oportunament es nomeni.

Signat: Prof. Dr. Tomás J. ESCUIN HENAR

L'Hospitalet de Llobregat, 28 de Juny de 1996

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Biblioteca
Àrea de Ciències de la Salut
CAMPUS DE BELLVITGE

A mis padres, con todo mi amor y agradecimiento.

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Biblioteca
Àrea de Ciències de la Salut
CAMPUS DE BELLVITGE

AGRADECIMIENTOS

Al Profesor Dr. Tomás J. Escuín Henar, que me estimuló para que este trabajo fuese realizado. Así como por la dirección y la dedicación que me ha prestado a lo largo de este trabajo.

A la Sra. Teresa Tomás, por su asesoramiento e inestimable colaboración y dedicación durante todo el diseño y realización del trabajo.

A la casa comercial Cendres et Metaux S.A. por su amable cesión de las aleaciones necesarias para la elaboración de las muestras.

A la casa comercial Williams-Ivoclar por el asesoramiento y la cesión de materiales, especialmente al Sr. Josep Vintró.

A la Unidad de Epidemiología y Bioestadística de la Facultad de Medicina. Universidad de Barcelona. Especialmente al Profesor Carlos Ascaso y a Pere Joan Ventura que tuvieron el tiempo y la paciencia necesaria para que el análisis estadístico de este trabajo se realizara.

Al Sr. Enric Chacón por la realización del utillaje de acero inoxidable.

Al Departamento de Óptica Fisiológica de la Universidad Politécnica de Terrassa, por su asesoramiento y ayuda.

A los Servicios Científico Técnicos de la Universidad de Barcelona por permitirme usar sus instrumentos de medida.

Al Sr. Josep Piñero por la dedicación y ayuda prestada para la medición del grosor de las muestras.

ÍNDICE

1. Introducción y Justificación de este estudio 7
2. ¿Qué entendemos por color? 10
3. ¿Cómo interpretamos el color? 13
3.1 Metamerismo 19
3.2 Visión anomala del color 21
3.3 Pruebas de la ceguera al color 26
3.4 Herencia de la ceguera a los colores 27
3.5 Ceguera a los colores 28
4. Condicionantes del color 31
5. ¿Qué parámetros permiten clasificar los colores? 34
5.1 El sistema Munsell 38
5.2 El sistema de la CIE 41
5.2.1 El sistema XYZ de la CIE 45
5.2.2 El sistema CIE-Lab de diferencias de color 53
6. Medición del color 56
6.1 Medición instrumental del color 65
6.2 Iluminantes estándar de la CIE 72
6.3 Geometria de la iluminación y lectura de la CIE 74
7. El color del diente 77
8. Hipótesis de trabajo 82
9. Objetivo 85
10. Material y Método 87
11. Resultados 107
11.1 Resultados del análisis estadístico 119
12. Discusión 141
13. Conclusiones 155
14. Bibliografía 157
Anexo 1 166
Anexo 2 169
Anexo 3 173

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE ESTE ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE ESTE ESTUDIO

La realización de prótesis fijas que se integren en el aparato masticatorio del paciente presenta condicionantes que obedecen a la funcionalidad de las mismas. Sin embargo, nos encontramos en la práctica diaria con la necesidad de que estas prótesis posean la calidad estética suficiente para que nuestros pacientes se sientan satisfechos, no sólo por el reemplazo o restauración de sus dientes perdidos, sino también por el hecho de que pocas, o ninguna persona, de su entorno social sea capaz de apreciar este hecho.

Ciertamente la introducción de materiales estéticos en Odontología ha supuesto uno de los avances más determinantes de cómo debemos ejercer y realizar las restauraciones dentarias.

Estos materiales reúnen, junto a sus cualidades de manipulación una exigencia la cual, por inespecífica u obvia, puede alterar nuestro deseo rehabilitador así como la satisfacción del paciente receptor.

Cuando decidimos el color de la prótesis que vamos a elaborar, muchos factores entrarán en juego y nuestro procedimiento técnico se verá influenciado por la búsqueda de una apariencia cromática idéntica a la de los dientes contiguos al lugar de instauración del diente restaurado.

Actualmente se ha insistido en la necesidad de realizar fotografías previas de los dientes del paciente para poder imitar la misma tonalidad de la cual es portador. También se ha propuesto realizar dibujos que precisen la ubicación de los maquillajes que "colorean" a los dientes protésicos. Sin embargo el artista más novel sabe que la casualidad puede conducirlo desde el éxito hasta el más estrepitoso de los fracasos.

Cuando nos referimos al color como propiedad de una restauración estética deberemos tener en cuenta múltiples factores que influyen en su percepción, así como otros que afectan a su obtención. La finalidad sólo puede perseguir un intento de minimizar el azar y, a ser posible, poder transmitir de una forma objetiva las cualidades que apreciamos en su percepción.

Por lo tanto nuestro deseo al realizar este trabajo irá encaminado a conocer y revisar aquellos elementos y factores que hacen posible la percepción del color, lo cual ha de permitir al Odontólogo saber transmitir al técnico protésico, que manipula las masas cerámicas de las restauraciones metalo-cerámicas, las características estéticas que permitirán integrar adecuadamente la restauración protésica en la boca del paciente.

Con esta finalidad realizaremos la exposición de la situación actual de las restauraciones metalo-cerámicas, así como de la percepción del color.

Ello tendrá que servirnos de base para la exposición de una Hipótesis de Trabajo en la que se delimite nuestro objetivo de búsqueda de las posibles relaciones que dan lugar a variaciones del color de la cerámica fundida sobre diferentes aleaciones metálicas y su posible aplicación clínica.

Para ello expondremos el material y método utilizados, así como el análisis estadístico de los parámetros estudiados que nos ha de permitir discutir los resultados obtenidos, para llegar a unas conclusiones que soporten nuestras hipótesis de trabajo.

2. ¿QUÉ ENTENDEMOS POR COLOR?

2. ¿QUÉ ENTENDEMOS POR COLOR?

El método científico tal como se le conoce en la actualidad ha sido desarrollado sólo hace unos pocos siglos. Sin embargo, Aristóteles escribió una obra, De coloribus (384-322 a. C.), en el cual decía que el color era una propiedad de la luz y que los objetos aparecían coloreados debido a que contaminaban la luz. Los objetos dan "negrura" a la luz blanca y de la cualidad de esa "negrura" resultan los colores. Hoy hablaríamos de absorción selectiva[1].

Los pintores seguramente fueron los primeros en establecer las reglas empíricas que rigen las mezclas de colores. Sin embargo, sólo se conocen escritos a partir del siglo XVI: Freischer (1571), Porta (1582) y Telesii (1590). Leonardo da Vinci (1452-1519) había hecho algunas consideraciones generales, pero sin ninguna trascendencia. El siglo XVII sería fundamental para el conocimiento del color, ya que el genio de Newton (1642-1727) traería descubrimientos y una teoría físico-matemática que explicaría la naturaleza de los colores[1].

El color es un fenómeno de la luz o de la percepción visual que posibilita diferenciar objetos idénticos entre sí. Representa la cualidad de un objeto o substancia respecto a la luz reflejada o transmitida por él mismo[2].

La noción del color está relacionada con la percepción y la interpretación subjetiva de cada individuo. El mismo color si lo enseñamos a cuatro personas diferentes, nos lo definirán de forma diferente cada uno de ellos[3].

Culpepper demostró como el color de un mismo diente era definido de diferente forma por parte de varios odontólogos y cómo incluso el mismo profesional, en momentos diferentes del día, o en días diferentes definía un mismo diente de diferente forma[3].

Algunos autores afirman que la percepción del color que buscan los profesionales de la Odontología, puede llegar a ser algo difuso y frustrante, no obstante, esta supuesta frustración se debe a que el color reclama de un estudio más exhaustivo del que actualmente se realiza por parte de las Facultades de Odontologia[4]. En un estudio realizado por Sproull en 1967 se puso de manifiesto que sólo 23 de 112 Facultades de Odontogía explicaban el color en la licenciatura[3].

3. ¿CÓMO INTERPRETAMOS EL COLOR?

3. ¿CÓMO INTERPRETAMOS EL COLOR?

Para que un objeto sea visible debe emitir luz o reflejar la luz que incide sobre él. Este último es el caso de los objetos de interés en Odontología. Por lo general la luz incidente es policromática, es decir, una mezcla de diferentes longitudes de onda.

Cuando un haz de luz encuentra la superficie de un objeto puede reflejarse, refractarse o transmitirse, o la combinación de las tres cosas. La luz proveniente del objeto incidirá en el ojo, se enfocará en la retina y se convertirá en impulsos nerviosos que se transmitirán al cerebro[5].

Los conos de la retina dan lugar a la visión del color, estas células tienen un nivel de intensidad necesario para la visión del color y presentan una curva de respuesta relacionada con la longitud de onda de la luz incidente; por consiguiente, dado que en la visión del color interviene una respuesta nerviosa, la estimulación constante de un solo color puede producir fatiga para ese color. La capacidad de distiguir los colores varía mucho de un individuo a otro[5,6,7].

Desde el punto de vista de la fidelidad del color, la anatomía del ojo no proporciona la perfección, ya que su sistema óptico carece de correcciones para las aberraciones cromáticas, aspecto muy frecuente en las buenas lentes para uso fotográfico.

Toda la disposición óptica del ojo hace que la máxima agudeza visual o discriminación coincida con un espacio mínimo para las diferentes aberraciones existentes en una muy pequeña parte del ojo: la fóvea, que está ubicada en la retina sobre el eje óptico del ojo. En ella podríamos decir que se halla el nexo entre lo físico, lo biológico y lo psicológico de la sensación del color. Existen aproximadamente 130 millones de receptores que son el origen de la sensación que el cerebro detecta[8].

Cabe destacar que la luz atraviesa toda la capa nerviosa de la retina, que es casi transparente, llegando al epitelio retiniano pigmentado de negro, cuya finalidad es absorber toda la energía luminosa que resta, de modo que no produzca reflejos molestos que podrían ser detectados después de chocar con esta última capa.

En condiciones de poca iluminación únicamente se emplean los bastones (visión escotópica). Estos receptores permiten interpretar solamente el brillo y no el color de los objetos, aunque parece haber fundamento para creer que tienen importante participación en el mecanismo de detección del azul-verde: por ello en la oscuridad se ven más claros los objetos de este color y más oscuros los rojizos. El pigmento que poseen es conocido desde hace tiempo: la púrpura visual o rodopsina (púrpura es su color y de ahí su nombre)[7].

La visión del color depende de los conos, que son activos en condiciones de iluminación mayor (visión fotópica). Se han detectado en ellos al menos tres pigmentos sensibles. El descubrimiento de los pigmentos supuso superar dificultades casi insalvables. En primer lugar debían detectarse en ojos o retinas aún vivas, lo que se logró extrayéndolos de un banco de ojos. Estas retinas no debían verse afectadas por la luz, puesto que el blanqueo de los pigmentos visuales impediría la medición de las sustancias originales. La separación en la obscuridad de áreas tan pequeñas de la retina como la fóvea, su localización y microtomía supone tecnología que impidió su detección hasta el año 1964[6].

Sus picos de absorción máxima se sitúan en 440-450 nm para el azul, 520-540 nm para el verde y 550-560 nm para el rojo. Es de notable importancia que el pigmento rojo sea el portador de la sensación de luminosidad, lo que concuerda con las anomalías de la visión del color.

La fóvea centralis que tiene 1.5 mm de diámetro, está contenida en un área mayor donde una película o pigmento amarillo conocida como mácula lútea o mancha de

UNIVERSITAT ...

Biblioteca
Àrea de Ciències de la Salut
CAMPUS DE BELLVITGE

Maxwell[6], protege a los detectores de la radiación ultravioleta. En el centro de esa zona está la foveola, cuyo diámetro no excede de 0.25 mm, caracterizada por la falta de bastones. Esta área que abarca un área visual de 1° aproximadamente, contiene alrededor de 25.000 conos.

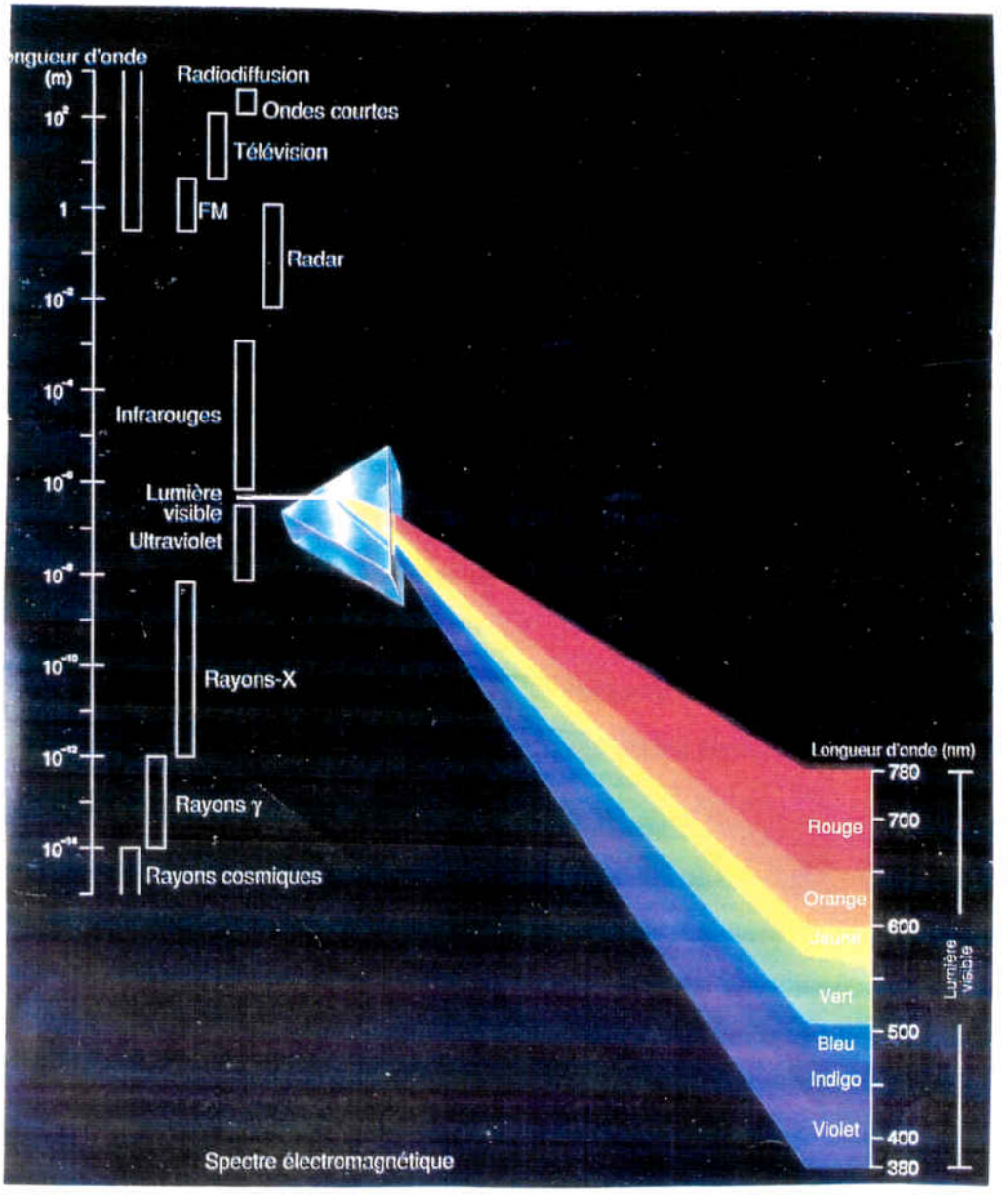
Los bastones inexistentes en el centro de la fóvea presentan una población creciente a medida que se alejan de ella. Hay entre 6 y 7 millones de conos y de 110 a 130 millones de bastones. Como el nervio óptico solo posee 800.000 fibras nerviosas, el sistema receptor debe unir forzosamente la respuesta de diez o más receptores.

El espectro visible para el ojo humano, abarca desde los 380 a los 760 nm, es decir desde el rojo al violeta[7,8]. (Figura. 1)

El proceso visual puede ser subdividido en cinco fases:

1) Refracción de los rayos luminosos y enfoque de imágenes sobre la retina.
2) Transducción de quantos de luz en impulsos nerviosos a través de la actividad fotoquímica.
3) Procesado de la actividad neural en la retina y transmisión de impulsos codificados a través del nervio óptico al cuerpo geniculado y, de aquí, al córtex.
4) Procesamiento en el cerebro que culmina en percepción.
5) Reflejos asociados con el sistema visual como la acomodación.

Figura. 1- Espectro visible del ojo humano.



De Valois y cols. (1966)[6] efectuaron varios estudios que esclarecieron la forma en que la información del color se codifica en el cuerpo geniculado lateral.

Podría ocurrir también que algunas células recurran de nuevo a un proceso tricromático de codificación del color. En este sentido, Motokawa y cols. (1962)[6] descubrieron algunas células corticales que podían ser agrupadas en tres categorías:

Una con una respuesta máxima a 460 nm.
Otra con un máximo a 530 nm.
Una tercera con máximo a 620 nm.

No obstante, no se ha esclarecido si la mayoría de la células corticales están efectuando siempre estos cambios de retorno al sistema tricromático de codificación, dada la gran complejidad de las respuestas de estas células.

Es realmente muy difícil descubrir cual es el estímulo preferente para cualquier célula cortical, ya que hay muchas formas de variación de los estímulos[8].

3.1. METAMERISMO

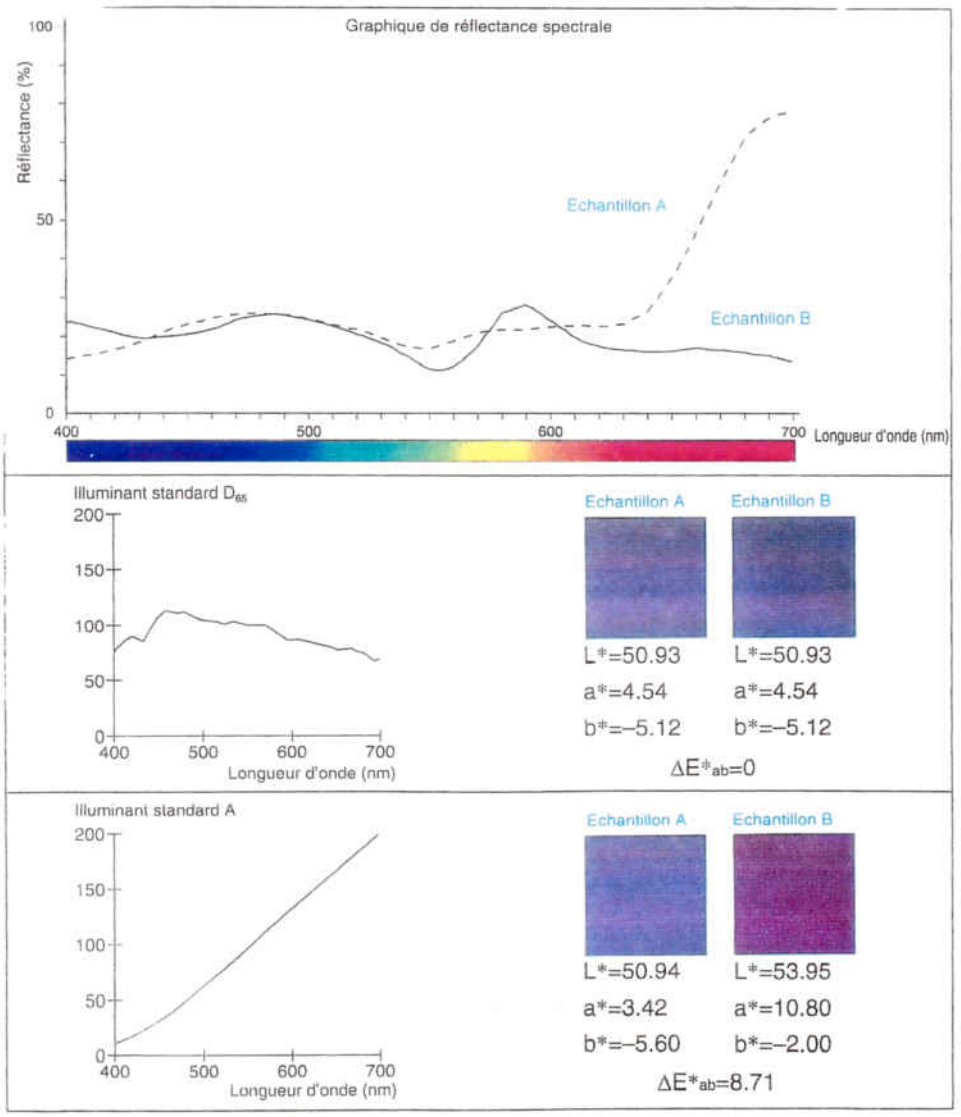
La visión del color tiene como característica fundamental lo que conocemos por metamerismo, consiste en la posibilidad que tiene el sistema visual humano de ver iguales dos colores que difieren en su composición espectral. Si esto es así, entonces se dice que los dos colores son metámeros[5,8,10]. (Figura. 2)

El metamerismo encuentra su primera explicación a nivel receptivo. Para ello conviene recordar el principio de univarianza de Naka-Rushton, según el cual las señales generadas en los fotorreceptores no están etiquetadas conforme a la composición espectral de la luz que les llega, es decir, el impulso nervioso obtenido no lleva información de la composición espectral de la luz que lo generó. Según esto, dos estímulos de color de distinta composición espectral pueden generar las mismas señales a la salida de los tres tipos de conos y, en consecuencia, ser indistinguibles para el observador[6].

El Índice de Rendimiento de Color (IRC) es un buen método para conocer la capacidad de una fuente de luz para la discriminación colorimétrica. Consiste en hallar las diferencias de color de objetos en distintas bandas espectrales según se observen bajo una luz estándar (iluminante C o D_{65} de la CIE) o bajo otra fuente de luz. Si las diferencias de color son muy grandes el IRC de la fuente de luz que comparamos al iluminante estándar será bajo. El IRC tiene un rango de 0 a 100, y no hemos de aceptar fuentes de luz por debajo de 90 si pretendemos contrastar correctamente los colores, sin efectos metaméricos[6].

Sin embargo, se han de hacer estudios específicos, utilizando sólo los colores que se han de discriminar en la industria de que se trate[9], ya que la sensibilidad del ojo no es la misma para todos los colores[8], y a veces un IRC de 94 nos reproduce algo peor los colores que uno de 92 en la práctica[8,10,5].

Figura. 2- Metamerismo.



3.2. VISIÓN ANÓMALA DEL COLOR

Hay dos causas por las que podemos tener una percepción defectuosa del color. Por un lado es posible que el cerebro confunda su percepción del color. De otra parte puede haber verdaderas patologías a nivel del ojo[5,8,10,11].

3.2.1. NOMENCLATURA DE LA CEGUERA AL COLOR Y TIPOS

La clasificación más común de los tipos de ceguera a los colores se basa en la teoría de los tres receptores. Algunos, individuos son completamente ciegos para ciertos colores, mientras que otros sólo muestran cierta dificultad en reconocerlos.

Para nombrar estos trastornos se han definido unos prefijos y sufijos que atienden por una parte al tipo de cono afectado (radiación no detectada) y al hecho de que el trastorno sea ceguera total o dificultad en reconocer el color. Previamente se definirán los siguientes conceptos: (Tabla I)

Tabla I

Significado de los sufijos y prefijos en las anomalías del color.

Sufijos	
ANOMALÍA	Dificultad en reconocer un color primario
ANOPIA	Ceguera para un color primario

Prefijos	
Prot-	Defecto en el sistema receptor del rojo
Deuter-	Defecto en el sistema receptor del verde
Trit-	Defecto en el sistema receptor del azul

Según los individuos sean capaces de percibir correctamente (o con anomalías) los tres colores, dos de ellos o uno sólo distinguiremos:

3.2.1.1. TRICRÓMATAS

Los individuos con visión normal para los colores y aquellos con protanomalía, deuteranomalía y tritanomalía se denominan tricrómatas porque todos ellos poseen los tres sistemas de conos, si bien alguno de ellos puede ser débil. Estos individuos pueden imitar artificialmente todos los colores por la mezcla aditiva de tres luces espectrales[12].

Pero los tricrómatas anómalos de una mezcla de verde y rojo para obtener el amarillo, añaden o un exceso de verde (deuteranomalía = debilidad para el verde, que es el trastorno más frecuente) o un exceso de rojo (protanomalía = debilidad para el rojo). Es decir, estos individuos no aceptan las mezclas de colores ajustadas para los tricrómatas normales:

3.2.1.2. DICRÓMATAS

Son individuos con sólo dos sistemas de conos funcionales, pudiendo padecer protanopia, deuteranopia o tritanopia, según cual sea el tipo de conos no funcional. Son capaces de comparar su espectro coloreado (distinguir las distintas sensaciones cromáticas) por la mezcla de sólo dos luces espectrales[12,13].

Podemos distinguir:

3.2.1.2.1.CEGUERA PARA EL ROJO Y EL VERDE.

Es el tipo de ceguera más conocido. Se llama también daltonismo debido al famoso químico inglés John Dalton, quien decía de sí mismo que era incapaz de distinguir entre una hoja de laurel y un sello de lacre[12].

Si faltan los conos que captan el color rojo, la luz de 525 a 625 nm sólo puede estimular los conos sensibles al verde. Por tanto, la proporción de estimulación de los diferentes conos no cambia cuando se modifica el color verde, siguiendo todo el espectro hacia el rojo. En consecuencia dentro de esta amplitud de onda, todos los colores parecen ser iguales para la persona afectada[12].

Los ciegos para el rojo verde, designan como amarillo al espectro por encima de 500nm y, por debajo de 500nm, como azul de diferente luminosidad. Entre ambas regiones, designan al espectro como blanco (punto neutro).

Por otro lado, si faltan los conos sensibles al verde, los colores que van del verde al rojo pueden estimular únicamente los conos sensibles al rojo y la persona percibe sólo un color dentro de estos límites. Así, cuando a una persona le faltan los conos del rojo o del verde, se dice que es ciega para el rojo y el verde pero si resultan anormales uno o varios tipos de conos, funcionando en parte, se habla de debilidad para los colores[12].

La ceguera para el rojo y el verde se manifiesta como ceguera para el rojo (protanopia) o para el verde (deuteranopia). En la protanopia, el espectro está acortado en la región de onda larga y en la deuteranopia en la de onda media. En este último caso, la persona tiene un espectro visual perfectamente normal en su anchura, porque los conos del verde, ausentes, operan a mitad del espectro, donde también son activos los conos de rojo o azul.

3.2.1.2.2. CEGUERA PARA EL AZUL

Una forma más rara de dicromasia es la ceguera para el azul y amarillo (tritanopia). Los tritanopes poseen dos puntos neutros (450 y 750 nm). Las luces entre estas longitudes de onda las ven verdes, y en el extremo de onda larga, rojas[12].

Los conos sensibles al azul, ausentes o débiles en este caso, son sensibles a una amplitud del espectro casi totalmente diferentes de las de los conos sensibles al rojo y verde. De aquí, que si hay ausencia total de receptores al azul, la persona mostrará una preponderancia mayor de verde, amarillo, anaranjado y rojo en su espectro visual, más que de azul (sólo en la pequeña zona de intersección).

Los sistemas dicromáticos pueden ser considerados como formas de reducción del sistema tricromático, en los cuales el componente ausente (rojo o verde), es idéntico a otro (verde o rojo). Esta hipótesis de desplazamiento, que ha sido confirmada por casos de ceguera parcial, unilateral, para los colores, explica la sensación de blanco en los dicrómatas, cuando son estimulados con la misma intensidad los tres componentes[12].

3.2.1.3. MONOCRÓMATAS

Sólo tienen un sistema de conos. Comparan su espectro visible variando la intensidad de un sólo color. Aparentemente los monocrómatas únicamente ven el negro, blanco y tonos de gris intermedios, son pues ciegos para todos los colores, por lo que se los llama también acrómatas.

No obstante, la acromatopsia total es rara. Cabe por otro lado, distinguir la pérdida aislada de la visión de los colores, con una función en lo demás normal de los aparatos de la visión diurna y crepuscular (monocromáticos de los conos) de la forma con visión diurna defectuosa (monocromáticos de los bastones), fotofobia y menor poder

de resolución. En la forma mencionada al principio de la acromatopsia, el máximo de sensibilidad espectral corresponde a 530 nm (receptor para el verde) y en los monocrómatas de los bastones a 498 nm (máximo del espectro de absorción de la rodopsina) [12].

3.3. PRUEBAS DE LA CEGUERA AL COLOR

Las pruebas para descubrir la ceguera al color dependen de la capacidad del sujeto para distinguir diversos colores entre sí y también juzgar correctamente el grado de contraste entre los mismos.

Por ejemplo, para saber si una persona es o no ciega para el rojo y el verde, colocará juntos los colores amarillo, anaranjado, verde-amarillento y rojo, y, si padece el defecto, considerará que es el mismo color.

Aunque existen muchos tipos de pruebas, las más conocidas son la comparación de madejas de colores, y las cartas de Ishihara[12].

En la primera de ellas se le dan al sujeto unas madejas de hilaza y se le pide que extraiga las que coinciden con ellas cromáticamente, de un conjunto de otras madejas de diversos colores[12].

Las láminas de Stilling e Ishihara, forman unos números que a base de manchas de diversos colores, que serán vistos como números diferentes según los perciban personas con diferentes pérdidas funcionales de conos[12].

3.4. HERENCIA DE LA CEGUERA A LOS COLORES

Los trastornos de la visión de los colores, son la mayor parte de las veces congénitos, y se observan en aproximadamente el 10% de la población, pero sólo en menos del 1% en las mujeres.

La deuteranomalía, es la forma más común, siguiéndole la deuteranopía, la protanopía y la protanomalía. Estas anormalidades son heredadas como caracteres recesivos y ligados al sexo, y se deben a un gen mutante en el cromosoma X.

Puesto que todas las células masculinas con excepción de las germinativas, contienen un cromosoma X y un cromosoma Y, además de los 44 cromosomas somáticos, la ceguera a los colores se hallará en los varones si el cromosoma X contiene el gen anormal.

Aproximadamente en uno de cada 50 casos, el cromosoma X carece del gen que determina la visión del rojo. En casi 1 de cada 16 carece del gen para el verde, y muy raramente carece del gen para el azul. Esto significa, que el 2% de todos los varones son ciegos para el rojo (protanopes) y el 6% son ciegos para el verde (deuteranopes) y que hay un total de aproximadamente el 8% de todos los varones que son ciegos para el rojo y para el verde.

Por otra parte, como las células femeninas tienen 2 cromosomas X, y el alelo mutante es recesivo, las mujeres sólo mostrarán el defecto cuando ambos cromosomas X contengan el gen anormal (1/250=0.4%) las niñas que desciendan de un varón con ceguera a los colores, serán portadores del trastorno, y transmitirán el defecto a la mitad de sus hijos varones. Por tanto, la ceguera a los colores salta generaciones, apareciendo en los varones de cada segunda generación[12].

3.5. CEGUERA A LOS COLORES

Aproximadamente un 8% de la población masculina tiene una anomalía en la percepción del color, mientras que la población femenina se ve afectada en un grado mucho menor (0,1%).

La saturación y la iluminación desempeñan un papel importante en la función de esa anomalía tan frustrante. La mayoría de la gente con visión anómala del color no es consciente de su defecto. Las facultades de Odontología deberían emplear alguno de los procedimientos de cribaje para identificar a los estudiantes que tengan alguna anomalía de la visión, ya que ciertas asignaturas del currículum se basan en parte, en la capacidad de los individuos para la discriminación del color[6].

Una vez hallado el defecto, aquellos con visión anómala pueden ser más conscientes de su estado y tomar medidas para evitar resultados erróneos al interpretar los colores. Entre estas medidas se incluyen la aplicación juiciosa de los principios del color, el entrenamiento (aunque los estudios al respecto son contradictorios)[39] y, la ayuda de una segunda opinión, como la de la asistente del consultorio dental, para verificar la elección del color[5,40].

La Asociación Dental Americana (ADA), en su sesión anual de 1981, incluyó un test de la visión: El test de Dvorine que consiste en 15 imágenes con múltiples círculos de distintos tamaños y coloreados en verde y rojos representando números con más círculos de fondo en otros colores. Los círculos son de diferentes luminosidades para eliminar la posible identificación de un número por esas diferencias. Se observan durante un máximo de 5 segundos bajo luz de día producida por un fluorescente. Se considera normal un individuo que falle hasta 2 identificaciones; entre 2 y 4 errores el individuo tiene una leve alteración ; de 5 a 11 ésta es moderada; más de 11 se considera una anomalía severa[6,14].

Los resultados de una estadística publicada en 1985, tras cuatro años de revisión a los profesionales de la Odontología en USA, permiten afirmar que hay más anomalias severas que leves[6,14].

También se estudió en 670 participantes la agudeza visual. Los valores de agudeza visual se dan en la notación de Snellen en la que 20/20 significa que el sujeto puede leer letras que dan un ángulo de 5 minutos a una distancia de 20 pies. Números más elevados representan menor agudeza visual. Como se deduce de los resultados el 94.8% de los participantes fueron varones y sólo el 5.2 % fueron mujeres. Solamente un 0.1 % de éstas tenían una anomalía, mientras que en los hombres se confirmaron un 9.7 %. No se encontraron dependencias significativas entre la edad y las alteraciones en la visión del color. Sí se encontraron entre la edad y la agudeza visual disminuciones significativas de esta última.

Los sujetos que se detectaron con alteraciones de la visión del color fueron sometidos a un nuevo test más específico: los círculos pseudoisocromáticos de IgakuShoin, que determinaron que el 64.3% presentaban una deuteroanomalía (ligera tendéncia hacia el rojo de la sensibilidad retinal) y el 28.6% fueron clasificados como protanómalos (ligera tendéncia hacia el azul). En dos sujetos no se llegó a ninguna conclusión clara.

Así las tendéncias de las anomalías en la visión del color suelen suponer pérdidas en la cantidad de colores que se pueden distinguir. En particular, la población con defectos en el eje rojo-verde (por otra parte los más frecuentes) se ha demostrado que tienen una pérdida de la capacidad de discriminar en la zona amarilla (verde-amarilla a amarillo-rojiza). Esto se debe al desplazamiento de su región habitual de 575-595 nm, a 520-700 nm en los deuteranómalos y a 500-650 en los protanómalos[14].

Un detalle interesante es que las alteraciones en la percepción de los colores no afectan a su "value" o luminosidad -que es lo considerado más importante para la

estética-, sino exclusivamente a su "hue" o matiz y a su "chroma" o saturación, por este orden[15].

4. CONDICIONANTES DEL COLOR

4. CONDICIONANTES DEL COLOR

La Comisión Internacional de Iluminación (CIE), en 1970, adoptó la siguiente definición de color percibido: "Color es el aspecto de la percepción visual mediante el cual un observador puede distinguir diferencias entre dos campos del mismo tamaño, forma y textura tal que puedan ser debidas a diferencias en la composición espectral de las radiaciones relacionadas con la observación[6]".

Como vemos el color no solamente es dificil de definir verbalmente y objetivamente sino que además tiene muchos condicionantes que determinan su percepción. La CIE sugirió en 1978 el estudio concreto[16] de los 10 factores influyentes, como parte de una importante recomendación para coordinar las investigaciones en materia de evaluación de diferencias de color. Muy recientemente también la CIE ha recogido[17] el estado del conocimiento actual sobre la influencia de algunas de estas condiciones experimentales (efectos paramétricos) sobre la evaluación de diferencias de color.

Las condiciones experimentales (efectos paramétricos) cuya incidencia sobre la evaluación de diferencias de color han sido propuestas por la CIE (Robertson, 1978)[16] son:

1.- Tamaño de las muestras.
2.- Nivel de iluminancia.
3.- Separación de las muestras.
4.- Textura.
5.- Color del campo circundante.
6.- Factor de luminancia.
7.- Tamaño de la diferencia de color (ΔE).
8.- Variabilidad de observador.
9.- Duración de la observación.
10.- Visión monocular o binocular.

Cuando decidimos el color de una prótesis que vamos a elaborar, muchos factores entraran en juego y tenemos que controlar todos los factores variables posibles para conseguir el éxito en nuestro trabajo, y conseguir que las restauraciones protésicas no se diferencien de sus contralaterales.

Un estudio de Kawaragi y colaboradores demostró que el 80% de las restauraciones anteriores se diferenciaban de sus contralaterales[10]. Nuestro objetivo ha de ser la disminución de este alto porcentaje de fracasos estéticos.

Biblioteca
Ciencias de la Sa
CAMPUS DE BELLVITGE

5. ¿QUÉ PARÁMETROS PERMITEN CLASIFICAR LOS COLORES?

5. ¿QUÉ PARÁMETROS PERMITEN CLASIFICAR LOS COLORES?

Antes de ver la forma de clasificar los colores debemos aclarar si lo que pretendemos definir son luces o pigmentos, ya que podemos definir como color reflejado el originado cuando el objeto refleja su color y absorbe los demás (pigmentos); y color transmitido como aquel color resultante de la luz transmitida por el objeto.

Por tanto, en función de la mezcla que efectuemos, podemos hablar de :

Mezcla aditiva[18]: Producida al mezclar luces de distintos colores. En realidad no son colores sino luces de esos colores.

En esta mezcla aditiva consideramos colores espectrales primarios, colores espectrales secundarios, y colores complementarios.

Son colores espectrales primarios el rojo (723-647 nm), el verde (573-492 nm), y el azul (492-450 nm), porque sumados en ciertas proporciones dan la sensación de blanco o la de cualquier otro color del espectro, así como el púrpura.

Son colores espectrales secundarios los colores que resultan de la combinación de dos colores primarios. Son el azul oscuro, el amarillo y, el magenta o púrpura rojizo.

Son colores complementarios aquellos colores distintos cuya luz, mezclada en proporción adecuada, da la sensación de blanco. Todos los colores del espectro tienen su complementario, del que los separa un cierto intervalo. La excepción es el verde, cuyo color complementario, el púrpura no existe en el espectro.

La mezcla de dos colores del espectro separados por un intervalo menor que el de los complementarios crea un nuevo tono, intermedio entre ambos. Así el rojo con el amarillo da el anaranjado y el rojo con el azul el amarillo.

Si dos colores están más alejados que los complementarios, originan el púrpura. Este tono que no existe en el espectro se obtiene mezclando el rojo con el violeta (extremos del espectro visible).

Serie acromática

Se designan a sí a las sensaciones de blanco y negro y, a la serie intermedia de grises, que se deben a la mezcla de blanco y negro en proporciones variables. La sensación de blanco deriva siempre de la fusión de radiaciones en proporción adecuada. Puede obtenerse mediante la resíntesis del espectro solar a través de un prisma, por la suma de los tres colores primarios, o por fusión de dos complementarios[18].

Mezcla substractiva[18]: Se produce cuando se mezclan pigmentos. Cada pigmento refleja su propio color y absorbe los demás, por lo tanto la mezcla absorberá los colores de cada uno y reflejará los colores sobrantes. El color resultante es el color no absorbido.

En esta mezcla substractiva también consideramos pigmentos primarios, pigmentos secundarios, y pigmentos complementarios.

Se denominan pigmentos primarios el magenta, el amarillo y el azul porque a proporciones adecuadas a partir de ellos tres podemos obtener todos los colores de la naturaleza. Ninguno de los tres se puede obtener por la mezcla de los otros dos.

La suma de los tres pigmentos primarios da el color negro. Corresponden a los colores espectrales secundarios.

Como pigmentos secundarios clasificamos a los colores que resultan de la combinación de dos pigmentos primarios. Son el verde, el violeta y el naranja. Corresponden a los colores espectrales primarios.

Si mezclamos pigmentos primarios y secundarios obtenemos colores terciarios.

Los colores complementarios son aquellos pigmentos que mezclados en proporción adecuada, dan gris. Todos los pigmentos tienen su complementario, del que los separa un cierto intervalo, así del amarillo lo es el violeta, del rojo el azul, y del verde el magenta[18].

Aludiendo a lo manifestado por el Comité de Colorimetría de la Sociedad Óptica de América: "La ciencia del color es más un programa de investigación que una doctrina de conocimiento ". El color es difícil de estudiar por lo que siempre ha sido importante tener alguna clasificación que permita su manejo de forma científica[19].

El objetivo de la Colorimetría va a ser introducir un método de mesura del color que permita asignar una magnitud medible a cada uno de los atributos perceptivos y, además, determinar el color, en general, mediante números que permitan su especificación en un espacio de representación.

5.1. El SISTEMA MUNSELL

El método más popular de describir el color es el sistema Munsell, que a pesar de tener ciertos inconvenientes se emplea ampliamente en la literatura dental.

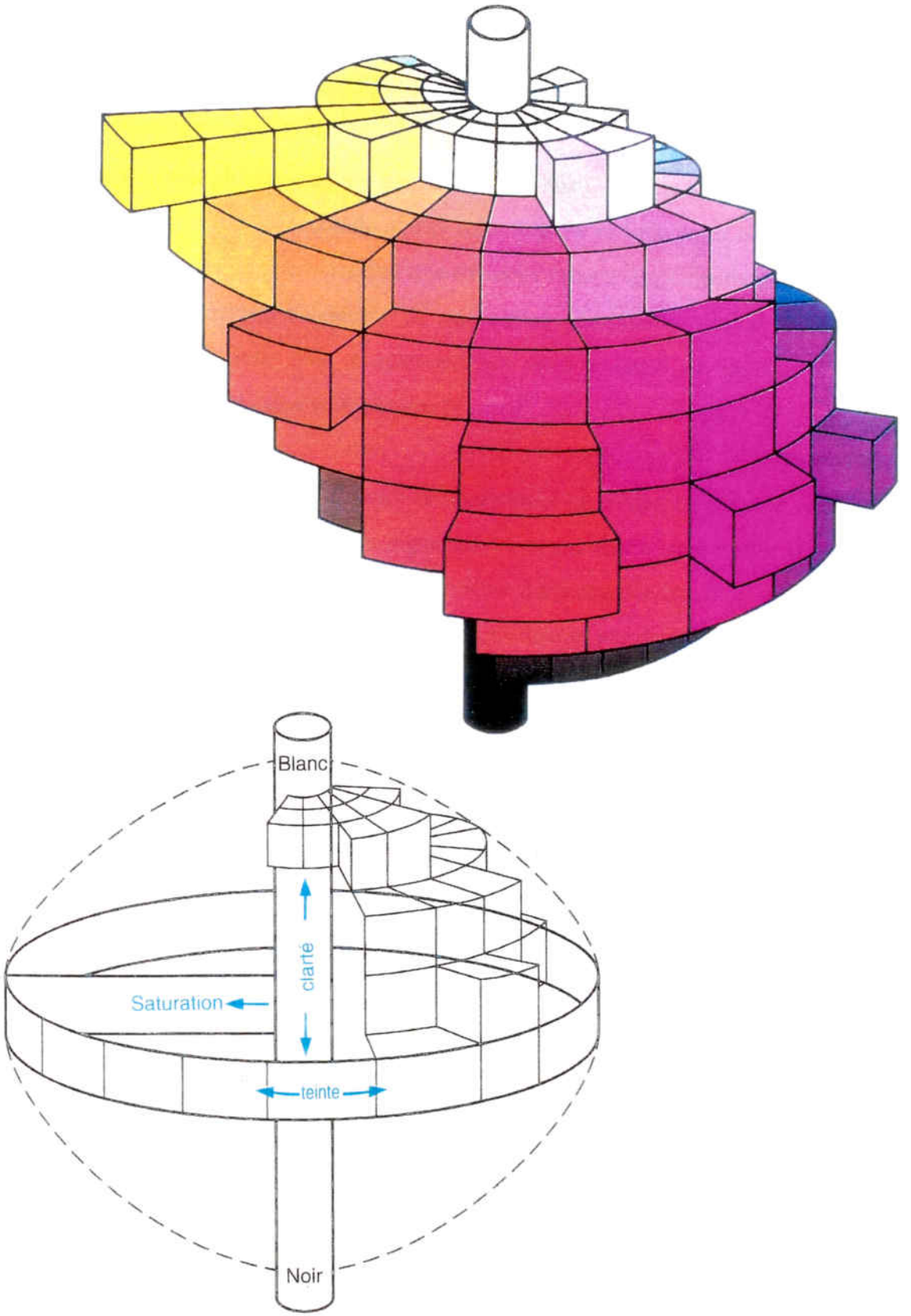
Albert H. Munsell fue un profesor de pintura cuya afición, no muy frecuente en los artistas, de expresar científicamente los parámetros de los elementos que utilizaba para su trabajo y, sobre todo, para enseñar a sus alumnos, le hizo desarrollar un sistema que hoy, tras una importante evolución, se utiliza ampliamente y, sobre todo, en los Estados Unidos[1].

En este sistema los tres atributos del color se denominan "hue", "value" y "chroma", que podríamos traducir por matiz, luminosidad y saturación. (Figura. 3)

Matiz (Hue) es la variedad particular de un color, tono o tinte. El matiz de un objeto puede ser rojo, verde, amarillo, etc. y está determinado por la longitud de onda reflejada y/o transmitida observada. Cuanto más corta sea la longitud de onda, más cerca se encontrará el matiz de la porción violeta del espectro; cuanto más larga sea, más cerca estará de la porción roja.

En el sistema de color Munsell, los matices se dividen en 10 graduaciones: amarillo, amarillo-rojo, rojo, rojo-púrpura, púrpura, púrpura-azul, azul, azul-verde, verde y verde-amarillo. Todos ellos se disponen en una rueda. Cada graduación se subdivide; por ejemplo, el rojo se puede escribir 1R, 2R, 3R,...9R, 10R seguido por 1YR, 2YR, 3YR,...9YR, 10YR, etc; y estos también se pueden subdividir. Así un matiz particular puede ser 4,3Y ó 8,1 YR (La mayor parte de los dientes naturales se incluyen entre el amarillo y el amarillo-rojo. Varía según autores, pero se puede marcar un intervalo de matices entre 6YR y 9,3 YR).

Figura.3- Sistema Munsell de ordenación de los colores.



Luminosidad (Value) se define como la claridad u oscuridad de un color o su brillo. El brillo de un objeto es consecuencia directa de la cantidad de energía lumínica que el objeto refleja o transmite. Es posible que dos objetos de matices diferentes reflejen la misma cantidad de fotones y en consecuencia tengan el mismo brillo.

En el método Munsell de descripción del color, la luminosidad se divide en 10 graduaciones correspondiendo el 0 al color negro y el 10 al color blanco. Los dientes naturales tienen una luminosidad que oscila de manera amplia entre (el 4 y el 8). La luminosidad es probablemente la más crítica (demasiado alta y la restauración parecerá falsa; muy baja y aparecerá sin vida) y difícil de obtener de las tres características del color en el sistema Munsell[19].

Saturación (Chroma) de color es la intensidad de un matiz, que sería equivalente a hablar de concentración de un pigmento: el mismo matiz puede estar más o menos diluido dando un color más o menos intenso. La saturación máxima varía de un matiz a otro, pero, puede oscilar de 10 a 14. (Los dientes naturales se encuentran con una saturación de color que oscila entre 0 y 7)[20].

La ley que establece los distintos pasos para cada uno de los colores fue fijada psicológicamente, esto es: establecida una diferencia tipo, las sucesivas fueron evaluadas por observadores. Esto se realizó empíricamente al comienzo, y posteriormente se llevó a cabo una "renovación" para ajustar esos valores a una escala psicofísica más ajustada y más objetiva dando lugar a la creación del sistema CIE[5,8,14,11,13,20,21].

5.2. EL SISTEMA DE LA CIE (Commission International de l'Eclairage)

La Comisión Internacional de l'Eclairage (CIE) se ha dedicado a la estandarización de los diferentes factores que intervienen cuando se aplica la luz y el color en la ciencia, la industria y el arte.

En este siglo, desde la primera reunión de la CIE, en París (1924), las investigaciones y los descubrimientos en materia de color se sucedieron sin interrupción.

Abney, Guild, Wright, Stiles, Crawford en Inglaterra, Le Grand en Francia, Judd, Nimeroff, Mac Adam, Nickerson, y muchos otros permitieron que la ciencia del color alcanzara su estado actual[8].

Los siguientes congresos de la CIE fueron delineando las pautas a seguir por los investigadores. De ese modo, se definió en 1931 el "Observador Patrón de Colorimetría para un campo foveal", en 1955 el "Observador Patrón para visión escotópica ", en 1963 el "Observador Patrón de Colorimetría para un campo visual amplio" y en 1967 el "Espacio de Cromaticidad Uniforme CIE", entre otras resoluciones[8].

Si alguna tríada escogida de luces base (digamos un rojo, un verde y un azul de composición conocida) fuera usada para reproducir algún color de ejemplo, entonces dicho color podría ser definido en términos de cantidades de los tres estímulos base. Estas tres cantidades (valores triestímulos) darían una localización tridimensional del color formado por ejes representando los tres estímulos base.

En 1672 Newton implementó la idea de que las mezclas de colores podían ordenarse en un espacio de color tricromático: es decir, tres colores pueden formar cualquier color. También se ha verificado en la práctica que cualquier color puede ser

creado a partir de los tres primarios convenientemente elegidos. Este principio fundamental es la base de toda la colorimetría[8].

¿Qué colores se consideran primarios convenientes?. Son convenientes aquellos suficientemente luminosos (Luminosos significa aquí una evaluación teniendo en cuenta la curva de visión fotópica) y que a la vez sean independientes entre sí.

La característica del sistema humano de visión del color que nos muestra que cualquier color puede ser igualado por una suma de tres primarios se denomina trivarianza cromática.

La posibilidad de obtener igualaciones metámeras de cualquier estimulo de color a partir de la suma de otros tres, denominados primarios, hace posible la Colorimetría y se basa en las Leyes de Grassmann (1853) de las igualaciones de color[12]. Éstas, en su forma actual son las siguientes:

1.- Si un estímulo de color A iguala a otro B, y un estímulo de color C iguala a otro D, entonces la mezcla aditiva de A y C, iguala a la mezcla a aditiva de B y D[8]. Lo esencial de esta primera ley es que existe una y solo una combinación de tres primarios que iguala perceptualmente cualquier color real.

2.- Si el estímulo de color A iguala al B, y la mezcla C iguala a la mezcla D, entonces el resultado de quitar A de C, iguala al resultado de quitar B de D[8].

3.- Si el estímulo de color A iguala al estímulo B, al incrementar o disminuir por un factor constante el flujo radiante de ambos, sin alterar las composiciones espectrales relativas de ambos, la igualación se mantiene. En base a la tercera ley de Grassmann se construyen toda la estructura técnico científica de la colorimetría actual[8].

Como vemos estas leyes son lineales. Las dos primeras de aditividad y la tercera de proporcionalidad. Es preciso indicar que se cumplirán bajo determinadas condiciones

experimentales de observación, y que, si éstas cambian, pueden dejar de mantenerse. Por ejemplo, la ley de la proporcionalidad puede fallar si paso de condiciones de baja iluminación al deslumbramiento[8,11,13].

A finales de 1920 Guild, del National Physical Laboratory de Teddinngton en el Reino Unido, y Wright, del Imperial College de Londres, llevaron a acabo investigaciones independientes y suficientemente rigurosas en grupos de observadores normales (siete el primero y diez el segundo), estableciendo los valores experimentales de las magnitudes de los primarios que igualaban los colores espectrales[19].

El experimento consistió en presentar a los observadores radiaciones espectrales suficientemente puras a intervalos regulares del espectro visible, que cada uno tenía que igualar con los tres estímulos de referencia, hallando para cada observador un conjunto de funciones que los caracterizaba.

Las condiciones previstas por la CIE eran que debían referirse a un campo visual global, que el nivel debía ser fotópico y que los estímulos de referencia debían ser radiaciones espectrales de 435,8: 546,1 y 700nm (Los primarios utilizados por Wright fueron 460, 530 y 650 nm . Los de Guild 450, 537 y 630 nm. Así los resultados no eran equivalentes. Sin embargo, aceptando las leyes de Grassmann se puede hallar el modo de transformar las funciones medidas experimentalmente a cualquier otro sistema basado en otros primarios diferentes de los estímulos de referencia utilizados para medir en la práctica por un simple cálculo maticial. Así ambos autores pudieron presentar sus resultados de forma equivalente)[6].

La CIE adoptó los datos experimentales de Wrigth y de Guild aceptando así el sistema RGB (Red, Green, Blue) del Observador Patrón para colorimetría que rige desde 1931 pero debe notarse un detalle, y es que aparecen colores negativos en las potencias de radiancia.

¿Qué significa un color negativo? Física y psicológicamente carece de sentido. Es sólo una forma matemática de representar un hecho real. Debido a la carencia de sentido físico de los valores negativos, la CIE, decidió modificar el sistema de representación de modo que los valores fueran siempre positivos, ya que esto aumentaba los errores en los cálculos (que en la época se realizaban a mano) y dificultaban el diseño de ingenios integradores.

Otro problema que decidió a la CIE a optar por otro sistema más práctico fue la necesidad de evaluar la luminosidad de la muestra, puesto que a pesar de que existía, no había forma directa de evaluarla sin añadir más cálculos.

5.2.1. El sistema XYZ de la CIE

Por tales razones la CIE recomendó la adopción de un nuevo sistema basado en tres colores primarios ideales -no reales- obtenidos mediante una transformación matricial que diera como resultado que todo el espacio en que tiene lugar la representación de los colores reales fuera positivo, los tres colores primarios son denominados X, Y, Z[8].

Hasta ahora hemos considerado solamente la colorimetría de las fuentes de luz y no de los objetos iluminados. Aquí habremos de considerar un nuevo factor que es la fuente que ilumina al objeto y su distribución espectral, ya que esta puede modificar el color del objeto[8].

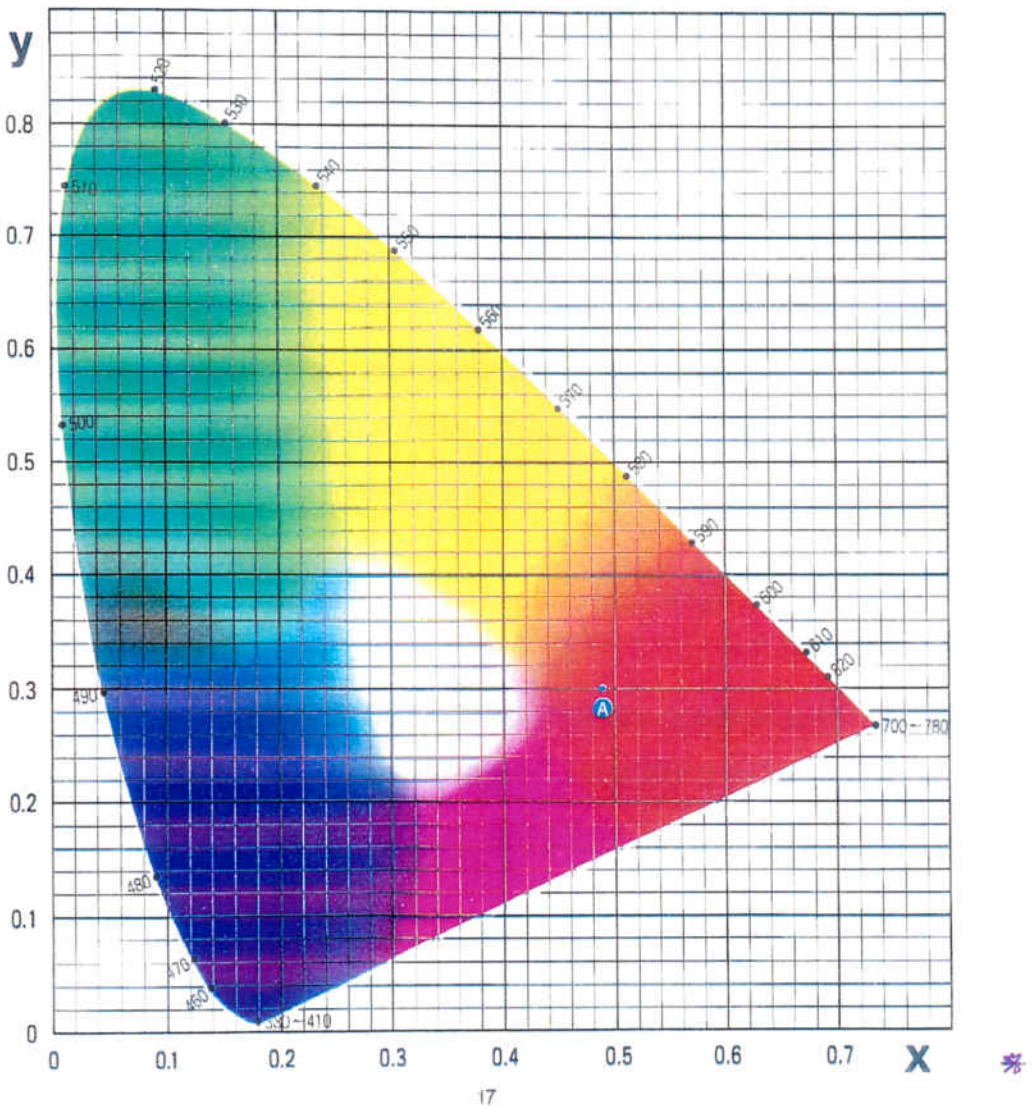
Por otro lado, la muestra coloreada puede reflejar o transmitir -o ambas cosas a la vez- el flujo radiante que incide sobre ella. Por lo tanto existen funciones características de cada material que se representan mediante curvas de transmitancia o de reflectancia espectral, que dependen sólo del material y no de la composición espectral de la radiación incidente.

Para los objetos translúcidos y transparentes se obtienen las mismas expresiones pero substituyendo la reflectancia por la transmitancia.

En el sistema de la CIE (X,Y,Z) de colorimetría es ventajoso poder separar el espectro fotométrico (luminosidad) del aspecto cromático (tono y saturación). Este último esta representado por la cromaticidad (x,y), donde las coordenadas x e y están definidas como: (Figura. 4)

$$x = X/(X+Y+Z);\ y = Y/(X+Y+Z)$$

Figura. 4- Diagrama de cromacidad x,y.



17

5.2.1.1. REPRESENTACIÓN TRIESTIMULO DEL COLOR

Llamamos valores triestímulo a las cantidades de cada primario necesarias para igualar un color dado.

Supongamos un color Q cuya radiancia espectral es R. Según las leyes de Grassmann un observador podrá obtener este color mezclando, en proporciones adecuadas, los tres colores primarios. Una forma de representar dicho color Q sería dar los números que nos indican la cantidad de cada primario necesaria para obtener como mezcla aditiva (valores triestímulo).

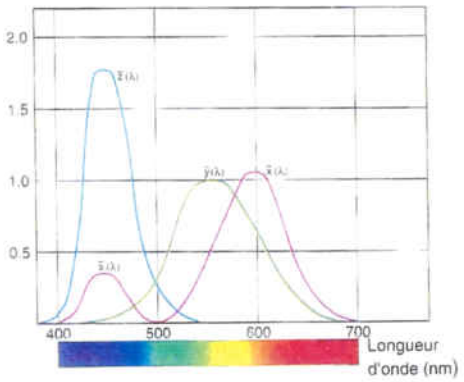
Ahora bien, estos números serán distintos dependiendo de los primarios que se utilicen y del observador que realice la igualación, por ello, si queremos especificar un color de una forma "universal", debemos comenzar por fijar estos dos aspectos.

En cuanto a los primarios, tomaremos los propuestos por la CIE: (X), (Y) y (Z).

En cuanto al observador, lo ideal es tomar uno que represente a toda la población, por ello, tomaremos el conocido como "observador patrón", que es el resultado del promedio de las igualaciones que realizan los observadores con visión normal del color. Para caracterizarlo definiremos las conocidas como funciones de mezcla x_l, y_l, z_l, que representan los valores triestímulo que el observador patrón daría con el conjunto de primarios (X), (Y), (Z), de las luces espectrales, todas ellas tomadas con igual energía radiante. (Figura. 5)

El tercer aspecto a tener en cuenta es la distribución espectral del iluminante definido en este caso con una S.

Figura. 5- Sensibilidad espectral correspondiente al ojo humano (Observador Estandar 1931 de la CIE).



UNIVERSITAT DE BARCELONA
Biblioteca
Àrea de Ciències de la Salut
CAMPUS DE BELLVITGE

Fijados estos aspectos, determinaremos los valores triestímulo del color Q, para el conjunto de primarios de la CIE y el observador patrón, mediante las fórmulas:

$$X = \Sigma\, S\, R\, x_l$$

$$Y = \Sigma\, S\, R\, y_l$$

$$Z = \Sigma\, S\, R\, z_l$$

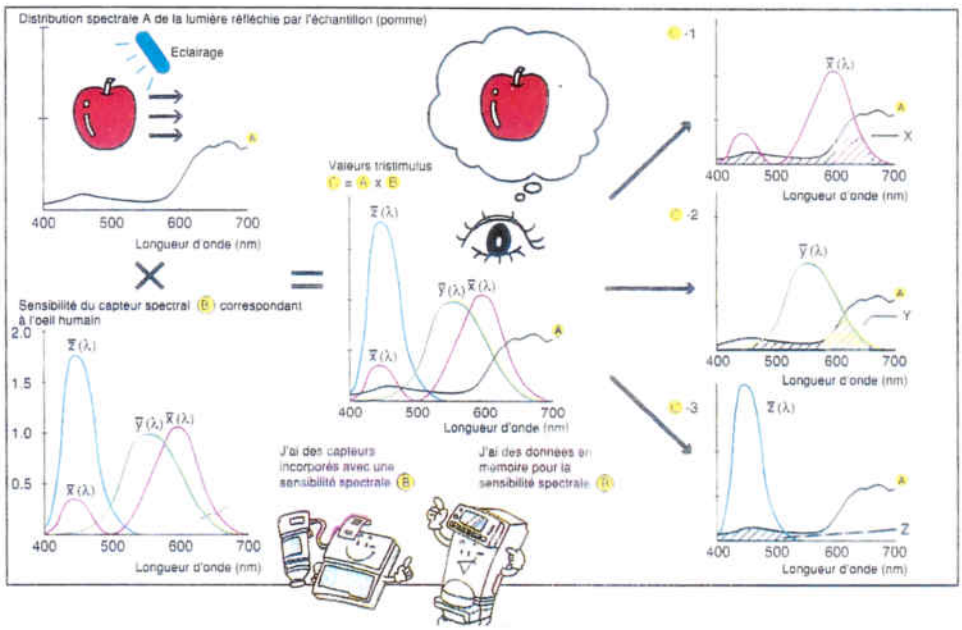
La sumatoria indica que lo que se hace, es sumar los productos de los valores de la radiancia y la función de mezcla correspondiente para las longitudes de onda del espectro visible (380-760 nm). Para ello hará falta conocer los valores de estas funciones y de la radiancia a intervalos de 5 o de 10nm. Es decir, en 380, 385, 390, 395, ..., 750, 755, y 760nm, o bien en 380, 390, 400, ..., 750 y 760 nm. (Figura.6)

Una vez conocidos los valores triestímulo de un color, podemos calcular lo que llamamos coordenadas de cromaticidad definidas como:

$$x = X/(X+Y+Z);\quad y = Y/(Z+Y+Z)$$

Normalmente especificaremos un color por sus coordenadas de cromaticidad (x,y) y por el valor de triestímulo Y.

Figura. 6- Valores triestímulos en las mediciones del color.

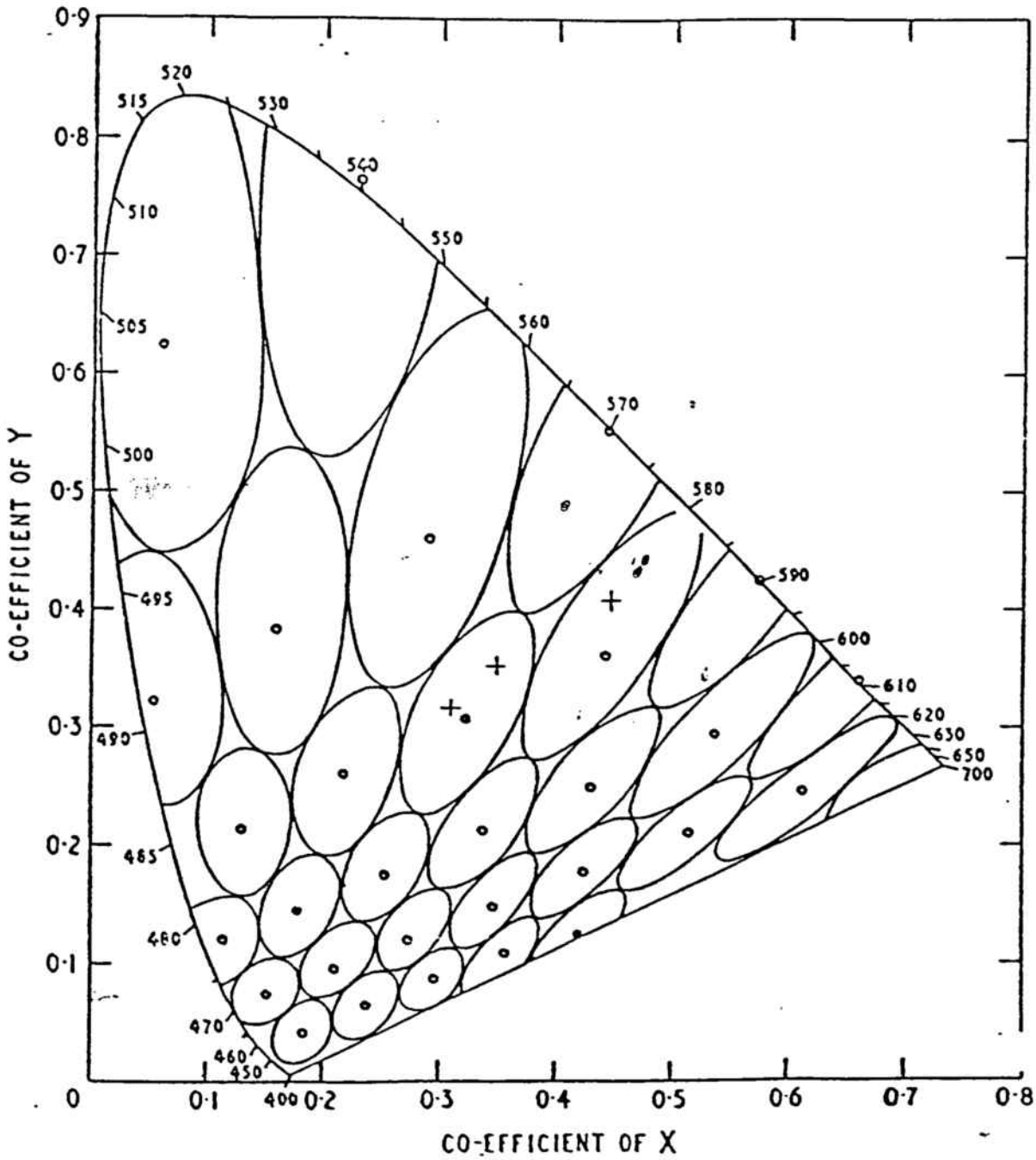


La problemática que surge es que si bien es un buen sistema para representar gráficamente el color, iguales incrementos de distancia en cualquier dirección en el diagrama de cromaticidad no suponen iguales diferencias perceptuales de color. Podemos observarlo gráficamente con las elipses de Mc Addam, donde dentro de cada una de las elipses no existen diferencias en la percepción visual del color[12]. (Figura. 7)

Las necesidades surgen pues, de que iguales incrementos de distancia en cualquier dirección en el diagrama de cromaticidad no suponen iguales diferencias perceptuales de color.

Esto es importante dado que desde el punto de vista "clínico", antes que medir un color, debemos determinar las magnitudes de las diferencias respecto un color de referencia o patrón. Ante esta falta de uniformidad subjetiva, provocó que la CIE sugiriera un nuevo sistema métrico: $L^* a^* b^*$.

Figura. 7- Elipses de Mc. Addam .



5.2.2. El SISTEMA CIE-LAB DE DIFERENCIAS DE COLOR

Este sistema se basa en una transformación no lineal del sistema (X,Y,Z) aceptado en 1978. Aquí las diferencias entre dos colores se calculan con una fórmula que nos da la distancia fisica que hay entre ambos en el espacio de cromaticidad $L^* a^* b^*$[6].

El sistema CIELAB tiene una ventaja sobre el sistema Munsell: distancias iguales en el espacio de color representan aproximadamente gradaciones percibidas de forma equivalente.

Los tres atributos de color son : L^*, a^* y b^*.

L^* es una variable lumínica proporcional al brillo o luminosidad del sistema Munsell.

a^* y b^* son coordenadas de cromaticidad aunque no se relacionan con los del sistema Munsell.

La coordenada a^* corresponde al eje rojo-verde (o más específicamente al eje rojo-purpura-verde) en el espacio de color Munsell. Una a^* positiva se relaciona con un color predominante rojo-purpura mientras que una a^* negativa designa un color que es más azul-verde.

De forma semejante, la coordenada b^* corresponde al eje amarillo-azul (o amarillo-purpura-azul) (Figura. 8). El sistema se dispone de tal forma que una diferencia de color de 1 se puede percibir por el 50% de los observadores con la visión del color normal[8].

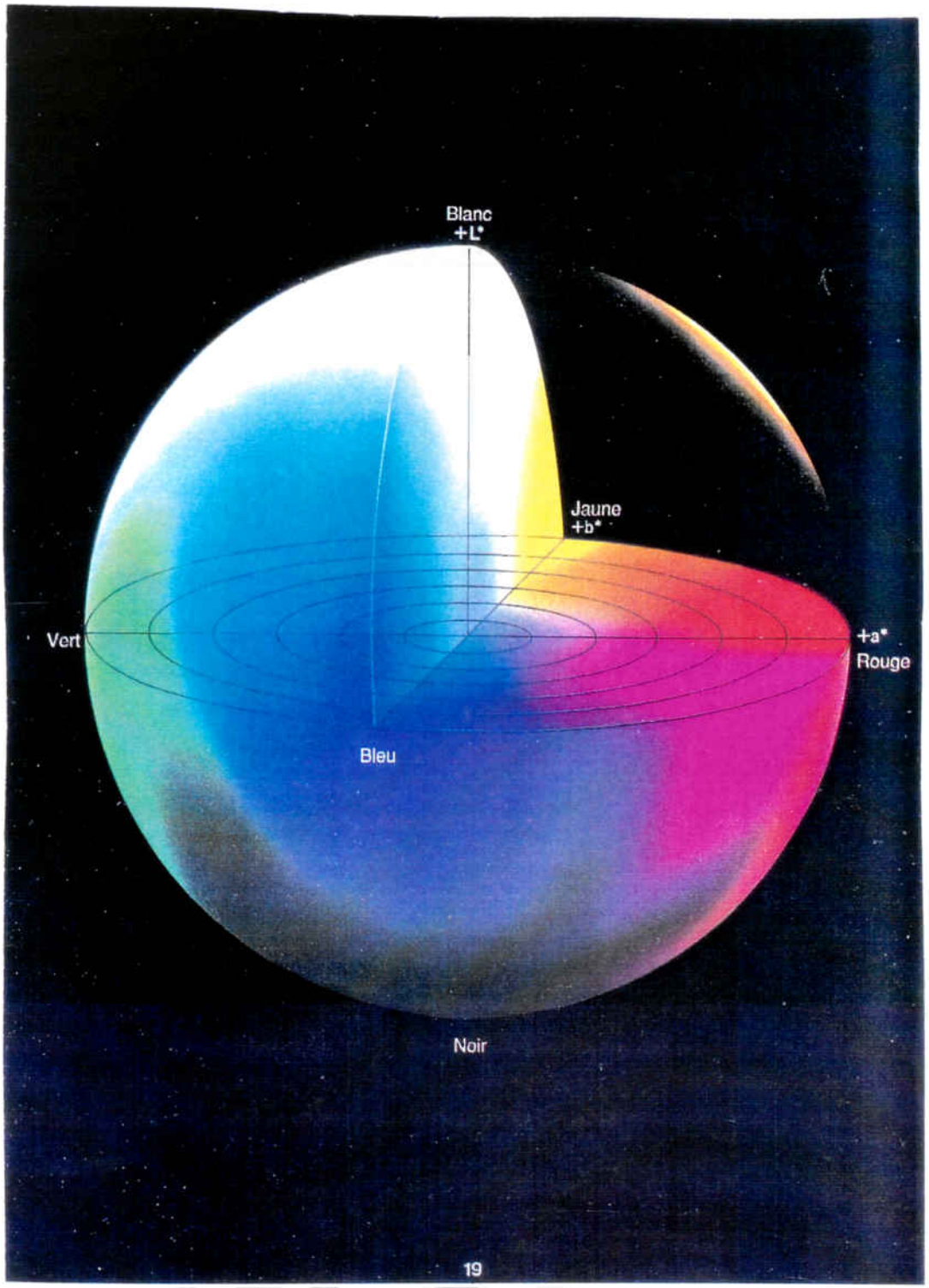
Las guías de colores dentales tradicionalmente se definen en términos de "hue", "value" y "chroma" del sistema de Munsell. Sin embargo, las diferencias de color

propuestas por la ADA están dadas en el sistema CIE L*a*b* (la ADA admite una tolerancia de ΔE de 2 para las guías de colores)[22].

O' Brien en 1990 propuso una fórmula para la transformación de diferencias de color del sistema Munsell al sistema CIELAB (para saber, por ejemplo, si una cerámica puede ser utilizada en lugar de otra sin que haya diferencias apreciables). La diferencia promedio entre el valor estimado de diferencia de color (ΔEM) con la nueva fórmula y el calculado de ΔE con el sistema CIE L*a*b*, para diferencias de color menores a 4.0 era de 0.41 unidades[23]. Este error es relativamente bajo si tenemos en cuenta que la precisión con que un espectrofotómetro avanzado mide el color de las guías para el cálculo de ΔE es de 0.50 unidades[24].

Esta ecuación de O'Brien es útil para saber si las diferencias entre dos tipos de porcelanas de distinto color (que se nos darán en parámetros Munsell) serán intercambiables: con un ΔE menor a 1.0 la diferencia será prácticamente inapreciable. Si la diferencia ΔE es de alrededor de 2.0 será clínicamente aceptable, quizás precisando un mínimo de maquillaje posterior. Con más de 3.7 unidades de diferencia habremos de esperar unos resultados clínicos muy pobres[25].

Figura. 8- Representación L*a*b* (CIE 1976).



6. MEDICIÓN DEL COLOR

6. MEDICIÓN DEL COLOR

En la actualidad el control colorimétrico de los productos de mercado constituye una parte importante de su control de calidad. Ordinariamente se requiere de una especificación rigurosa del color y de sus tolerancias, conforme a las necesidades y apreciaciones del consumidor, acudiéndose para ello a medidas colorimétricas más precisas que la sencilla referencia a un determinado muestrario o a una carta o sistema de ordenación de color[26].

Este hecho es particularmente evidente en el caso dede la Odontología, donde si no hay una reproducción suficientemente fidedigna del color pueden aparecer graves problemas con relación a la demanda del paciente[1].

Sin embargo actualmente puede decirse también que el control colorimétrico es prácticamente imprescindible para casi todos los productos del mercado de nuestro entorno.

Cuando hablamos de diferencias de color entre un par de muestras conviene hacer ya desde ahora una importante distinción entre la diferencia visualmente percibida (ΔV) y la diferencia calculada numéricamente (ΔE), a partir de las coordenadas de cromaticidad y luminancia de cada una de dichas muestras.

En efecto, un observador con visión normal del color puede hacer, por distintos procedimientos, un juicio sobre la diferencia de color ΔV que percibe entre dos muestras. Por otro lado existe también la posibilidad de medir el color de cada una de esas muestras y, en función del resultado obtenido, hacer un cálculo de la diferencia de color ΔE, empleando para ello lo que se denomina una "fórmula de diferencia del color ".[27]

Lo ideal sería que nuestra medida del color de cada muestra nos permitiera conocer con precisión la diferencia de color percibida entre un par de muestras. De esta forma, el control de las tolerancias de color podría hacerse automáticamente con gran simplicidad a partir de la medida instrumental de ΔE, sin necesidad de recurrir al juicio subjetivo ΔV de un grupo de observadores normales, o al de un cierto observador experto (colorista), como hay que hacer normalmente han la actualidad.

Pues bien, por desgracia, los actuales sistemas de especificación del color no nos permiten lograr este objetivo y ni siquiera que ΔV y ΔE estén medianamente bien correlacionados (en el sentido estadístico del término), para todas las situaciones de interés práctico que se plantean[28].

Como es sabido el color de los objetos opacos que usualmente observamos es el resultado de la reflexión (difusa/especular) de la luz con que son irradiados. Por tanto, dicho color depende básicamente de tres factores:

De las características de la fuente que ilumina, de la propia naturaleza de la superficie del objeto irradiado y, por último, de la sensibilidad espectral específica del receptor, en nuestro caso el ojo humano (caracterizado mediante las llamadas "funciones de mezcla de color " : x, y, z). [23]

Precisamente estos tres factores son los que intervienen en el cálculo de los denominados valores triestímulo X, Y, Z, mediante sumatorias extendidas a todo el espectro visible (380 nm $<\lambda>$760 nm).

Este sencillo esquema es de una gran importancia y utilidad, constituyendo la base de la colorimetría actual, tal como la propone la Comisión Internacional de Iluminación (CIE)[30].

Los valores triestímulos X,Y,Z son de hecho el punto de partida usual para la mayoría de los trabajos colorimétricos modernos.

Sin embargo, y a pesar de ello, no cabe ocultar que el color percibido de un objeto es realmente el resultado de un proceso bastante más complejo que el descrito por este simple esquema.

En efecto, como cualquier otra sensación que recibe el ser humano, el color percibido es probablemente el resultado de diversos factores y variables (además de los tres antes citados), siendo aún muchos de ellos muy poco, o nada conocidos.

De esta forma, y por desgracia, los actuales modelos de visión del color se suelen ver forzados a incorporar numerosas suposiciones y constantes, no fundamentadas de forma totalmente rigurosa y como, consecuencia, encuentran también no pocas dificultades a la hora de adaptarse y explicar nuevos fenómenos perceptivos diferentes de aquellos para los que fueron diseñados.

No se trata, sin embargo, de concluir que es inútil la especificación del color a través de los valores triestímulos que propone la colorimetría CIE, incluidas las funciones de mezcla de los observadores patrón, con toda la polémica que suscitan[31]. Aunque la colorimetría clásica tenga algunas limitaciones[32] la clave del problema está más bien en la distinción que realiza Wyszecki[33] con extraordinario acierto entre "colorimetría básica" y "colorimetría avanzada".

Según Wyszecki la colorimetría básica es la colorimetría de las igualaciones, es decir una herramienta para predecir cuándo dos estímulos con diferente distribución espectral tienen el mismo color bajo unas ciertas condiciones de observación.

Por el contrario, la colorimetría avanzada trata sobre los métodos para evaluar la apariencia de color de los estímulos, presentados ante el observador bajo condiciones experimentales complejas, como suele suceder en la vida ordinaria.

Si coinciden los valores triestímulos X,Y,Z de dos muestras, un observador promedio con visión normal del color debe observar colores iguales, conforme a los postulados de la colorimetría básica. Sin embargo, si los valores triestímulo difieren y no se observan colores iguales, los valores triestímulo no están preparados para dar información sobre la magnitud de la desigualdad.

En otras palabras, el problema que nos ocupa de evaluar la diferencia entre dos estímulos es un problema típico de colorimetría avanzada, en el sentido que Wyszecki da ese término, la resolución del problema acudiendo a los valores triestímulos, como si se tratara de un problema de colorimetría básica, no va a ser suficiente.

No existen sin embargo métodos específicos o peculiares para resolver los múltiples problemas que plantea la colorimetría avanzada. Antes bien lo más razonable, si queremos mantenernos dentro del rigor físico y matemático, se deberá partir de la especificación del color mediante los valores triestímulo usuales X,Y,Z, de tanta utilidad en la colorimetría básica. Por lo que se refiere a nuestro problema, la cuestión es lograr, a partir de los valores triestímulo de dos muestras, una expresión o fórmula de diferencia de color que nos suministre una buena medida (ΔE) de la diferencia percibida (ΔV).

Históricamente dentro de las experiencias sobre evaluación de diferencias de color los denominados umbrales de discriminación cromática han tenido una gran transcendencia, que se mantiene aún en la actualidad[28].

Desde los trabajos pioneros de Wright[34] o Mc.Adam[35] empleando colorímetros visuales, hasta los más recientes trabajos con objetos de color, como la recopilación de Luo y Rigg[36], son muchos los resultados experimentales sobre umbrales de discriminación de color. Dichos trabajos han contribuido decisivamente a analizar y/o proponer numerosos sistemas de representación del color y nuevas fórmulas de diferencia de color.

Puesto que el ojo tiene una capacidad de discriminación limitada cabe definir el umbral diferencial de color de un cierto estímulo como la zona del espacio de color que engloba todos los estímulos que son indiscernibles de aquél dado, para un observador con visión normal del color. Lo más usual es caracterizar estas zonas del espacio mediante elipsoides (o también elipses, si nos restringimos a un plano de iluminancia constante)[27].

La elección de estas geometrías está movida no sólo por los resultados experimentales en sí mismos, sino también por su simplicidad matemática y principalmente, por hacer posible fácilmente la comparación entre los resultados obtenidos por distintos autores.

En cualquier caso, la forma de los umbrales diferenciales de color varía, también, según el sistema de representación elegido. Sería muy deseable poder disponer de un sistema de representación tal que los umbrales de discriminación de todos los estímulos fueran esferas/circunferencias de un mismo tamaño. Ese sistema, que llamaríamos "uniforme", parece estar bastante lejos de los actualmente empleados, incluidos los que recomienda la CIE (CIELAB), según diversos estudios realizados[37,38].

En realidad, podría decirse que los umbrales son simplemente un tipo particular de diferencias de color: lo que pudiéramos llamar diferencias mínimas apreciables o también diferencias justamente perceptibles (IND), empleando un término tradicional en este campo.

Este tipo de diferencias tiene sin embargo en la práctica un gran interés (superior al de las llamadas "grandes diferencias de color", que aparecen en los atlas o sistemas de ordenación del color), pues suministran valiosa información sobre los mecanismos responsables de la visión del color y sobre las tolerancias aplicables en problemas reales.

La dispersión de resultados experimentales, como consecuencia de la multiplicidad de métodos de obtención y de condiciones experimentales de trabajo, es también un problema que afecta al campo de los umbrales de discriminación de color.

En cualquier caso, es evidente la utilidad y la necesidad de obtener nuevos umbrales de color, bajo planteamientos experimentales rigurosos, conforme a las indicaciones de la CIE[39] a fin de poder alcanzar mejores fórmulas de diferencia de color[28].

En el sistema CIELAB la diferencia de color ΔE entre dos muestras se calcula a partir de las coordenadas de dichas muestras (L*, a*, b*) como una sencilla distancia euclídea, o si se prefiere, como el resultado de las contribuciones de las diferencias en luminancia ΔL*, croma ΔC* y tono ΔH*: (Figura. 9)

$$\Delta E = ((\Delta L^*)2 + (\Delta a^*)2 + (\Delta b^*)2)1 / 2$$

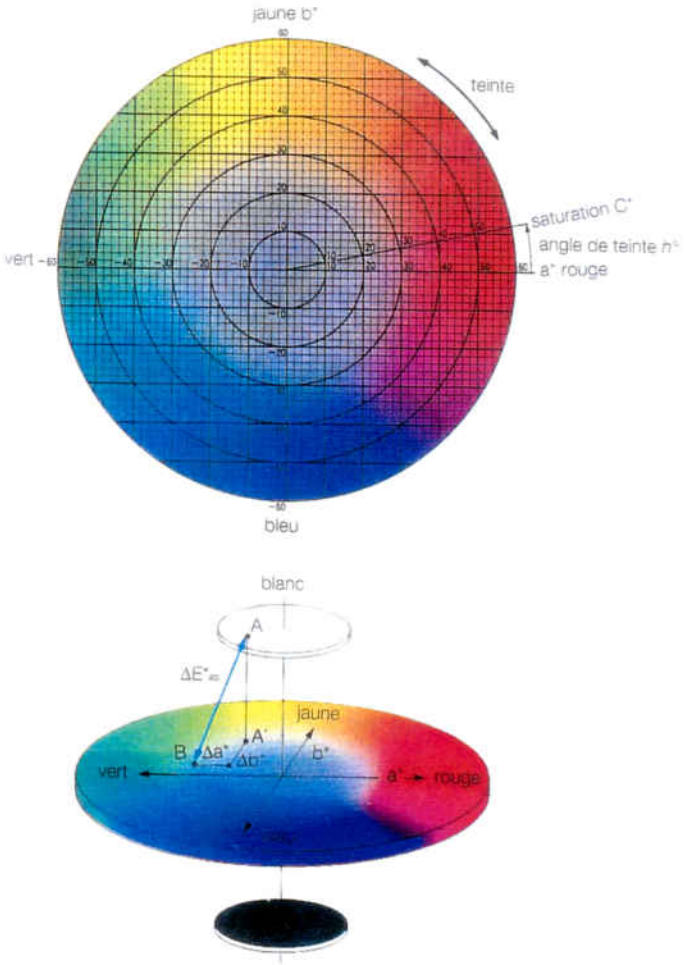
Esta última forma de entender la diferencia de color CIELAB resulta particularmente intuitiva y útil para muchas personas, pues se basa directamente en los tres atributos clásicos de la percepción cromática: claridad, saturación y tono. En 1976 la propia CIE, llevada por los resultados de varias investigaciones, apuntó la posibilidad[28] de que la correlación con los juicios visuales de diferentes experimentos podría ser mejorada al ponderar con factores apropiados cada una de esas tres contribuciones (ΔL*, ΔC*, ΔH*) a la diferencia de color ΔE.

Así, según los diferentes estudios[40] el tamaño medio correspondiente a las elipses de MacAdam es de 0.73 unidades CIELAB, siendo éstas unas diferencias de color muy pequeñas (justamente perceptibles), muy por debajo de las permitidas ordinariamente en la industria .

Teniendo en cuenta que el sistema Munsell pretende tener sus muestras equiespaciadas perceptivamente, se intuye la baja correlación existente con los resultados ΔE de las diversas fórmulas de diferencia de color. En este sentido la CIE dio un paso importante en 1976 al recomendar el sistema de representación del color aproximadamente uniforme, que usualmente se designa como CIELAB, con sus respectivas fórmulas asociadas de diferencia se color.

A pesar de que en trabajos de diferentes autores han surgido criticas con fundamento hacia diferentes aspectos del sistema CIELAB, es preciso también reconocer que son muy escasas las propuestas alternativas que han tenido eco en la comunidad científica. Concretamente el sistema de representación CIELAB presenta indudables atractivos. a pesar de sus inconvenientes (e.g. falta de uniformidad), que han dado lugar a su difundido uso y a que en realidad casi todas las fórmulas de diferencia de color con interés actual estén basadas única y exclusivamente en él.

Figura 9- Representación gráfica de la Diferencia de color (ΔE) en el Sistema CIELAB



6.1. MEDICIÓN INSTRUMENTAL DEL COLOR

Disponemos de dos tipos de aparotología para poder medir de una forma objetiva el color, y aunque se basan en el mismo principio, utilizan procesos diferentes para determinar los parámetros que definen el color. Los dos tipos de aparatologia son:

- Espectrofotómetro.
- Colorímetro.

6.1.1. ESPECTROFOTÓMETRO

Mide longitudes de onda a través de todo el espectro visible para cualquier luz reflejada o transmitida que le llega. Hoy en día poseen un ordenador asociado que trata los datos obtenidos (originalmente se limitaba a suministrar una curva que nos daba la intensidad fotométrica para cada longitud de onda).

Básicamente consiste en un monocromador (sistema óptico basado en un prisma refractor o en una rejilla difractora) y en un motor que selecciona las longitudes de onda a pequeños intervalos; poseen además un fotómetro que mide la intensidad de la luz que recibe. Se puede seleccionar la amplitud del espectro que queremos medir, el tamaño de los intervalos entre longitudes de onda, el tipo de iluminación y la geometría de observación.

Los espectrofotómetros suelen suministrarse como aparatos para la medición de luz transmitida, pero se pueden acoplar complementos para la medición de luz reflejada (que es lo que nos interesa más en Odontología) como la esfera integradora para las geometrías 0°/difusa o difusa/0°, y colector de espejo anular para la geometría 0°/45°.

Los inconvenientes que poseen los espectrofotómetros para ser usados en la consulta odontológica empiezan en el precio: son sumamente caros (del orden de varios millones de pesetas incluso los más sencillos).

Además son incómodos de utilizar en vivo (están hechos para colocar una pequeña muestra) o incluso inviables (pensemos en la toma de color de un molar).

Tardan varios minutos en tomar el color y otro tanto en suministramos los resultados (esto es función del número de longitudes de onda que hayan de registrar y de la precisión del aparato).

Los resultados que nos da un espectofotómetro (curva espectral) no son directamente utilizables por nosotros o el técnico de laboratorio.

Se están intentando solucionar estos inconvenientes, pero generalmente el hacerlo en uno supone empeorar el otro. Por ejemplo hay aparatos más rápidos: unos por medio de múltiples fotodiodos miden todo el espectro a la vez evitando el tiempo de barrido, pero entonces se encarecen notablemente; otros, en lugar de un monocromador utilizan un número de filtros fijo leyendo sólo dos o tres decenas de longitudes de onda rebajándose el precio, pero entonces la precisión disminuye y el mantenimiento se complica ya que la durabilidad de los filtros en el tiempo es limitada.

En cuanto a la forma en que se obtienen los resultados, el asociar un ordenador al espectrofotómetro se abren múltiples posibilidades: curvas de intensidad espectral, sistema RGB, sistema XYZ, sistema CIELAB e, incluso, sistema de coordenadas de Munsell.

De todos modos, hoy por hoy, no es viable el uso práctico y de rutina de los espectrofotómetros para la clínica general o la del prostodoncista. Sí son de sumo interés para los estudios en el laboratorio de muestras de cerámicas, de guías de colores, de dientes extraídos (en algunos casos sin extraer), donde la precisión que nos da es lo que más interesa[13].

6.1.2. COLORÍMETROS

6.1.2.1. COLORÍMETROS VISUALES

Los colorímetros visuales pretenden facilitar el emparejamiento de colores mediante la medición del color problema y del color estándar seleccionado para que de una manera más cómoda se mejore la capacidad discriminatoria del color. La selección del color se realiza por medio de luces de colores primarios que manipulamos hasta que su mezcla se iguala al color problema.

Se han adaptado, por medio de la fibra óptica, colorímetros visuales a las tareas dentales. Van der Burgt propone un sistema que además obviaría un problema llamado "perdida marginal" [41].

Como ya se mencionó anteriormente la luz que el diente recibe es en parte transmitida, en parte absorbida y en parte reflejada, tanto en forma especular como de forma difusa. Pero una parte de la reflexión difusa tiene un desplazamiento lateral.

Si aplicamos un aparato de medición sobre el diente con una ventana pequeña habrá perdidas de la luz que penetra en el esmalte por culpa del desplazamiento lateral: son las "pérdidas marginales". Por ello pueden haber alteraciones en el "value" o luminosidad del color del diente. Y si tenemos en cuenta que el desplazamiento lateral (igual que las propiedades difusoras generales del esmalte) son función de la longitud de onda, podemos deducir que unas longitudes sufrirán mayor desplazamiento que otras y por tanto mayor perdida marginal: encontraremos también alteraciones del "hue" o color propiamente dicho.

Esto se puede obviar por medio de separar la medición (que se hará por medio de una ventana pequeña) y la iluminación (que se hará de manera amplia)[42].

Este principio de medición a distancia también permite la medición del color en su ambiente bucal, es decir, con la influencia que tienen la encía, los labios, el fondo de la boca, etc., sobre el color del diente. También podríamos aplicar este principio a la espectofotometría de reflexión obteniéndose la telespectrofotometría de reflexión aunque hoy por hoy no se utiliza demasiado; y esto permitiría a su vez utilizar esferas integradoras de gran tamaño sin que interfiriesen con el paciente [13].

El mismo autor, que defiende los colorímetros visuales con el sistema de iluminación de campo amplio y detección a través de una pequeña ventana, realizó un trabajo en 1985 (Burgt) en el que defiende este sistema para la toma estrictamente visual del color[43].

Los colorímetros visuales se ven rebasados por los adelantos en la electrónica, ya que el manejo de los primeros requiere entrenamiento (para el manejo de los reostatos de las luces) y toma cierto tiempo, lo cual se evita con los fotoelectrocolorímetros triestímulos que a continuación veremos.

6.1.2.2. FOTOELECTROCOLORÍMETROS TRIESTÍMULOS

Para medir una fuente de luz directamente en términos del sistema CIE (X,Y,Z) de colorimetría, todo lo que se necesita es realizar tres mediciones con fotocélulas a través de tres filtros, cuyas respuestas espectrales sean proporcionales a x(l), y(l), y z(l). En la práctica, se precisa una medida de referencia hecha con una fuente de luz estándar para normalizar la escala. (Figura. 10)

Las limitaciones principales para obtener una elevada precisión en las mediciones con colorímetros las plantea, por un lado, la respuesta espectral de los fotodiodos y, por otro, las imperfecciones en las geometrías de lectura del color.

Un aparato normal suele tener 2 sistemas de filtros para la respuesta de X (debido a la incómoda bilobulación de x(l)) y otros dos independientes para Y y Z.

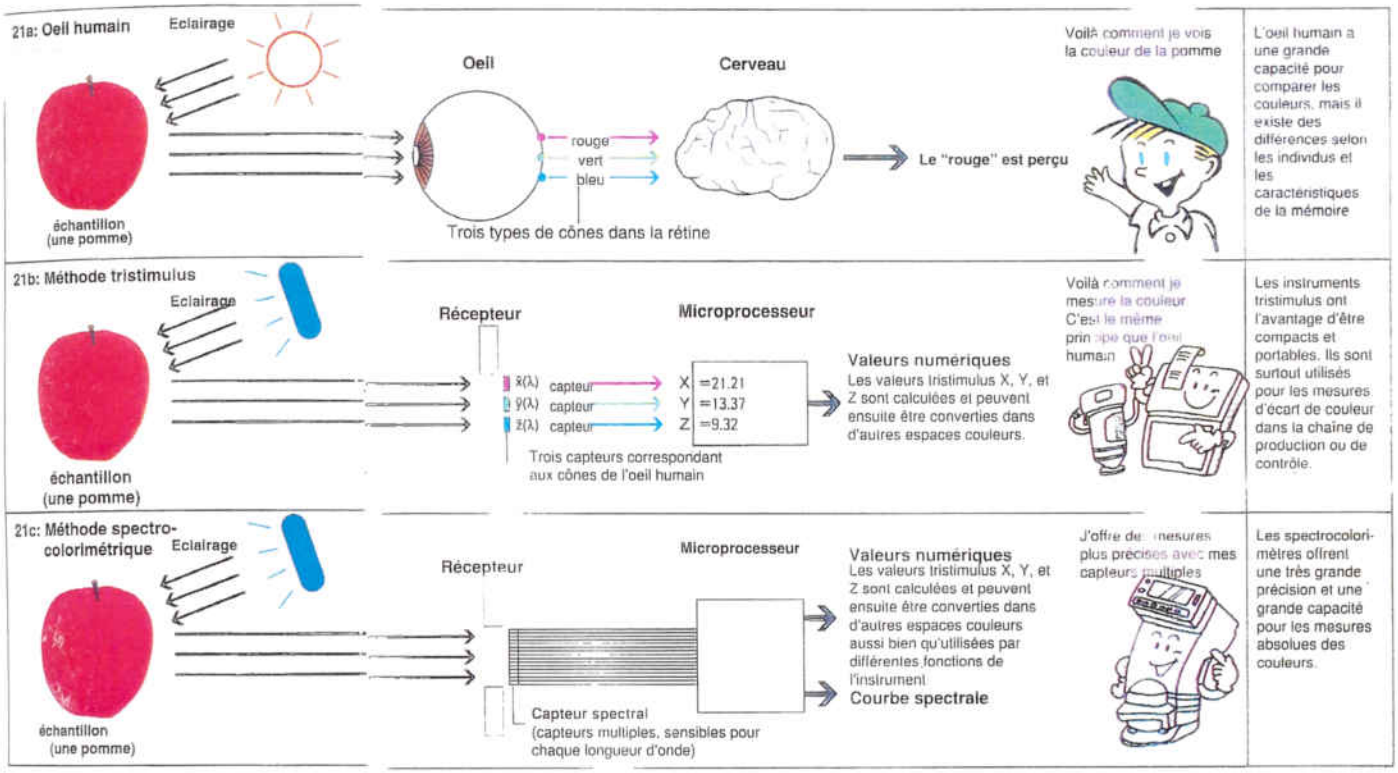
Hay así cuatro sistemas X1, X2, Y y Z. Algunos fabricantes utilizan el filtro Z para medir X2 (la pequeña onda de la distribución de x(1)), utilizando entonces sólo tres sistemas de filtros.

La colocación de los filtros en el aparato pueden estar antes de que la fuente de luz ilumine el objeto tras el objeto iluminado; por último se puede poner un filtro delante de luz, de modo que se transforme en una iluminación estándar, y otro filtro antes de la detección .

Este último método es el que menos aparatos poseen y a su vez el único que no distorsiona los resultados de muestras fluorescentes.

El problema de que no se puede medir de forma directa y con precisión los valores X,Y, y Z con fotocolorímetros triestímulos, no es tal si tenemos en cuenta que nos interesa más la colorimetría diferencial, como ya comentamos anteriormente, es decir, medir diferencias de color más que colores absolutos[6].

Figura. 10- El ojo humano respecto los instrumentos de medición.



6.2. ILUMINANTES ESTÁNDAR DE LA CIE

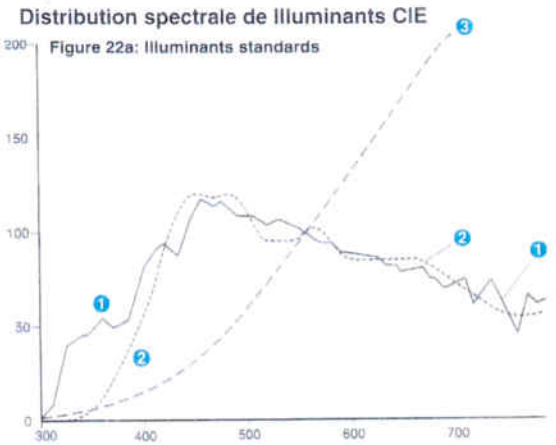
Como ya vimos, cuando estudiamos el color de un objeto en lugar de una fuente de luz, la iluminación del objeto influirá de forma determinante en el color que refleje.

En 1931 la CIE restringió a tres, las fuentes de iluminación estándar: el iluminante A, representante de las lámparas incandescentes; el iluminante B, representante de la luz solar directa; y el iluminante C, que simula la luz natural de un cielo cubierto (Figura. 11).

En 1931 no había datos fiables de la distribución espectral de la luz de día natural.

En 1964, con estudios más precisos, la CIE amplió el número de iluminantes con tres más llamados D_{55}, D_{65} y D_{75}. El D_{65} pretende ser el representante promedio de las condiciones de luz de día natural, y está difundiéndose ampliamente su utilización. Así como los iluminantes A, B y C pueden obtenerse en la práctica por medio de una bombilla y un juego de filtros adecuados[1,6], los iluminantes D55, D65, y D75 no son reproducibles (al menos de forma exacta). Sin embargo su uso se ha extendido ampliamente[44].

Figura 11- Distribución espectral de iluminantes estandards CIE.



1 Illuminant standard D65: Lumière du jour moyenne (comprenant la zone des ultraviolets) avec une température de couleur corrélée de 6504K; utilisé pour mesurer des échantillons qui sont éclairés par la lumière du jour et les rayons ultraviolets.

2 Illuminant standard C: Lumière du jour moyenne (sans la zone des ultraviolets) avec une température de couleur corrélée de 6774K; utilisé pour mesurer des échantillons qui sont éclairés par la lumière du jour dans les limites de la région visible, sans rayons ultraviolets.

3 Illuminant standard A: Lumière incandescente (type tungstène) avec une température de couleur corrélée de 2856K; utilisé pour mesurer des échantillons qui sont éclairés avec des lampes à incandescence.

6.3. GEOMETRÍA DE ILUMINACIÓN Y LECTURA DE LA CIE

Los objetos que se ven por reflexión de luz, pueden ser iluminados por luz direccional desde infinitos ángulos entre 0° (incidencia normal) y casi 90°, o por luz difusa desde un ángulo sólido de 2 esterarradianes (una hemisesfera).

De igual forma, puede ser observado desde infinitos ángulos entre 0° y también casi 90°.

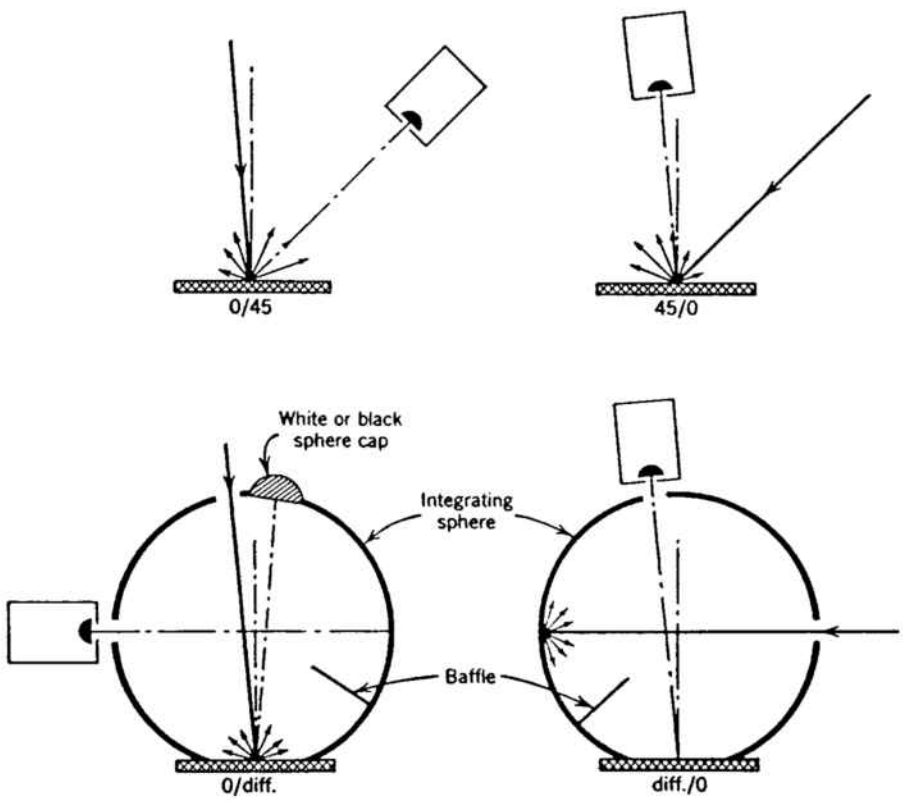
Si todas las muestras que estudiáramos fueran difusores perfectos, lo ideal sería que para cualquier ángulo de incidencia del haz, el flujo reflejado tuviera una intensidad igual y homogénea en todas direcciones, no habría diferencia entre los modos de iluminación y de observación. Sin embargo esto no es así, y menos en Odontología, donde hay fenómenos complejos de reflexión especular, difusa, refracción, etc., tanto en las muestras de cerámica como en los dientes naturales.

Para obviar estos problemas, la CIE recomendó la utilización de unas determinadas geometrías para la toma del color, de modo que una misma muestra no diera diferentes mediciones a causa de las distintas formas de iluminar y observar el objeto.

Con iluminación no-difusa la CIE recomendó en 1931 un ángulo de 0° para el rayo luminoso y 45° para la detección de la luz reflejada o a la inversa.

Para la luz difusa en 1967 recomendó otras dos geometrías: las llamadas 0/difusa y difusa/0, en las que hay iluminación normal y lectura de luz difusa o a la inversa (Figura.12).

Figura .12- Diferentes geometrias de iluminación del sistema CIE.



Cuando medimos el color de objetos rígidos y brillantes, conviene eliminar el componente de reflexión especular, por lo que son estas dos últimas geometrías las que nos interesan para las mediciones dentales[6,44].

El interior de la esfera integradora o de "Ullbricht" está recubierto por una capa que, idealmente, ha de ser un difusor perfecto. La CIE sugirió en 1931 una gruesa capa de óxido de magnesio fresco. Más tarde, debido a la escasa duración de las propiedades del óxido de magnesio (reflexión del 100% de la radiación recibida y de forma difusa independientemente del ángulo de iluminación) de apenas un día, recomendó la utilización estándar del sulfato de bario (que no se oscurece ni amarillea)[6,44].

También de forma ideal, la esfera integradora a de poseer un orificio por donde penetre la luz de un tamaño absolutamente despreciable en comparación a la superficie interior de aquella.

La implementación de las recomendaciones de la CIE para las geometrías de iluminación y detección en los colorímetros comerciales es imperfecta por múltiples motivos (esto también es cierto en el caso de los espectrofotómetros que miden luz reflejada).

Se pueden disminuir los errores a causa de la esfera integradora con el diseño de la misma (gran tamaño, pantallas que eviten la reflexión especular, pequeño tamaño de la fuente de iluminación, aparatos con doble haz luminoso, etc...) pero siempre estaremos fuera de las condiciones ideales.

7. EL COLOR DEL DIENTE

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Biblioteca
Àrea de Ciències de la Salut
CAMPUS DE BELLVITGE

7. EL COLOR DEL DIENTE

Muchos estudios han evaluado el color de un gran numero de dientes naturales utilizando el sistema Munsell[4,45,46] y en ellos se indica que las guías dentales no cubren todo el espectro de color de los dientes naturales. Además los dientes de la guía miden 4 mm bucolinguales, alejándose de la realidad en una restauración metalo-cerámica.

Este alejamiento de las guías de la necesidad real ha llevado a algunos como Muia[47] a desarrollar técnicas de individualización de tomar el color.

Pero pocos laboratorios de prótesis disponen de una guía de color propia de cada estuche de cerámica nuevo o incluso para cada paciente.

Los dos trabajos más clásicos sobre el color en la profesión dental son los de Clark en 1931 y en 1933[48]. Estos trabajos sirvieron de base a los estudios de Sproull[49,50,51] que en 1973 realizó estudios con dientes naturales y con espectofotómetros.

En 1966 Hayashi midió 81 dientes de japoneses in vivo (68 adultos y 13 niños) visualmente por el sistema Munsell[49].

En 1974, Ney recogió 231 dientes recién extraídos de 86 pacientes y fueron leidos usando un espectrofotómetro.

Las conclusiones de un trabajo realizado por Goodking y colaboradores con 2830 dientes anteriores medidos con un colorímetro de fibra óptica fueron las siguientes[52]:

1.- El diente no tiene un color uniforme único.

2.- El tercio medio parece el mejor lugar para medir el color, ya que los tercios gingival e incisal se ven más influenciados por su entorno.

3.- Las mujeres en promedio poseen dientes más claros, menos saturados y menos rojos.

4.- Los dientes tiende a oscurecer y a volverse más rojizos con el paso de los años.

5.- Los caninos son más oscuros que los incisivos y los incisivos inferiores son las piezas más claras de la boca.

Idealmente el dentista debería tener un espectofotómetro conectado a un ordenador, el cual nos diera la mezcla necesaria de polvos de cerámica para conseguir el mismo color[21,50].

Clark[53] listó las características de los dientes que conducen a error en la lectura de los mismos con colorímetros y espectofotómetros, estos son: fluorescencia, metamerismo, no uniformidad en la superficie, no homogeneidad de su estructura interna en capas, translucidez, pequeño tamaño y forma irregular.

La Fluorescencia hace referencia a que cierta zona del espectro electromagnético y remitirla en otra región: es el fenómeno de la fotoluminiscencia. Si la emisión es inmediata a la absorción el fenómeno se llama fluorescencia. Estrictamente hablando, emisión inmediata quiere decir que tiene lugar en menos de 10-8 seg. Si se demora más tiempo la remisión, lo denominamos fosforescencia.

En la práctica podemos hablar de fluorescencia cuando el retraso de la emisión es menor de un milisegundo, ya que ni el ojo ni los aparatos fotoélectricos normales para medir el color pueden distinguirlo.

El problema es que, cada vez más, hoy en día se toma como luz estándar el iluminante de la CIE D62, del que por desgracia es imposible obtener una buena simulación dada su curva espectral especialmente irregular. Para proporcionar unos valores colorimétricos exactos se han de llevar a cabo correcciones que sólo están al alcance de grandes laboratorios. Se precisa además poseer un espectrofluorímetro con una esfera integradora o un anillo colector 0°/45°, y tal equipo no está comercializado actualmente.

Del Metamerismo, del cual ya hemos tratado, podemos añadir que cuando copiamos un color con un material distinto al original, siempre tendremos fenómenos metaméricos. Además del metamerismo cuando cambiamos la fuente de luz (dos colores vistos iguales por el mismo observador son distintos bajo una fuente de luz diferente), también se da el metamerismo del observador: dos colores iguales vistos bajo una misma fuente de luz son distintos a los ojos de dos observadores diferentes.

Existen unos estándar para colorimetría, reduciendo así al mínimo los fenómenos metaméricos. Además, por definición, el metamerismo ocurre en los sistemas de medición trieestímulo (los colorímetros y el ojo humano), y no se da en la medición espectofotométrica del color (la espectrofotometría detecta el metamerismo de dos colores ya que dibuja las dos gráficas espectrales).

El color y su elección se ven altamente influenciados por las condiciones en que lo miremos, la luz, el color de las paredes, la ropa del paciente, el maquillaje, incluso según el ángulo en que miremos el diente[44].

La luz fluorescente tiende a acentuar el rango de los colores azules. La luz incandescente lo hace en el rango de los rojos-amarillos[44].

Para reducir los efectos del metamerismo, el dentista debe evaluar y comparar las visiones del color en diversas luces incidentes. Para estandarizar las condiciones luminosas tanto el Ceramista como el Odontólogo pueden usar luces de corrección del color.

Los objetos translúcidos por su delgadez, pero que poseen una alta capacidad de reflejar difusamente la luz son relativamente fáciles de medir su color (por ejemplo una hoja de papel blanco). Para hacerlo basta con medir la reflectancia poniendo un objeto negro detrás, luego uno blanco y por último poniendo varias hojas a la vez hasta que se transforma en un cuerpo opaco[57].

El problema se complica cuando queremos medir el color de un objeto translúcido, no a causa de su delgadez, sino por su baja difusión de luz. Para ello hemos de tomar la luz que refleja la superficie y la que se escapa por los lados y por la parte posterior: una gran superficie de medición y una pequeña de iluminación.

Respecto a la Estructura interna no homogénea ya sea superficialmente o en profundidad, la distinta estructura interna superficial hace que las mediciones salgan alteradas. Hemos de utilizar el color promedio utilizando un medidor de superficie ancha. Alternativamente podemos medir parte por parte el color de cada zona si podemos apuntar áreas muy pequeñas.

Si la irregularidad interna es en profundidad puede ser regular o irregular. La primera será la estructura lamelar del esmalte dentario, y no tendremos demasiados problemas si medimos una superficie más bien amplia y con luz difusa, ya que se transforma en un patrón ordenado que tiene actividad óptica difusora regular. Más difícil resulta en muestras con distribución irregular en profundidad.

Otros inconvenientes que pueden presentar los dientes son la superficie irregular, el pequeño tamaño de la muestra, y su contorno irregular.

8. HIPÓTESIS DE TRABAJO

8. HIPÓTESIS DE TRABAJO

En nuestra revisión del estado de la cuestión, hemos expuesto las distintas consideraciones y clasificaciones que, a lo largo del tiempo, se han presentado a la comunidad científica internacional para transmitir y describir, de forma concisa, las características del color de los objetos.

Normalmente, tenemos a nuestra disposición distintas aleaciones metálicas que nos permiten realizar estructuras metálicas para soportar la cocción de una cierta cantidad de cerámicas comercialmente disponibles, para la consecución de restauraciones fijas estéticas.

Su elección depende en muchas ocasiones de las características técnicas y de manipulación de estos materiales, puesto que la similitud de los colores a los que imitan se considera inherente a la gama de tonalidades de que dispone la cerámica utilizada.

Sin embargo, la iluminación y el entorno donde se aprecia el color del diente a imitar, o la persona que realiza esta operación pueden variar y ser distintos, respectivamente, en la "toma del color".

Por lo tanto, ante la importancia y necesidad que este aspecto descriptivo tiene en la comunicación entre la clínica odontológica y el laboratorio protésico, nos hemos planteado distintas hipótesis de trabajo que nos permitan, en la medida de lo posible, discernir las variaciones del color de la cerámica dental cuando ésta es fundida sobre una aleación metálica, dado que este proceso es habitual en la elaboración de restauraciones estéticas de prótesis fija.

Por lo tanto partiremos de las hipótesis siguientes:

- Las distintas aleaciones metálicas utilizadas en prótesis fija no tienen incidencia en la variación del color de la cerámica que se fundirá sobre las mismas.

- El grosor de la cerámica hace imperceptible la existencia de una base metálica.

- Una vez determinado el color de la cerámica de una restauración, según una muestra preestablecida, éste será el mismo a pesar de que varie la fuente de iluminación.

9. OBJETIVO

9. OBJETIVO

Ante las hipótesis de trabajo citadas, nuestro objetivo será la comprobación de la consistencia las mismas, mediante el diseño de un método que nos permita evaluar los valores espectrales de reflectancia de distintos especímenes metalo-cerámicos.

Dichos especímenes serán sometidos a variaciones controladas, tanto de la aleación metálica utilizada en su elaboración, como el color de la cerámica que se fundirá sobre ellos.

Los resultados obtenidos serán tratados mediante pruebas de inferencia estadística que nos permitan dilucidar las posibles relaciones entre la utilización de una aleación metálica u otra respecto a su influencia en el color de la cerámica.

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Biblioteca
Àrea de Ciències de la Salut
CAMPUS DE BELLVITGE

10. MATERIAL Y MÉTODO

10. MATERIAL Y MÉTODO

Se prepararon 50 muestras de plástico calcinable, de acetato sin residuos, de 20 x 20 x 0,5 mm. Se colocaron cinco muestras en cada cilindro (Figuras. 13, 14, 15), para posteriormente vaciarlas en revestimiento ligado a base de fosfatos, sin grafito, (Deguvest HF, Degussa) y colocar dichos cilindros en el horno de precalentamiento (Figuras. 16, 17), según la recomendación de cada fabricante, las cuales serían coladas en las diferentes aleaciones metálicas objeto de este estudio.

Las aleaciones metálicas estudiadas, se escogieron en función de su composición porcentual, entre aquellas que son más frecuentemente utilizadas para la realización de restauraciones metalo-cerámicas:

- Aleación de alto contenido en oro (78,5%) (Esteticor Cosmor H, Cendres et Metaux S.A. Biel-Bienne, Suiza).

- Aleación de alto contenido en paladio, sin plata (77,8%) (Esteticor Biennor, Cendres et Metaux S.A. Biel-Bienne, Suiza).

- Aleación de alto contenido en paladio, con plata (53,6% de Pd; 37,6 de Ag) (Esteticor Actual, Cendres et Metaux S.A. Biel-Bienne, Suiza).

- Aleación de cromo-niquel, (Cr 12-14%, Ni 74-78%, Be 1,8%) (Rexillium III, Jeneric Gold Co. P.o.Box,724,Wallingford,Conn. 06492,EE.UU).

- Aleación de cromo-niquel, (Cr 12,5%, Ni 73,5%, Be 1,7%) (Piscis, Ivoclar-Vivodent, Schaan, Liechtenstein).

Figura. 13.

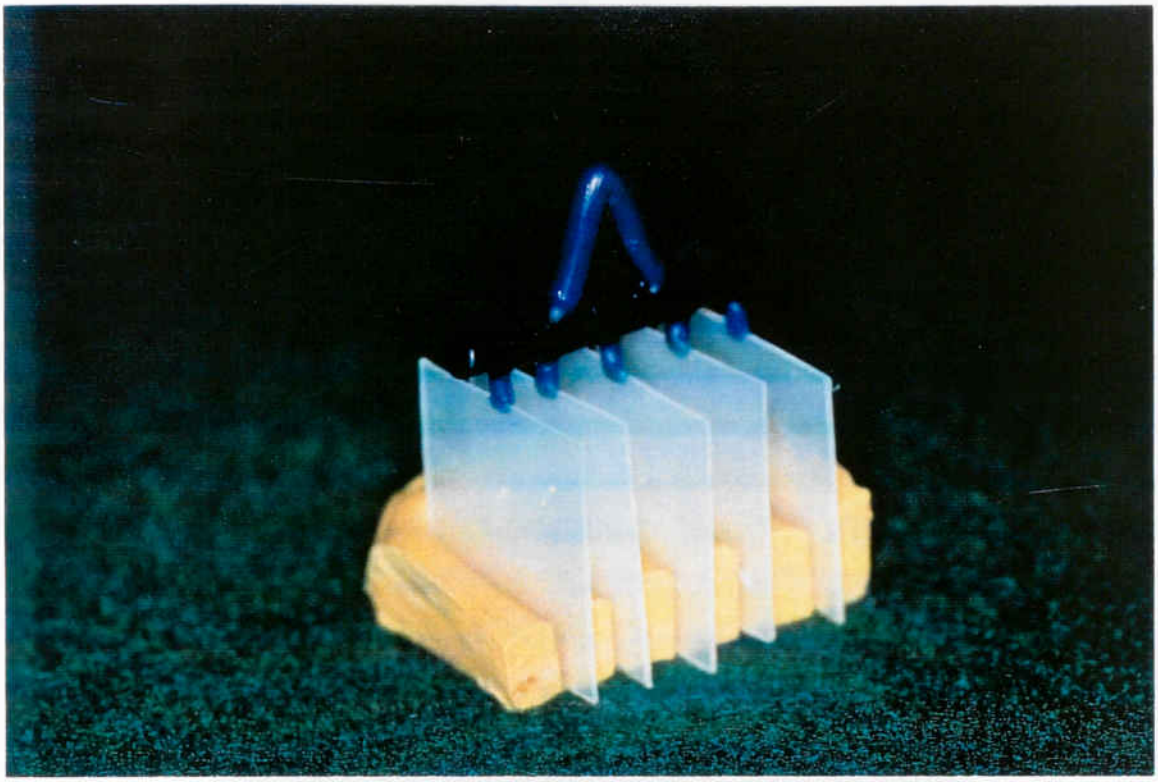


Figura. 14.

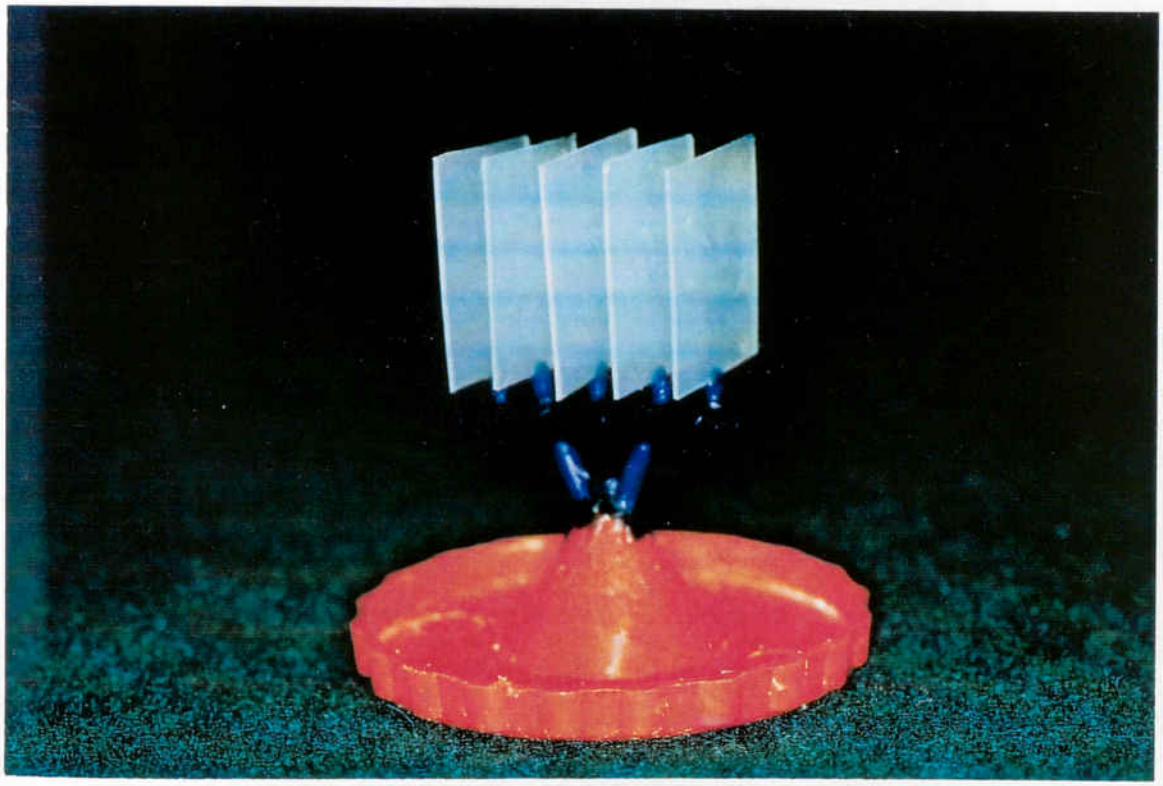


Figura. 15.

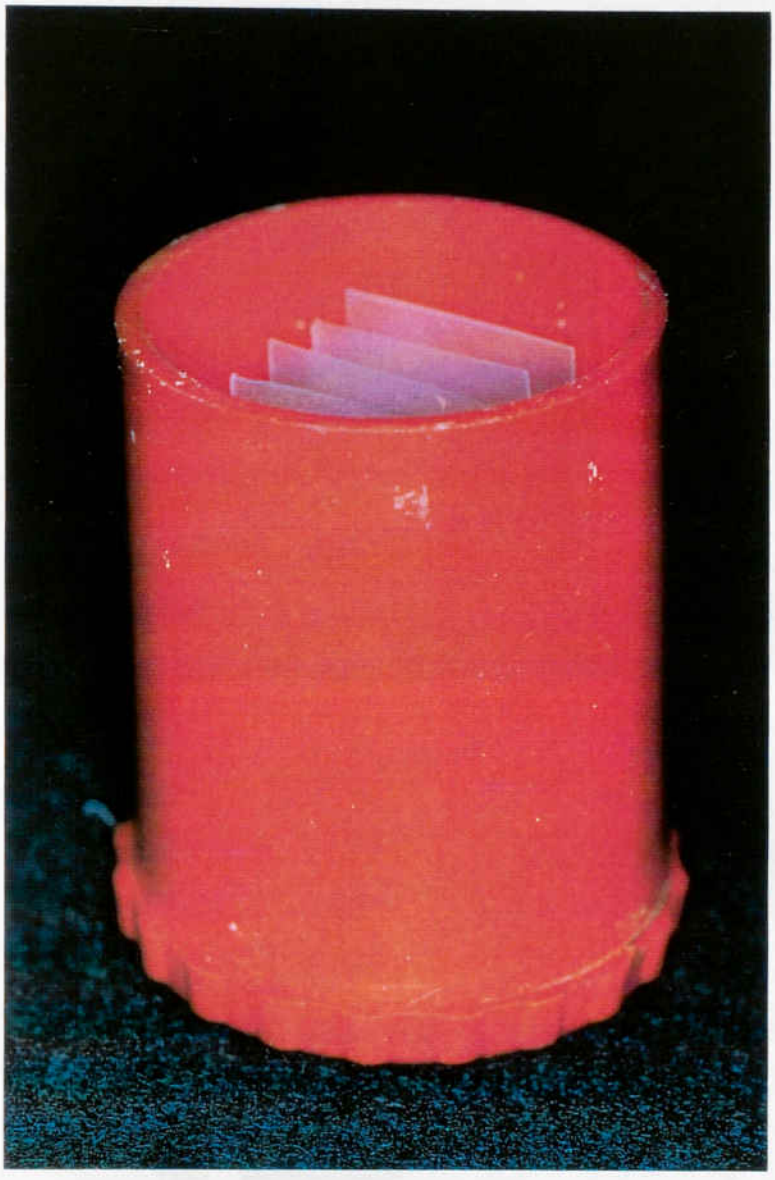
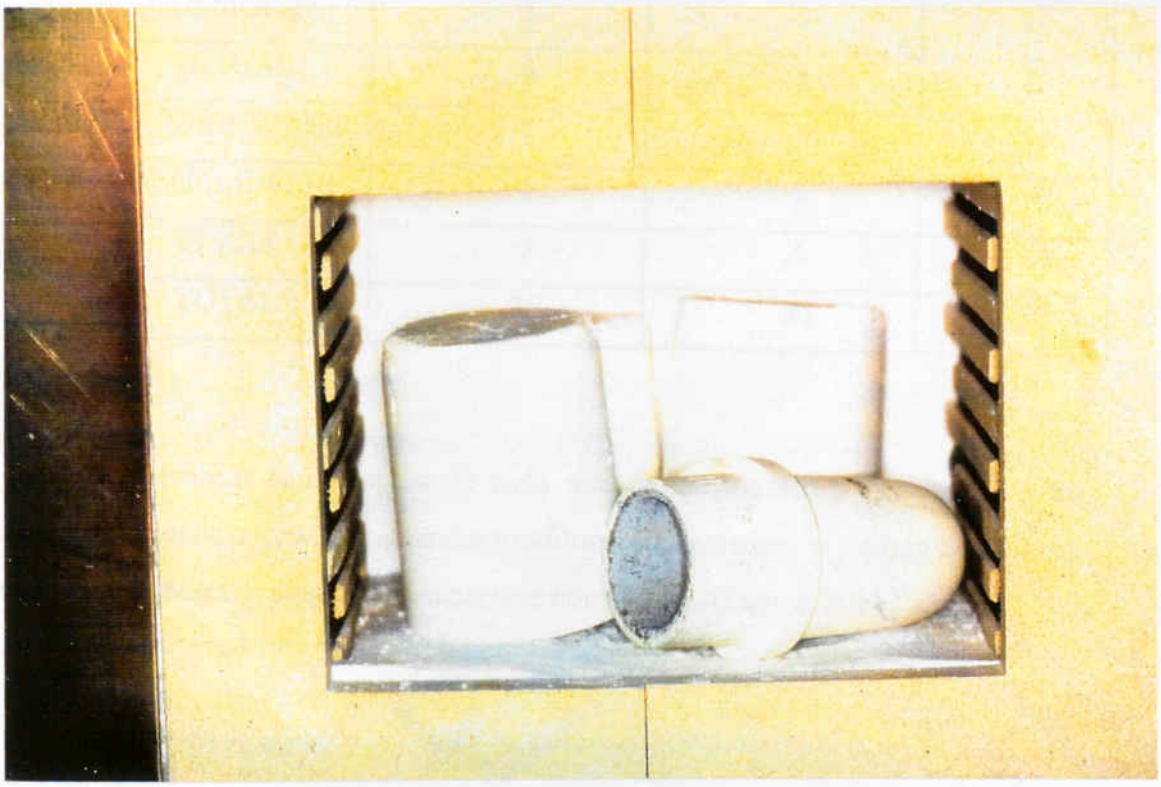


Figura. 16.

Figura. 17.



Con estas aleaciones, siguiendo las indicaciones de tratamiento térmico indicadas por el fabricante de cada una de las mismas, se confeccionaron un total de 50 placas de 2 cm x 2 cm x 0,5 mm (Figuras. 18, 19), las cuales fueron procesadas, o coladas por inducción de su fusión.

La muestra estudiada se distribuyó según aleación y color de cerámica en 50 placas como se muestra en la tabla II, en la que se aprecia que 10 placas fueron realizadas en aleación de Cosmor H, 10 en Esteticor Biennor, 10 en Actual, 10 en Rexilium III, y 10 en Piscis. Posteriormente 5 placas de cada aleación soportaron la cocción de la cerámica con color B1 y 5 con color A3 (según muestrario de cerámica Ivoclar VS).

TABLA II

Distribución del nº de especímenes, segun aleaciones y según color de cerámica aplicado.

	COLOR		
ALEACIONES	A 3	B1	TOTAL
COSMOR H	5	5	10
ACTUAL	5	5	10
EST. BIENNOR	5	5	10
REXILLIUM III	5	5	10
PISCIS	5	5	10
TOTAL	25	25	50

Antes de realizar la oxidación de cada una de las muestras, se repasaron las superficies metálicas con instrumentos rotatorios diamantados, y piedras de carburo de tungsteno, hasta conseguir una superficie homogénea. (Figura. 20)

Figura. 18.

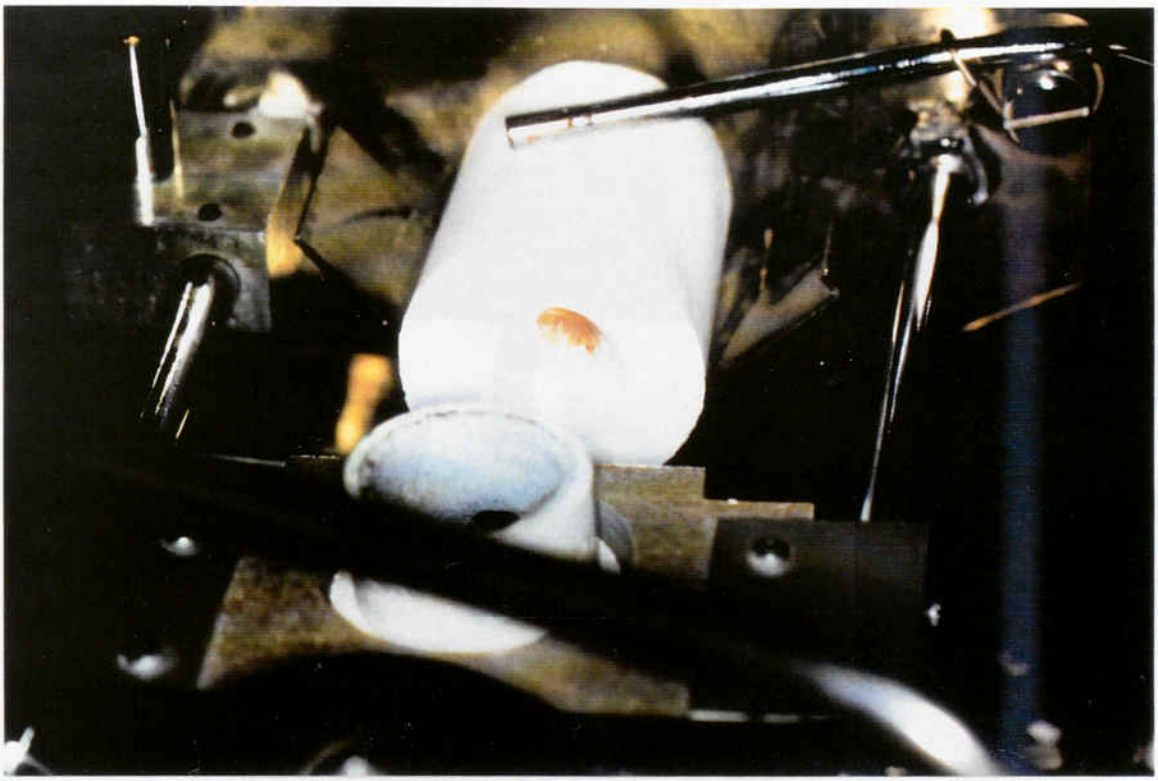


Figura. 19.

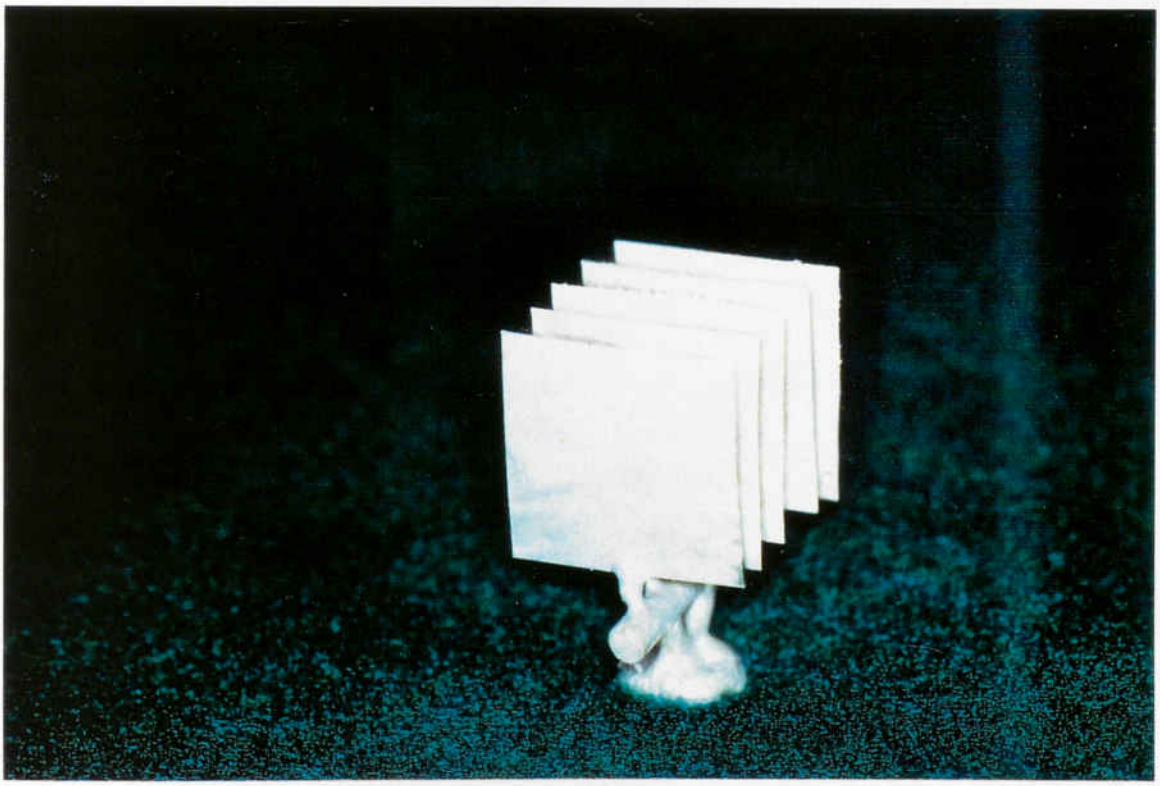
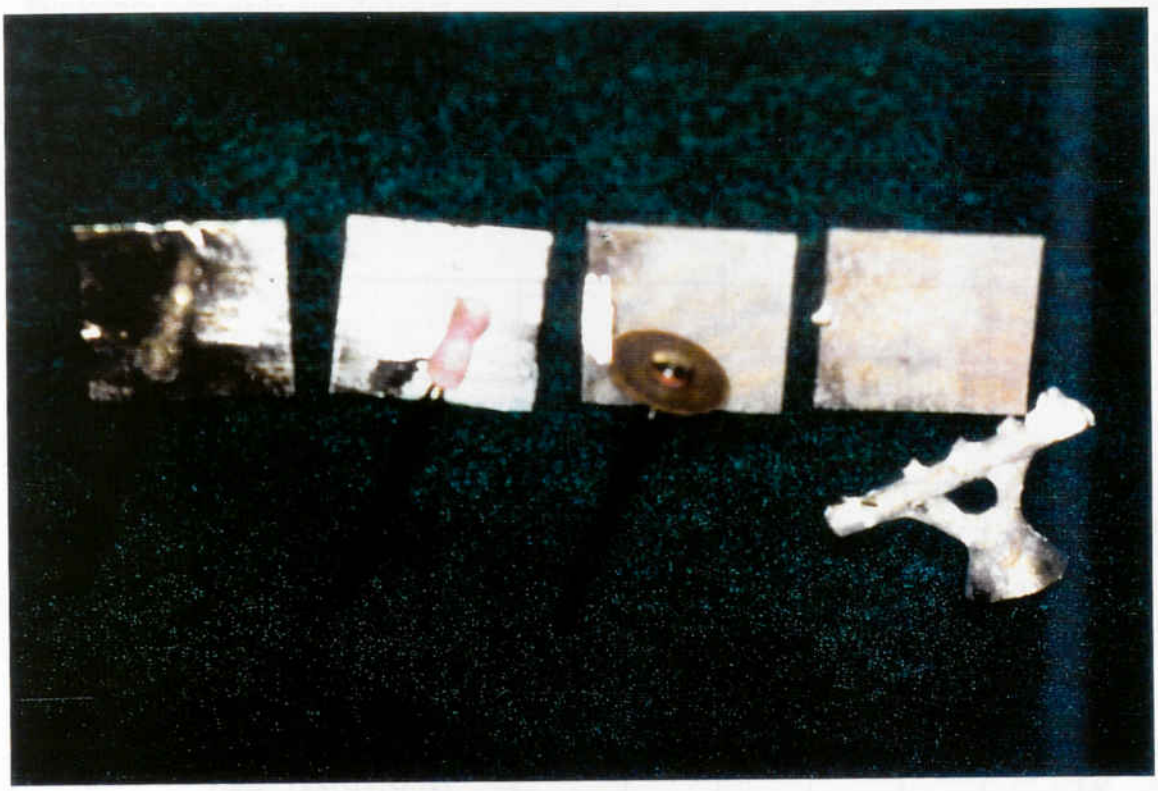


Figura. 20.



Una vez repasado el metal se realizó la oxidación de las diferentes placas, con un horno P-90 de Ivoclar (Ivoclar-Vivodent, Schaan, Liechtenstein), variando los programas de oxidación para las diferentes aleaciones, segun las indicaciones del fabricante para cada una de las aleaciones metálicas. (Tabla III)

TABLA III

Temperaturas de oxidación programadas para cada una de las aleaciones metálicas.

Nº PROGRAMA		B	t	T	S	H	V1	V2
IPS IVOCLAR								
P40	OXIDACION BIENNOR,ACTUAL, COSMOR H	700	80	960	1	5		
P41	OXIDACION REXILIUM III	650	50	980	1	0	650	979
P42	OXIDACION WILLIAMS(PISCIS)	300	30	700	0.3	1	500	550

B=TIEMPO INICIAL

t=AUMENTO TEMPERATURA/MIN

T=TEMP.FINAL

S=TIEMPO CIERRE

H=TIEMPO MANTENIMENTO

L=ENFRIAMIENTO LENTO

V1=VACIO INICIAL

V2=VACIO FINAL

Una vez oxidado el metal se aplicó una primera capa de opaquer en pasta (Ivoclar-Vivodent, Schaan, Liechtenstein), de color B1 y A3 muy fluido con un pincel sobre cada una de las placas.

Se procedió a la primera cocción del opaquer, y posteriormente se aplicó una segunda capa de opaquer, pero esta vez con una espátula de vidrio para evitar la inclusión de burbujas de aire y se procedió a su cocción. (Tablas IV y V).

Para la aplicación de la cerámica de cuerpo, de tipo feldespática y fase leucita IPS Classic (Ivoclar-Vivodent, Schaan, Liechtenstein) (Figura. 21) se fabricó un instrumento o cubeta de acero inoxidable, que sirvió de molde para la aplicación de la cerámica de cuerpo y con el cual pudimos controlar el grosor de la capa de cerámica que quisimos aplicar (Figuras. 22, 23, 24, 25). El molde metálico lleva un aditamento interno para regular la altura de relleno del mismo a través de un tornillo calibrado que nos permite aumentar o disminuir su profundidad a razón de 1mm por vuelta completa de la rosca del tornillo.

Figura.21.

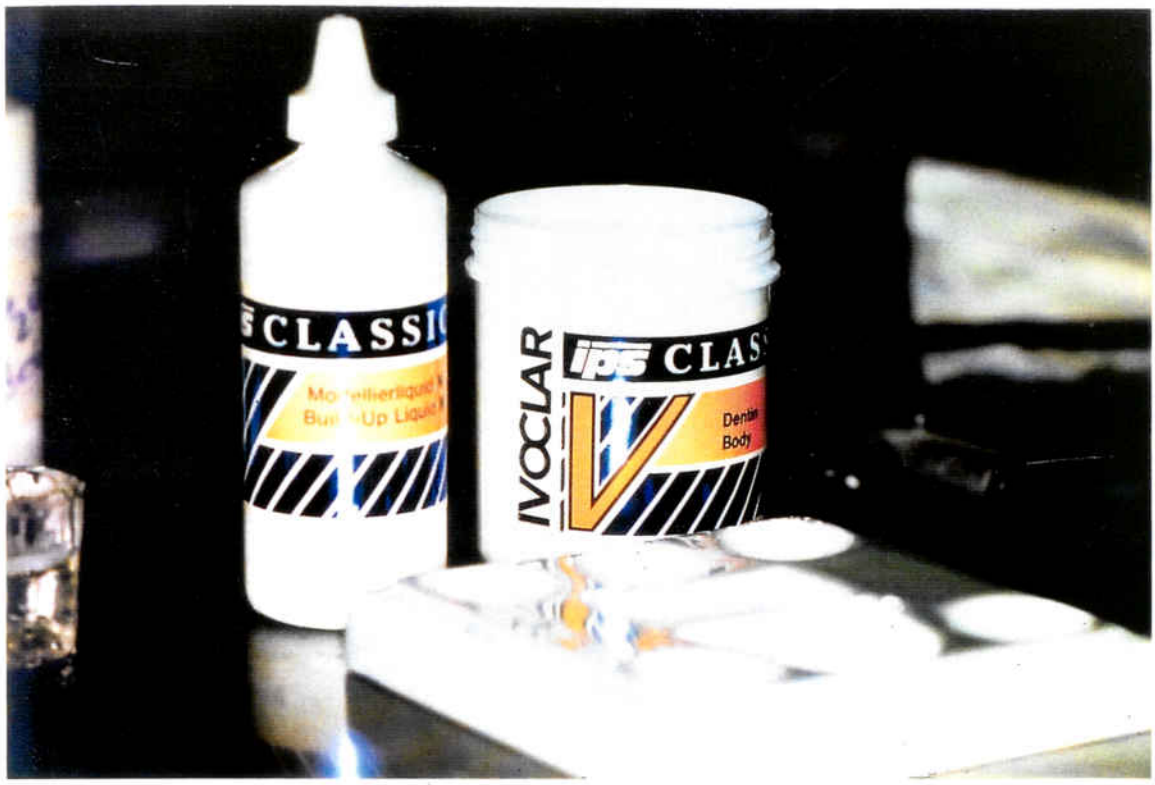


Figura. 22- Intrumento para calibrar el grosor de la cerámica.

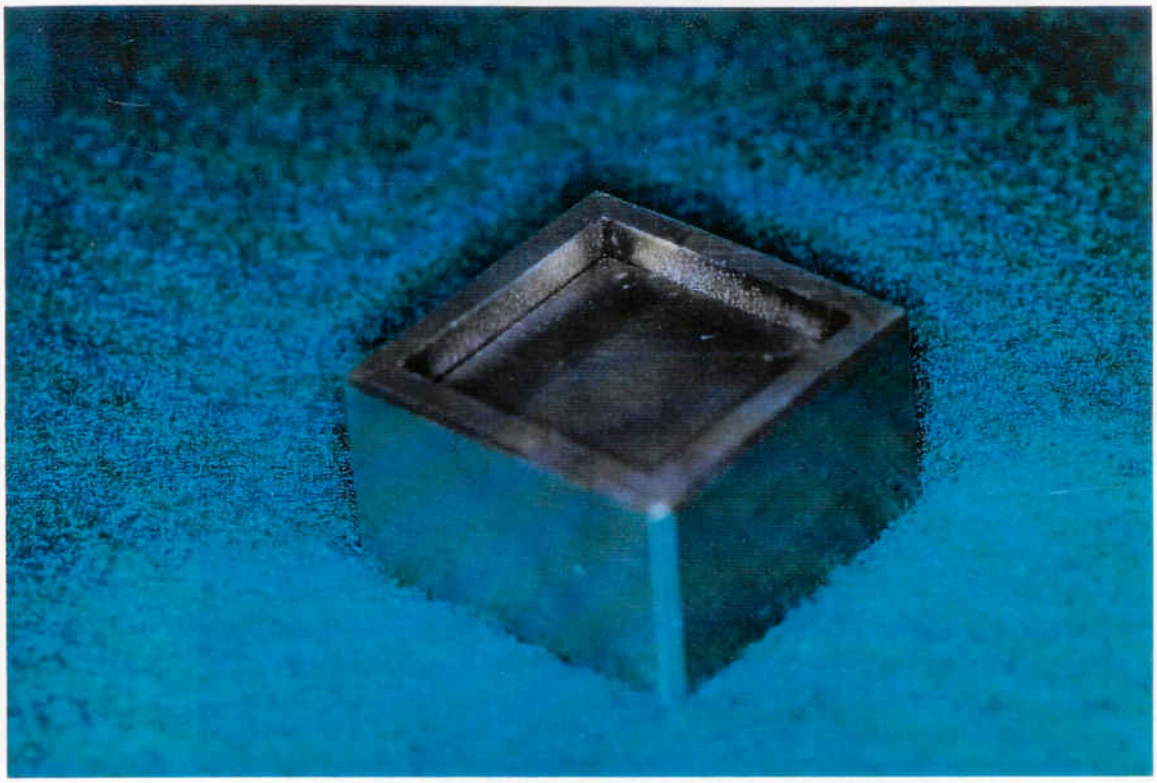


Figura. 23- Intrumento para calibrar el grosor de la cerámica.

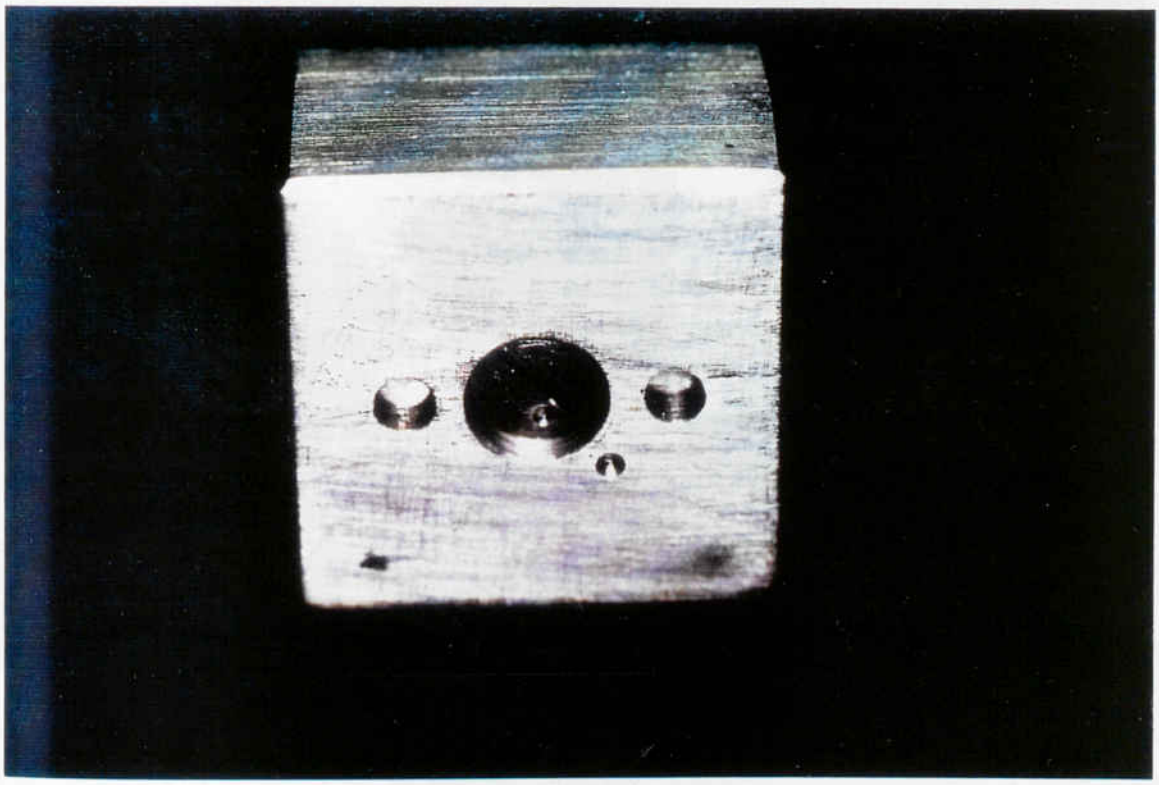
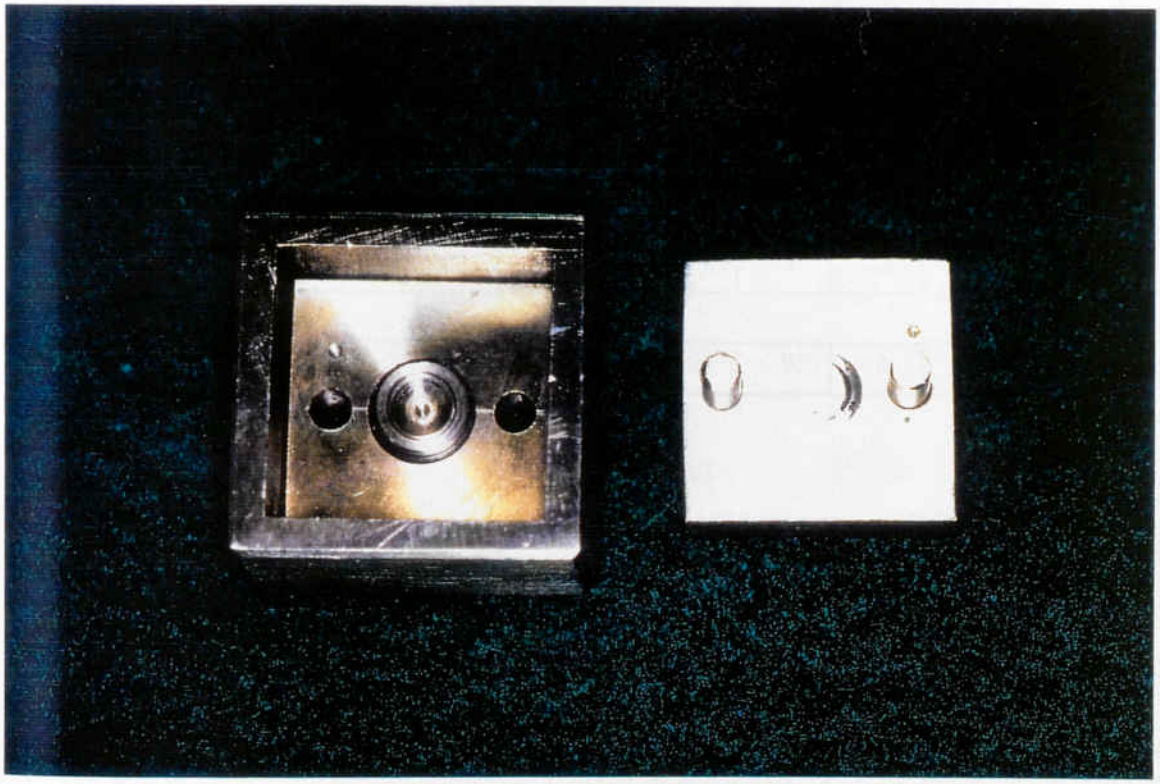


Figura. 24- Intrumento para calibrar el grosor de la cerámica.

Figura. 25- Intrumento para calibrar el grosor de la cerámica.



Se colocó cada plancha metálica en el interior del molde, calibrado previamente para conseguir un grosor de 2mm, y se rellenó de cerámica de cuerpo con la ayuda de una espátula (Figura. 26). Cada plancha se condensó mediante vibración con ayuda del mango de una espátula de Le Cron, hasta conseguir que no apareciera humedad en la superficie. Se secaron con un papel absorbente y se eliminó el exceso de dentina, controlando así el grosor total de los especímenes.

Se colocaron los discos en una platina (Figura. 27) y se realizó la cocción en un horno P-90 calibrado previamente (Figura. 28) realizando el glaseado según los siguientes programas de cocción. (Tabla VI)

TABLA IV

Programa de la primera cocción de opaquer.

Nº PROGRAMA		B	t	T	S	H	V1	V2
IPS IVOCLAR								
P50	1ª OPAQUER	400	80	960	8	1	550	959

TABLA V

Programa de cocción de la seguna capa de opaquer.

Nº PROGRAMA		B	t	T	S	H	V1	V2
IPS IVOCLAR								
P51	2ªOPAQUER	400	60	950	6	1	550	949

TABLA VI

Programa de cocción de dentina utilizado.

Nº PROGRAMA		B	t	T	S	H	V1	V2
IPS IVOCLAR								
P52	1ªDENTINA	400	50	910	6	1	500	909
P55	GLASEADO	400	60	890	4	1		

Figura. 26- Colocación de la cerámica de cuerpo.

Figura. 27- Colocación en una platina.

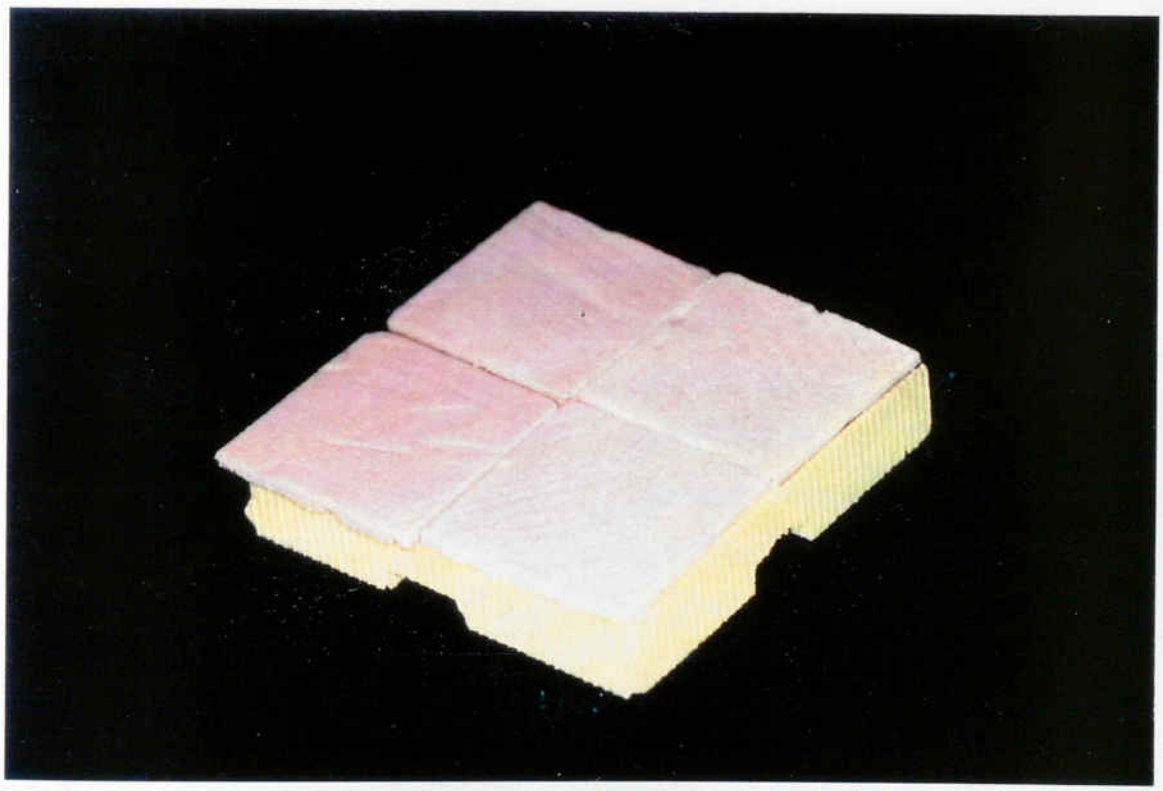


Figura. 28- Cocción de la cerámica de cuerpo.

Todos los especímenes fueron realizados por el mismo operador, en el Laboratorio de Prótesis de la Facultad de Odontología de la Universidad de Barcelona.

Una vez obtenidas las 50 placas, medimos el grosor total de cada una de ellas en tres puntos diferentes escogidos al azar con un calibrador de 0,01mm. (Figura. 29).

Para poder analizar el color de cada una de las muestras se hizo la lectura de las mismas con un espectrofotómetro SHIMADZU UV-2101 (Tokio, Japan) (Figura. 30) de los servicios Científico Técnicos de la Universidad de Barcelona, asociado a un ordenador personal con el sofware adecuado para la obtención y representación gráfica de cada muestra; además de una esfera integradora modelo ISR-260 (Figura. 31), necesaria para la lectura de cuerpos opacos y que compara las muestras respecto a un patrón que refleje el 100% de la luz incidente, que en nuestro estudio fue usado el Sulfato de Bario (BaSO4).

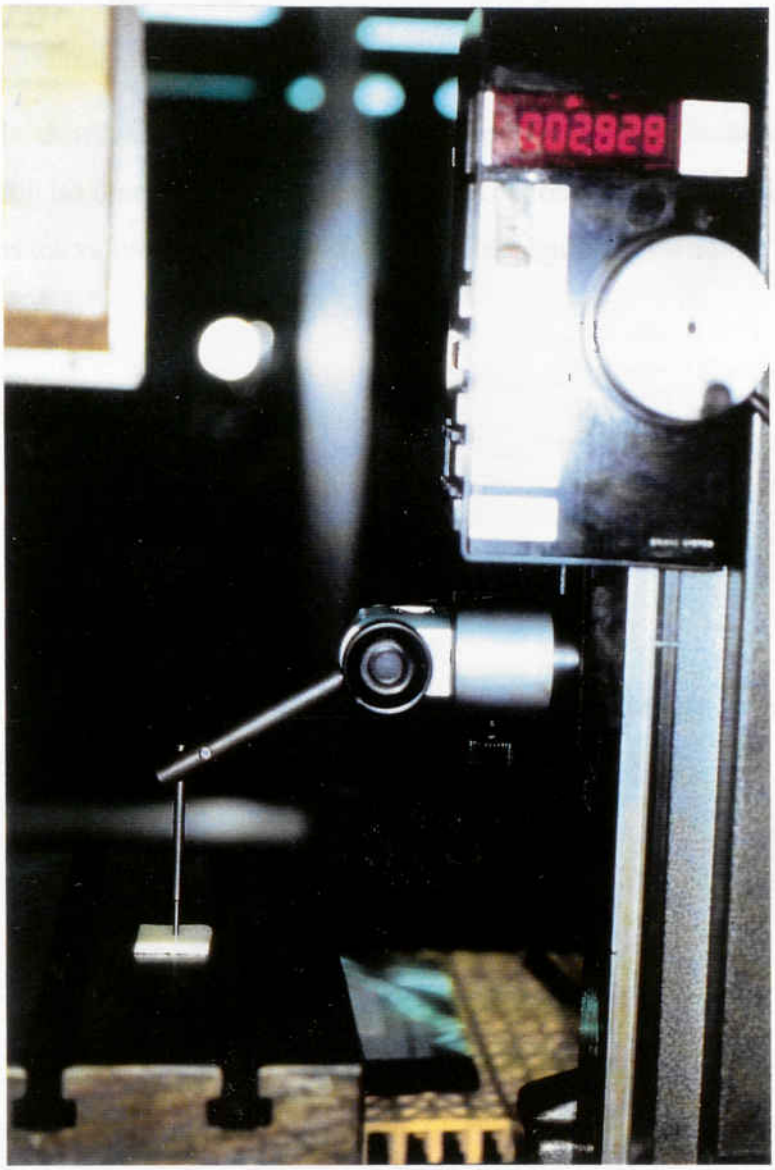
Se realizaron dos lecturas de cada placa, de la luz reflejada en la zona del espectro visible (380nm a 700nm), a intervalos de 10nm (curva de reflectancia).

Para el análisis de la fiabilidad del espectrofotómetro se realizaron 10 lecturas de una misma muestra, más 10 lecturas de una misma muestra en diferente posición y finalmente cinco lecturas en momentos diferentes.

Una vez obtenidas las 100 curvas de reflectancia (dos lecturas de cada placa), se procedió a su transformación matemática al sistema CIE-LAB de la siguiente manera:

Se realiza una tabla para cada una de las muestras, donde se colocará en diferentes columnas, la curva de reflectancia propia de cada muestra, la curva espectral de cada uno de los iluminantes (A, C, D65), y la curva espectral de cada uno de los receptores del observador patrón estandard (x, y, z).

Figura. 29.



Calculamos el valor de la constante K con la fórmula:

$$K = \frac{100}{\int_{380}^{780} S(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda}$$

Donde S es la distribución espectral del iluminante, R es la reflectancia de la muestra, y x,y,z son las funciones de mezcla de colores del observador estandar.

Y obtendremos los valores triestimulos X,Y,Z con las siguientes fórmulas:

$$X = K\int_{380}^{780} S(\lambda)\bar{x}(\lambda)R(\lambda)d\lambda$$
$$Y = K\int_{380}^{780} S(\lambda)\bar{y}(\lambda)R(\lambda)d\lambda$$
$$Z = K\int_{380}^{780} S(\lambda)\bar{z}(\lambda)R(\lambda)d\lambda$$

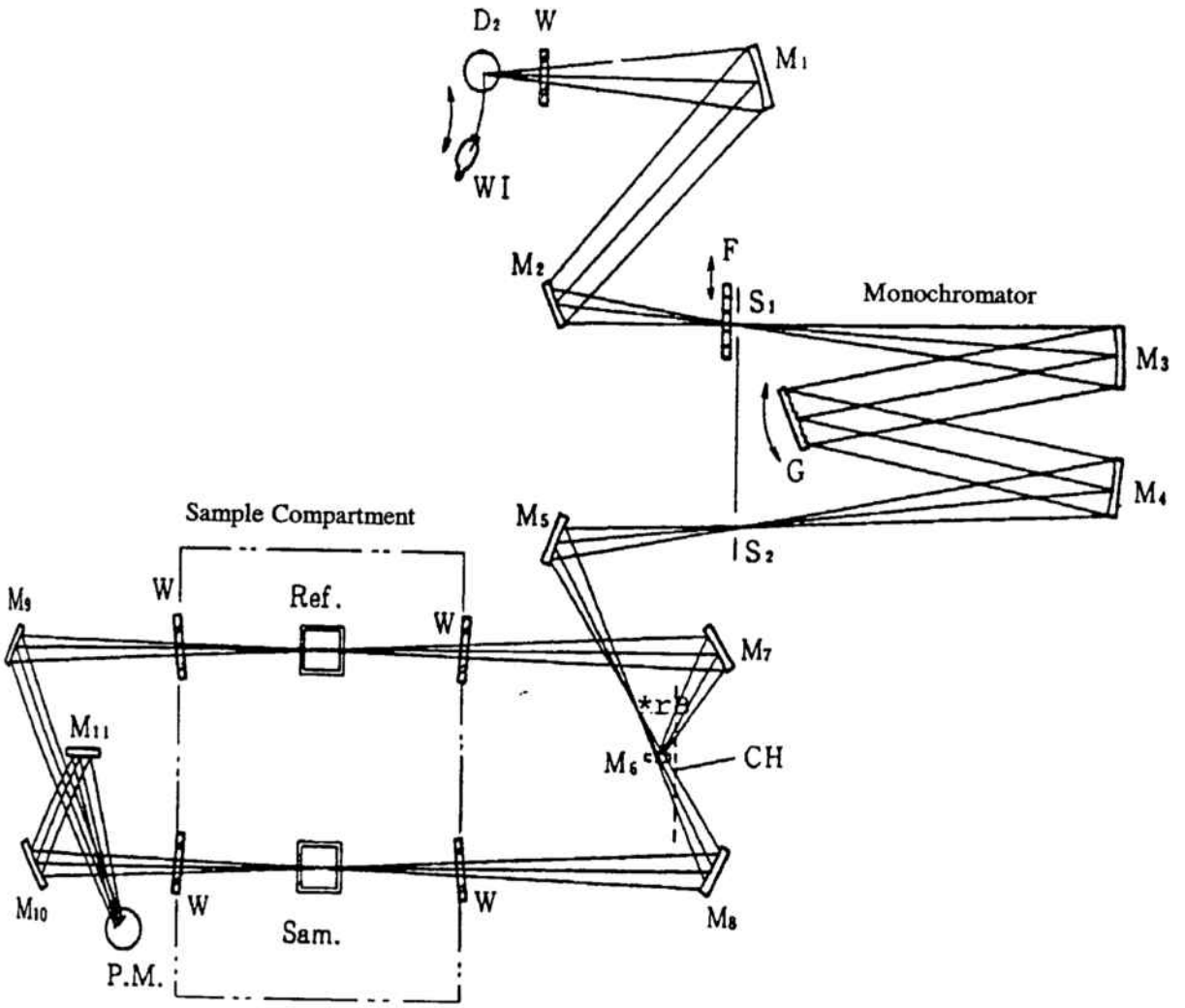
Finalmente obtendremos los valores L*, a*, y b*, que constituyen los parámetros a analizar en este trabajo, según las fórmulas:

$$L^* = 116\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500\left[\left(\frac{X}{X_n}\right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3}\right]$$
$$b^* = 200\left[\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{1/3}\right]$$

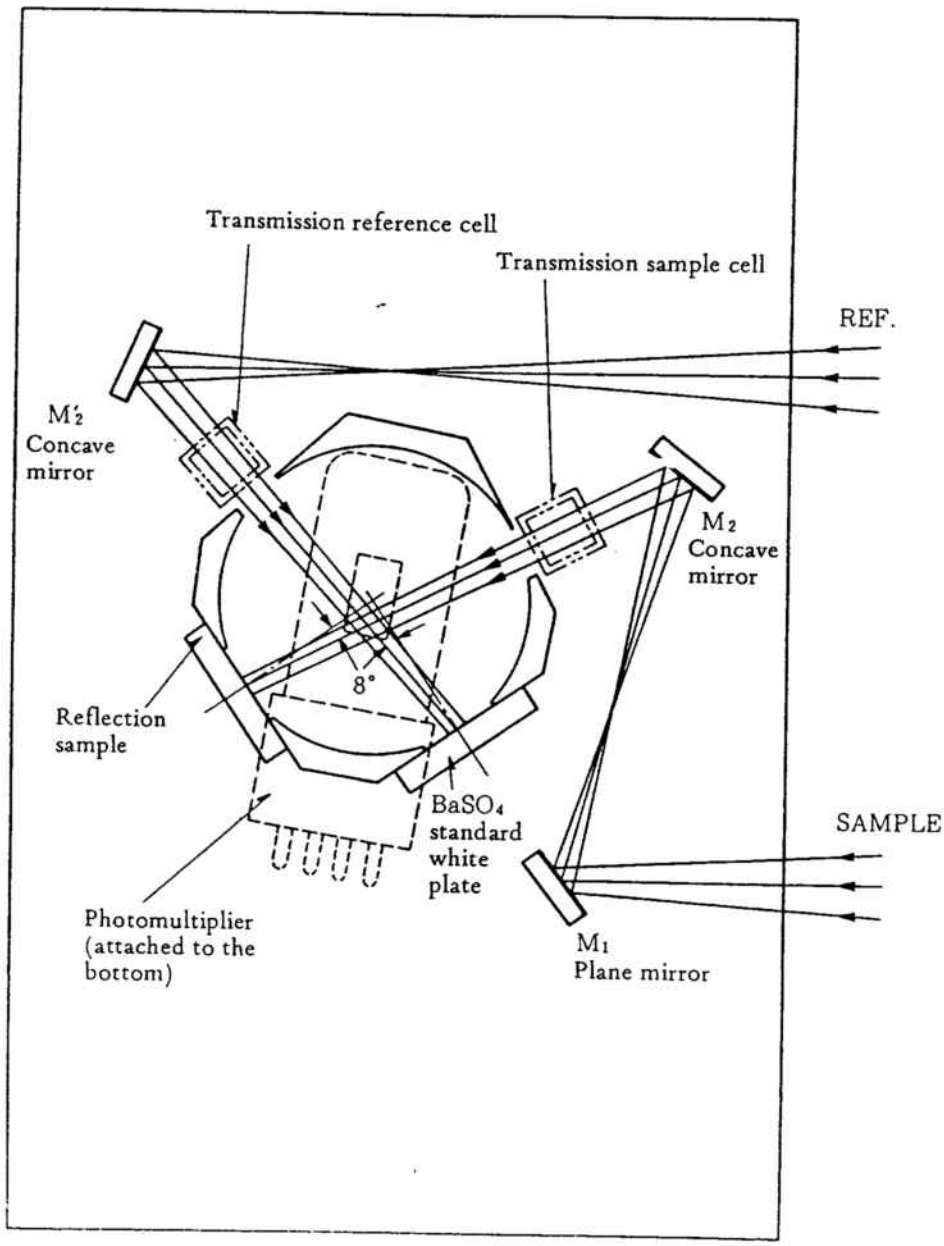
Una vez obtenidos los valores L*, a*, b*, de cada especímen se realizó una tabla resumen de todas lecturas en unidades CIE-LAB, a partir de la cual obtendremos la matriz de resultados que será analizada mediante un análisis estadístico mediante el programa de análisis numérico SPSS.

Figura. 30-Esquema del sistema óptico del espectofotómetro UV-2101.



D_2	Deuterium Lamp
WI	Halogen lamp
F:	Filter
G:	Diffraction grating
S_1:	Entrance slit
S_2:	Exit Slit
$M_1 \sim M_{11}$:	Mirrors (M_6 is half mirror)
Sam:	Cell for sample beam
Ref:	Cell for reference Beam
PM:	Photomultiplier
W:	Quartz windows

Figura. 31- Sistema óptico de la esfera integradora ISR-260.



11. RESULTADOS

11. RESULTADOS

Tras la explicación de los materiales y método utilizado, se obtuvieron los siguientes resultados:

El grosor medio de los especímenes estudiados (placa metal-cerámica) fue de 1,68 ± 0,23 mm, según se indica en la tabla VII. Donde identificamos la aleación y el color de la siguiente forma:

r-Rexillium III
a-Actual
b-Esteticor Biennor
c-Cosmor H
w-Piscis Williams
b1-Color B1
a3-Color A3

UNIVERSIDAD
Biblioteca
Área de Ciencias
CAMPUS

Tabla VII.

Tabla de grosores totales (mm) calculados de cada una de los especímenes.

Grosores totales				
N° placa	Aleación	lectura 1	lectura 2	lectura-3
1	r-a3	1,34	1,4	1,3
2	r-a3	1,58	1,54	1,6
3	r-a3	1,4	1,48	1,38
4	r-a3	1,51	1,54	1,51
5	r-a3	1,59	1,6	1,56
6	r-b1	1,56	1,52	1,51
7	r-b1	1,52	1,49	1,47
8	r-b1	1,44	1,38	1,4
9	r-b1	1,62	1,59	1,62
10	r-b1	1,42	1,44	1,45
11	w-a3	1,65	1,68	1,63
12	w-a3	1,47	1,5	1,5
13	w-a3	1,53	1,51	1,49
14	w-a3	1,68	1,62	1,64
15	w-a3	1,68	1,65	1,66
16	w-b1	1,67	1,63	1,67
17	w-b1	1,48	1,53	1,56
18	w-b1	1,64	1,67	1,69
19	w-b1	1,69	1,65	1,68
20	w-b1	1,6	1,59	1,6
21	c-a3	1,49	1,49	1,53
22	c-a3	1,48	1,48	1,49
23	c-a3	1,55	1,5	1,52
24	c-a3	1,56	1,56	1,54
25	c-a3	1,5	1,42	1,46
26	c-b1	1,68	1,72	1,6
27	c-b1	1,53	1,61	1,73
28	c-b1	1,48	1,48	1,39
29	c-b1	1,45	1,4	1,38
30	c-b1	1,5	1,44	1,42
31	b-a3	1,45	1,56	1,61
32	b-a3	1,43	1,38	1,45
33	b-a3	1,53	1,51	1,55
34	b-a3	1,46	1,57	1,53
35	b-a3	1,59	1,57	1,57
36	b-b1	1,44	1,41	1,44
37	b-b1	1,66	1,6	1,61
38	b-b1	1,5	1,38	1,19
39	b-b1	1,58	1,6	1,54
40	b-b1	1,47	1,48	1,42
41	a-a3	1,54	1,65	1,61
42	a-a3	1,7	1,8	1,8
43	a-a3	1,6	1,64	1,66
44	a-a3	1,61	1,82	1,65
45	a-a3	1,71	1,63	1,6
46	a-b1	1,6	1,46	1,6
47	a-b1	1,69	1,71	1,71
48	a-b1	1,64	1,58	1,57
49	a-b1	1,66	1,58	1,62
50	a-b1	1,74	1,89	1,84
promedio total				1,68

En el Anexo 1 se encuentra la tabla de valores de reflectancia obtenida para cada espécimen, a partir de la cual se obtuvieron los valores triestímulo X, Y, Z y CIE-Lab indicados según la fuente de iluminación D65, A, C en las Tablas VIII-IX-X.

Tabla VIII

Valores triestímulo y CIE-Lab de todos los especímenes en luz D65.

nº espécimen	Aleación/color	X	Y	Z	L	a	b
41a	actuala3	46,15	47,27	35,00	74,36	3,62	18,76
41b	actuala3	46,19	47,28	35,07	74,37	3,71	18,67
42a	actuala3	46,56	47,10	33,61	74,25	5,24	20,41
42b	actuala3	46,49	47,03	33,57	74,21	5,24	20,38
43a	actuala3	47,13	48,61	35,58	75,21	2,74	19,45
43b	actuala3	46,15	47,27	35,00	74,36	3,62	18,76
44a	actuala3	47,13	48,61	35,58	75,21	2,74	19,45
44b	actuala3	47,09	48,57	35,54	75,18	2,74	19,47
45a	actuala3	44,60	45,81	33,57	73,42	3,22	19,02
45b	actuala3	44,59	45,79	33,63	73,41	3,23	18,92
31a	bienora3	46,29	47,02	34,92	74,21	4,68	18,58
31b	bienora3	46,24	46,95	34,89	74,16	4,74	18,54
32a	bienora3	44,56	45,14	33,16	72,98	4,98	18,82
32b	bienora3	44,56	45,21	33,11	73,03	4,79	18,97
33a	bienora3	44,40	45,13	33,16	72,98	4,55	18,81
33b	bienora3	44,43	45,17	33,22	73,00	4,53	18,78
34a	bienora3	45,84	46,58	34,72	73,92	4,62	18,36
34b	bienora3	45,84	46,60	34,67	73,93	4,59	18,44
35a	bienora3	45,59	46,36	34,51	73,78	4,52	18,39
35b	bienora3	45,63	46,41	34,47	73,81	4,52	18,49
21a	cosmora3	45,41	45,85	33,14	73,45	5,45	19,65
21b	cosmora3	45,41	45,85	33,08	73,45	5,44	19,72
22a	cosmora3	45,52	46,19	33,77	73,67	4,81	19,18
22b	cosmora3	45,51	46,19	33,81	73,67	4,79	19,13
23a	cosmora3	45,16	45,58	32,99	73,27	5,51	19,55
23b	cosmora3	45,20	45,66	32,94	73,33	5,37	19,71
24a	cosmora3	45,01	45,70	33,33	73,35	4,72	19,23
24b	cosmora3	45,04	45,74	33,34	73,37	4,69	19,25
25a	cosmora3	45,33	45,97	33,52	73,53	4,88	19,26
25b	cosmora3	45,31	45,92	33,58	73,49	4,95	19,14
1a	rexila3	45,49	45,88	33,82	73,47	5,61	18,77
1b	rexila3	45,51	45,83	33,75	73,43	5,78	18,81
2a	rexila3	45,16	45,55	33,37	73,25	5,58	19,00
2b	rexila3	45,13	45,51	33,35	73,23	5,59	18,99
3a	rexila3	54,78	57,57	50,17	80,50	0,27	11,86
3b	rexila3	46,02	46,43	34,82	73,83	5,57	18,06
4a	rexila3	45,05	45,45	33,46	73,19	5,52	18,77

nº espécimen	Aleación/color	X	Y	Z	L	a	b
4b	rexila3	45,04	45,36	33,45	73,13	5,75	18,69
5a	rexila3	44,89	45,24	33,30	73,05	5,64	18,76
5b	rexila3	44,82	45,20	33,28	73,02	5,57	18,73
11a	williaa3	46,22	47,18	35,69	74,30	4,06	17,76
11b	williaa3	46,19	47,18	35,72	74,30	3,97	17,71
12a	williaa3	43,84	44,78	33,55	72,75	3,89	17,90
12b	williaa3	43,82	44,76	33,54	72,73	3,92	17,88
13a	williaa3	44,55	45,36	33,52	73,13	4,33	18,58
13b	williaa3	44,54	45,33	33,65	73,11	4,39	18,38
14a	williaa3	43,84	44,78	33,55	72,75	3,89	17,90
14b	williaa3	43,82	44,76	33,54	72,73	3,92	17,88
15a	williaa3	46,01	46,58	34,60	73,92	5,11	18,52
15b	williaa3	46,04	46,59	34,66	73,93	5,17	18,45
46a	actualb1	54,02	57,36	46,91	80,38	-1,12	15,08
46b	actualb1	54,05	57,39	47,00	80,40	-1,14	15,01
47a	actualb1	53,74	56,87	46,69	80,11	-0,67	14,84
47b	actualb1	53,71	56,81	46,67	80,08	-0,62	14,81
48a	actualb1	54,24	57,28	46,79	80,34	-0,39	15,13
48b	actualb1	53,71	56,81	46,67	80,08	-0,62	14,81
49a	actualb1	53,83	56,70	46,03	80,01	-0,01	15,38
49b	actualb1	53,90	56,80	45,98	80,07	-0,10	15,55
50a	actualb1	54,14	57,23	46,77	80,31	-0,51	15,10
50b	actualb1	54,24	57,28	46,79	80,34	-0,39	15,13
36a	bienorb1	52,15	54,95	47,15	79,01	-0,07	12,46
36b	bienorb1	52,10	54,93	47,50	79,00	-0,16	12,07
37a	bienorb1	52,13	54,99	47,48	79,03	-0,23	12,14
37b	bienorb1	52,10	54,93	47,50	79,00	-0,16	12,07
38a	bienorb1	52,29	55,15	48,20	79,13	-0,21	11,55
38b	bienorb1	52,13	54,99	47,48	79,03	-0,23	12,14
39a	bienorb1	52,15	54,95	47,15	79,01	-0,07	12,46
39b	bienorb1	52,18	55,00	47,03	79,04	-0,15	12,64
40a	bienorb1	52,29	55,15	48,20	79,13	-0,21	11,55
40b	bienorb1	52,32	55,16	48,26	79,13	-0,14	11,48
26a	cosmorb1	55,10	57,68	48,60	80,56	0,84	13,59
26b	cosmorb1	55,12	57,70	48,59	80,57	0,83	13,62
27a	cosmorb1	54,49	57,18	48,83	80,28	0,50	12,87
27b	cosmorb1	54,52	57,18	48,97	80,28	0,55	12,72
28a	cosmorb1	57,13	59,96	52,57	81,82	0,47	11,71
28b	cosmorb1	57,14	59,98	52,49	81,83	0,46	11,80
29a	cosmorb1	56,26	59,10	53,55	81,35	0,35	9,92
29b	cosmorb1	56,24	59,08	53,51	81,34	0,35	9,94
30a	cosmorb1	54,95	57,60	49,19	80,52	0,65	12,90
30b	cosmorb1	54,96	57,61	49,26	80,52	0,64	12,84
6a	rexilb12	55,12	57,49	47,93	80,45	1,35	14,11
6b	rexilb12	55,18	57,54	47,93	80,48	1,35	14,16
7a	rexilb12	55,64	58,01	48,81	80,74	1,40	13,69
7b	rexilb12	55,71	58,12	48,83	80,80	1,33	13,77
8a	rexilb12	55,85	58,27	49,33	80,89	1,30	13,39
8b	rexilb12	55,91	58,36	49,35	80,94	1,22	13,46
9a	rexilb12	55,55	57,84	48,76	80,65	1,59	13,58
9b	rexilb12	55,59	57,91	48,74	80,69	1,52	13,66
10a	rexilb12	56,03	58,42	49,80	80,97	1,41	13,05

nº espécimen	Aleación/color	X	Y	Z	L	a	b
10b	rexilb12	56,08	58,43	49,81	80,98	1,48	13,05
16a	williab1	54,14	56,86	49,20	80,10	0,39	12,17
16b	williab1	54,11	56,86	49,10	80,10	0,30	12,28
17a	williab1	55,57	57,85	48,41	80,65	1,62	13,95
17b	williab1	55,54	57,80	48,35	80,63	1,64	13,97
18a	williab1	54,62	57,03	47,69	80,20	1,19	13,93
18b	williab1	54,57	56,99	47,66	80,17	1,15	13,92
19a	williab1	56,67	59,46	51,99	81,54	0,50	11,81
19b	williab1	56,66	59,40	52,15	81,51	0,63	11,60
20a	williab1	54,89	57,32	47,92	80,36	1,17	13,96
20b	williab1	54,92	57,33	47,90	80,37	1,21	13,99
l1	lectura1	54,97	57,69	50,36	80,57	0,47	11,78
l2	lectura2	54,77	57,51	50,19	80,47	0,40	11,79
l3	lectura3	54,78	57,57	50,17	80,50	0,27	11,86
l4	lectura4	54,93	57,56	50,39	80,49	0,68	11,62
l5	lectura5	54,89	57,47	50,34	80,45	0,79	11,59
l6	lectura6	54,87	57,60	50,27	80,52	0,44	11,78
l7	lectura7	54,78	57,54	50,18	80,48	0,34	11,82
l8	lectura8	54,85	57,57	50,28	80,50	0,47	11,74
l9	lectura9	54,91	57,52	50,37	80,47	0,73	11,60
l10	lectura10	54,88	57,54	50,31	80,48	0,61	11,68
p1	pose1	54,77	57,51	50,19	80,47	0,40	11,79
p2	pose2	54,81	57,56	50,23	80,49	0,41	11,78
p3	pose3	54,88	57,54	50,33	80,48	0,60	11,67
p4	pose4	54,77	57,51	50,19	80,47	0,40	11,79
p5	pose5	54,78	57,57	50,17	80,50	0,27	11,86
p6	pose6	54,87	57,60	50,27	80,52	0,44	11,78
p7	pose7	54,78	57,54	50,18	80,48	0,34	11,82
p8	pose8	54,82	57,59	50,22	80,51	0,35	11,82
p9	pose9	54,85	57,55	50,29	80,49	0,51	11,72
p10	pose10	54,86	57,53	50,28	80,48	0,57	11,70
t1	temps1	54,86	57,58	50,28	80,50	0,47	11,75
t2	temps2	54,82	57,54	50,23	80,48	0,45	11,76
t3	temps3	54,86	57,57	50,28	80,50	0,47	11,74
t4	temps4	54,86	57,53	50,30	80,48	0,59	11,68
t5	temps5	54,87	57,56	50,30	80,49	0,54	11,71

Tabla IX

Valores triestímulo y CIE-Lab de todos los especímenes en luz C.

nº espécimen	Aleación/color	X	Y	Z	L	a	b
41a	actuala3	47,40	47,35	37,86	74,41	2,81	18,99
41b	actuala3	47,44	47,36	37,94	74,42	2,90	18,89
42a	actuala3	47,81	47,20	36,36	74,32	4,34	20,65
42b	actuala3	47,74	47,12	36,32	74,27	4,36	20,62
43a	actuala3	48,40	48,68	38,45	75,25	1,91	19,72
43b	actuala3	47,40	47,35	37,86	74,41	2,81	18,99
44a	actuala3	48,40	48,68	38,45	75,25	1,91	19,72
44b	actuala3	48,35	48,63	38,40	75,22	1,91	19,73
45a	actuala3	45,80	45,88	36,31	73,47	2,40	19,26
45b	actuala3	45,79	45,86	36,38	73,46	2,42	19,15
31a	bienora3	47,55	47,11	37,82	74,26	3,87	18,77
31b	bienora3	47,50	47,04	37,80	74,21	3,93	18,71
32a	bienora3	45,77	45,22	35,91	73,04	4,16	19,01
32b	bienora3	45,77	45,29	35,85	73,08	3,96	19,16
33a	bienora3	45,61	45,21	35,91	73,03	3,73	19,00
33b	bienora3	45,64	45,25	35,98	73,06	3,72	18,96
34a	bienora3	47,09	46,67	37,60	73,98	3,82	18,55
34b	bienora3	47,09	46,68	37,54	73,99	3,78	18,63
35a	bienora3	46,84	46,45	37,39	73,84	3,72	18,57
35b	bienora3	46,87	46,49	37,33	73,86	3,71	18,68
21a	cosmora3	46,64	45,94	35,88	73,51	4,59	19,85
21b	cosmora3	46,64	45,94	35,82	73,51	4,57	19,93
22a	cosmora3	46,75	46,27	36,57	73,72	3,98	19,37
22b	cosmora3	46,75	46,27	36,60	73,72	3,96	19,33
23a	cosmora3	46,39	45,67	35,72	73,33	4,64	19,75
23b	cosmora3	46,42	45,75	35,66	73,39	4,51	19,92
24a	cosmora3	46,24	45,79	36,09	73,41	3,89	19,42
24b	cosmora3	46,26	45,82	36,10	73,43	3,86	19,44
25a	cosmora3	46,56	46,06	36,31	73,58	4,05	19,46
25b	cosmora3	46,54	46,01	36,36	73,55	4,12	19,33
1a	rexila3	46,74	45,97	36,63	73,53	4,78	18,96
1b	rexila3	46,75	45,92	36,54	73,49	4,94	19,01
2a	rexila3	46,39	45,64	36,15	73,31	4,74	19,18
2b	rexila3	46,36	45,61	36,12	73,29	4,75	19,18
3a	rexila3	56,36	57,61	54,37	80,52	-0,21	11,97
3b	rexila3	47,29	46,52	37,71	73,88	4,76	18,26
4a	rexila3	46,28	45,54	36,24	73,25	4,70	18,96
4b	rexila3	46,27	45,46	36,23	73,19	4,92	18,88
5a	rexila3	46,11	45,34	36,07	73,11	4,81	18,95
5b	rexila3	46,04	45,29	36,04	73,08	4,74	18,92
11a	williaa3	47,49	47,26	38,66	74,35	3,30	17,93
11b	williaa3	47,45	47,26	38,69	74,35	3,20	17,90
12a	williaa3	45,04	44,86	36,33	72,80	3,12	18,07
12b	williaa3	45,02	44,83	36,32	72,78	3,15	18,06
13a	williaa3	45,76	45,44	36,30	73,18	3,53	18,78

nº espécimen	Aleación/color	X	Y	Z	L	a	b
13b	williaa3	45,75	45,41	36,45	73,16	3,59	18,55
14a	williaa3	45,04	44,86	36,33	72,80	3,12	18,07
14b	williaa3	45,02	44,83	36,32	72,78	3,15	18,06
15a	williaa3	47,27	46,67	37,47	73,98	4,29	18,72
15b	williaa3	47,30	46,68	37,54	73,99	4,35	18,64
46a	actualb1	55,52	57,38	50,67	80,40	-1,74	15,34
46b	actualb1	55,55	57,42	50,76	80,42	-1,76	15,28
47a	actualb1	55,24	56,90	50,49	80,12	-1,27	15,05
47b	actualb1	55,21	56,85	50,47	80,09	-1,22	15,02
48a	actualb1	55,76	57,32	50,59	80,36	-1,01	15,36
48b	actualb1	55,21	56,85	50,47	80,09	-1,22	15,02
49a	actualb1	55,34	56,74	49,80	80,03	-0,64	15,58
49b	actualb1	55,41	56,85	49,74	80,09	-0,72	15,74
50a	actualb1	55,65	57,26	50,56	80,33	-1,13	15,33
50b	actualb1	55,76	57,32	50,59	80,36	-1,01	15,36
36a	bienorb1	53,65	54,98	51,09	79,03	-0,57	12,57
36b	bienorb1	53,61	54,96	51,48	79,02	-0,64	12,17
37a	bienorb1	53,63	55,02	51,45	79,05	-0,72	12,25
37b	bienorb1	53,61	54,96	51,48	79,02	-0,64	12,17
38a	bienorb1	53,81	55,18	52,24	79,15	-0,66	11,64
38b	bienorb1	53,63	55,02	51,45	79,05	-0,72	12,25
39a	bienorb1	53,65	54,98	51,09	79,03	-0,57	12,57
39b	bienorb1	53,67	55,04	50,96	79,06	-0,65	12,75
40a	bienorb1	53,81	55,18	52,24	79,15	-0,66	11,64
40b	bienorb1	53,84	55,18	52,30	79,15	-0,60	11,58
26a	cosmorb1	56,68	57,73	52,67	80,59	0,29	13,71
26b	cosmorb1	56,70	57,75	52,64	80,60	0,28	13,76
27a	cosmorb1	56,06	57,22	52,91	80,30	-0,02	12,99
27b	cosmorb1	56,09	57,23	53,07	80,31	0,04	12,84
28a	cosmorb1	58,79	60,00	56,97	81,84	-0,01	11,81
28b	cosmorb1	58,80	60,02	56,89	81,85	-0,02	11,90
29a	cosmorb1	57,92	59,13	58,05	81,36	-0,05	10,01
29b	cosmorb1	57,90	59,11	58,01	81,35	-0,05	10,03
30a	cosmorb1	56,53	57,64	53,30	80,54	0,12	13,02
30b	cosmorb1	56,54	57,65	53,38	80,55	0,12	12,96
6a	rexilb12	56,70	57,54	51,93	80,48	0,77	14,24
6b	rexilb12	56,75	57,60	51,95	80,52	0,77	14,29
7a	rexilb12	57,23	58,06	52,90	80,77	0,84	13,81
7b	rexilb12	57,31	58,17	52,91	80,83	0,76	13,90
8a	rexilb12	57,45	58,32	53,45	80,92	0,74	13,52
8b	rexilb12	57,51	58,41	53,48	80,97	0,66	13,58
9a	rexilb12	57,14	57,89	52,84	80,68	1,02	13,70
9b	rexilb12	57,18	57,96	52,82	80,72	0,95	13,78
10a	rexilb12	57,65	58,47	53,97	81,00	0,87	13,17
10b	rexilb12	57,69	58,48	53,98	81,01	0,94	13,17
16a	williab1	55,71	56,89	53,32	80,12	-0,10	12,28
16b	williab1	55,68	56,90	53,21	80,12	-0,19	12,38
17a	williab1	57,16	57,90	52,46	80,68	1,05	14,07
17b	williab1	57,13	57,86	52,39	80,66	1,05	14,11
18a	williab1	56,18	57,08	51,67	80,23	0,62	14,06
18b	williab1	56,13	57,04	51,65	80,20	0,59	14,04
19a	williab1	58,31	59,50	56,34	81,57	0,02	11,92

nº espécimen	Aleación/color	X	Y	Z	L	a	b
19b	williab1	58,31	59,45	56,52	81,54	0,15	11,71
20a	williab1	56,46	57,37	51,92	80,39	0,60	14,09
20b	williab1	56,49	57,39	51,90	80,40	0,63	14,12
l1	lectura1	56,56	57,73	54,55	80,59	-0,02	11,91
l2	lectura2	56,36	57,55	54,38	80,49	-0,07	11,89
l3	lectura3	56,36	57,61	54,37	80,52	-0,21	11,97
l4	lectura4	56,52	57,61	54,63	80,52	0,18	11,73
l5	lectura5	56,49	57,51	54,59	80,46	0,34	11,66
l6	lectura6	56,46	57,64	54,47	80,54	-0,05	11,90
l7	lectura7	56,36	57,58	54,38	80,50	-0,14	11,93
l8	lectura8	56,44	57,61	54,50	80,52	-0,01	11,85
l9	lectura9	56,50	57,56	54,61	80,49	0,26	11,69
l10	lectura10	56,47	57,57	54,53	80,50	0,15	11,78
p1	pose1	56,36	57,55	54,38	80,49	-0,07	11,89
p2	pose2	56,40	57,59	54,44	80,51	-0,07	11,89
p3	pose3	56,47	57,58	54,55	80,51	0,12	11,77
p4	pose4	56,36	57,55	54,38	80,49	-0,07	11,89
p5	pose5	56,36	57,61	54,37	80,52	-0,21	11,97
p6	pose6	56,46	57,64	54,47	80,54	-0,05	11,90
p7	pose7	56,36	57,58	54,38	80,50	-0,14	11,93
p8	pose8	56,41	57,62	54,42	80,53	-0,13	11,93
p9	pose9	56,44	57,59	54,50	80,51	0,02	11,83
p10	pose10	56,45	57,57	54,51	80,50	0,10	11,79
t1	temps1	56,45	57,62	54,49	80,52	-0,01	11,86
t2	temps2	56,40	57,57	54,44	80,50	-0,02	11,86
t3	temps3	56,45	57,61	54,49	80,52	-0,01	11,85
t4	temps4	56,45	57,57	54,53	80,50	0,12	11,78
t5	temps5	56,46	57,59	54,51	80,51	0,07	11,82

Tabla X

Valores triestímulo y CIE-Lab de todos los especímenes en luz A.

nº espécimen	Aleación/color	X	Y	Z	L	a	b
41a	actuala3	57,64	49,50	11,72	75,76	7,95	20,07
41b	actuala3	57,67	49,51	11,73	75,77	7,99	20,02
42a	actuala3	58,67	49,71	11,25	75,89	9,77	22,17
42b	actuala3	58,61	49,63	11,24	75,84	9,85	22,11
43a	actuala3	58,82	50,79	11,95	76,55	7,28	20,53
43b	actuala3	57,64	49,50	11,72	75,76	7,95	20,07
44a	actuala3	58,82	50,79	11,95	76,55	7,28	20,53
44b	actuala3	58,78	50,74	11,94	76,52	7,31	20,51
45a	actuala3	55,69	47,94	11,25	74,79	7,55	20,25
45b	actuala3	55,66	47,92	11,27	74,77	7,54	20,16
31a	bienora3	57,88	49,40	11,64	75,70	8,77	20,25
31b	bienora3	57,83	49,33	11,64	75,66	8,84	20,21
32a	bienora3	55,85	47,51	11,06	74,52	9,10	20,55
32b	bienora3	55,85	47,57	11,05	74,55	8,93	20,67
33a	bienora3	55,58	47,44	11,07	74,47	8,64	20,44
33b	bienora3	55,60	47,48	11,08	74,49	8,59	20,43
34a	bienora3	57,28	48,92	11,58	75,40	8,67	20,00
34b	bienora3	57,29	48,94	11,56	75,41	8,64	20,07
35a	bienora3	56,95	48,68	11,51	75,25	8,52	20,02
35b	bienora3	57,02	48,73	11,50	75,28	8,56	20,10
21a	cosmora3	57,14	48,39	11,06	75,07	9,75	21,50
21b	cosmora3	57,14	48,39	11,05	75,07	9,75	21,56
22a	cosmora3	57,07	48,60	11,27	75,20	9,02	20,88
22b	cosmora3	57,06	48,59	11,28	75,20	9,02	20,82
23a	cosmora3	56,82	48,11	11,01	74,89	9,77	21,40
23b	cosmora3	56,87	48,19	11,00	74,94	9,68	21,54
24a	cosmora3	56,42	48,09	11,12	74,88	8,88	20,93
24b	cosmora3	56,46	48,12	11,13	74,90	8,89	20,94
25a	cosmora3	56,87	48,40	11,19	75,07	9,11	20,98
25b	cosmora3	56,83	48,35	11,21	75,04	9,15	20,86
1a	rexila3	57,15	48,38	11,27	75,06	9,81	20,64
1b	rexila3	57,20	48,36	11,25	75,05	9,99	20,71
2a	rexila3	56,77	48,05	11,13	74,85	9,81	20,84
2b	rexila3	56,73	48,01	11,12	74,83	9,82	20,84
3a	rexila3	66,11	58,87	16,67	81,22	3,28	12,25
3b	rexila3	57,68	48,90	11,59	75,39	9,65	19,91
4a	rexila3	56,60	47,92	11,16	74,78	9,75	20,61
4b	rexila3	56,61	47,86	11,15	74,74	9,95	20,55
5a	rexila3	56,41	47,73	11,10	74,65	9,83	20,63
5b	rexila3	56,31	47,66	11,10	74,61	9,78	20,57
11a	williaa3	57,55	49,40	11,89	75,70	8,01	19,28
11b	williaa3	57,49	49,38	11,91	75,69	7,92	19,19
12a	williaa3	54,62	46,91	11,19	74,13	7,81	19,38
12b	williaa3	54,61	46,89	11,18	74,12	7,85	19,37
13a	williaa3	55,69	47,63	11,18	74,59	8,40	20,17
13b	williaa3	55,64	47,59	11,22	74,56	8,38	20,00

nº espécimen	Aleación/color	X	Y	Z	L	a	b
14a	williaa3	54,62	46,91	11,19	74,13	7,81	19,38
14b	williaa3	54,61	46,89	11,18	74,12	7,85	19,37
15a	williaa3	57,62	49,01	11,53	75,46	9,22	20,29
15b	williaa3	57,65	49,03	11,54	75,47	9,23	20,24
46a	actualb1	65,78	58,69	15,75	81,12	3,02	14,98
46b	actualb1	65,78	58,72	15,78	81,13	2,95	14,91
47a	actualb1	65,42	58,26	15,65	80,88	3,28	14,92
47b	actualb1	65,38	58,21	15,64	80,85	3,30	14,90
48a	actualb1	66,14	58,76	15,68	81,16	3,62	15,27
48b	actualb1	65,38	58,21	15,64	80,85	3,30	14,90
49a	actualb1	65,76	58,25	15,43	80,88	4,01	15,63
49b	actualb1	65,86	58,36	15,41	80,94	3,95	15,79
50a	actualb1	66,00	58,67	15,68	81,11	3,52	15,20
50b	actualb1	66,14	58,76	15,68	81,16	3,62	15,27
36a	bienorb1	62,97	56,19	15,69	79,72	2,94	12,78
36b	bienorb1	62,81	56,13	15,79	79,69	2,75	12,40
37a	bienorb1	62,84	56,17	15,79	79,71	2,71	12,43
37b	bienorb1	62,81	56,13	15,79	79,69	2,75	12,40
38a	bienorb1	62,94	56,29	16,01	79,78	2,64	11,83
38b	bienorb1	62,84	56,17	15,79	79,71	2,71	12,43
39a	bienorb1	62,97	56,19	15,69	79,72	2,94	12,78
39b	bienorb1	63,02	56,25	15,65	79,76	2,90	12,97
40a	bienorb1	62,94	56,29	16,01	79,78	2,64	11,83
40b	bienorb1	62,96	56,30	16,03	79,78	2,67	11,79
26a	cosmorb1	67,01	59,25	16,19	81,43	4,29	14,12
26b	cosmorb1	67,02	59,27	16,18	81,44	4,28	14,16
27a	cosmorb1	66,05	58,60	16,25	81,07	3,79	13,30
27b	cosmorb1	66,07	58,60	16,30	81,07	3,83	13,15
28a	cosmorb1	68,94	61,31	17,46	82,55	3,51	12,11
28b	cosmorb1	68,97	61,34	17,45	82,56	3,52	12,19
29a	cosmorb1	67,47	60,24	17,74	81,97	2,95	10,27
29b	cosmorb1	67,46	60,22	17,73	81,96	2,95	10,30
30a	cosmorb1	66,62	59,06	16,37	81,33	3,91	13,39
30b	cosmorb1	66,61	59,07	16,39	81,33	3,89	13,33
6a	rexilb12	67,23	59,20	15,96	81,40	4,88	14,81
6b	rexilb12	67,30	59,26	15,96	81,43	4,87	14,86
7a	rexilb12	67,78	59,69	16,24	81,67	4,86	14,38
7b	rexilb12	67,87	59,80	16,25	81,73	4,80	14,46
8a	rexilb12	67,94	59,91	16,41	81,79	4,68	14,06
8b	rexilb12	68,00	60,00	16,41	81,84	4,62	14,11
9a	rexilb12	67,67	59,55	16,21	81,59	4,98	14,34
9b	rexilb12	67,73	59,61	16,21	81,63	4,96	14,39
10a	rexilb12	68,10	60,05	16,54	81,87	4,71	13,76
10b	rexilb12	68,17	60,08	16,55	81,88	4,77	13,77
16a	williab1	65,45	58,19	16,36	80,84	3,51	12,57
16b	williab1	65,42	58,19	16,33	80,84	3,43	12,66
17a	williab1	67,78	59,59	16,11	81,62	5,11	14,70
17b	williab1	67,76	59,56	16,09	81,60	5,14	14,73
18a	williab1	66,55	58,68	15,87	81,12	4,66	14,58
18b	williab1	66,48	58,63	15,87	81,09	4,64	14,56
19a	williab1	68,41	60,82	17,27	82,28	3,54	12,23

nº espécimen	Aleación/color	X	Y	Z	L	a	b
19b	williab1	68,38	60,77	17,32	82,25	3,62	12,05
20a	williab1	66,86	58,97	15,95	81,28	4,63	14,61
20b	williab1	66,92	59,00	15,95	81,29	4,70	14,64
l1	lectura1	66,33	59,01	16,72	81,30	3,42	12,24
l2	lectura2	66,12	58,82	16,67	81,19	3,41	12,20
l3	lectura3	66,11	58,87	16,67	81,22	3,28	12,25
l4	lectura4	66,30	58,91	16,74	81,24	3,60	12,08
l5	lectura5	66,24	58,83	16,70	81,20	3,64	12,12
l6	lectura6	66,22	58,92	16,69	81,25	3,42	12,22
l7	lectura7	66,11	58,84	16,67	81,21	3,35	12,23
l8	lectura8	66,20	58,89	16,70	81,23	3,44	12,16
l9	lectura9	66,27	58,87	16,72	81,22	3,62	12,10
l10	lectura10	66,23	58,88	16,70	81,22	3,53	12,17
p1	pose1	66,12	58,82	16,67	81,19	3,41	12,20
p2	pose2	66,16	58,87	16,69	81,22	3,40	12,20
p3	pose3	66,24	58,88	16,71	81,23	3,53	12,13
p4	pose4	66,12	58,82	16,67	81,19	3,41	12,20
p5	pose5	66,11	58,87	16,67	81,22	3,28	12,25
p6	pose6	66,22	58,92	16,69	81,25	3,42	12,22
p7	pose7	66,11	58,84	16,67	81,21	3,35	12,23
p8	pose8	66,16	58,89	16,68	81,23	3,35	12,24
p9	pose9	66,21	58,88	16,70	81,22	3,48	12,15
p10	pose10	66,20	58,86	16,69	81,22	3,50	12,18
t1	temps1	66,22	58,90	16,70	81,23	3,45	12,19
t2	temps2	66,16	58,85	16,68	81,21	3,42	12,20
t3	temps3	66,21	58,89	16,70	81,23	3,44	12,18
t4	temps4	66,21	58,86	16,70	81,22	3,52	12,15
t5	temps5	66,22	58,88	16,70	81,23	3,49	12,17

11.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En primer lugar se evaluó la fiabilidad de la máquina midiendo una misma muestra varias veces (varianza intra medida), una misma muestra en posiciones diferentes para ver la influencia tanto de la superficie, como de la zona leída (varianza entre medida) y, por último si varían los resultados al leer una misma muestra en momentos diferentes. El análisis descriptivo de la varianza intra medida y la varianza entre medida se encuentran en el Anexo 2.

El análisis descriptivo de la varianza intra medidas muestra la dispersión que puede tener una misma muestra leida varias veces por el mismo espectrofotómetro y en la misma posición, y con él observamos que el parámetro L (Luminosidad) además de ser el parámetro que menor dispersión muestra (std dev 0,03), ésta se mantiene independientemente del iluminante que utilicemos.

El parámetro que más dispersión tiene és el a*(eje rojo-verde) tanto con el iluminante D65 (std dev 0,17) como con el iluminante C y A (std dev 0,12).

El análisis descriptivo de la varianza entre medidas nos permite mostrar la dispersión que puede tener una misma muestra leida varias veces por el mismo espectrofotómetro pero en posiciones diferentes. Observamos que el parámetro L (Luminosidad) es el parámetro que menor dispersión tiene (std dev 0,02) y esta, se mantiene independientemente del iluminante utilizado al igual que en la varianza intra medida.

El parámetro que más dispersión tiene es el a* (eje rojo-verde), pero seguido muy de cerca por el parámetro b* (eje amarillo-azul), tanto con el iluminante D65 (std dev 0,10) como con el iluminante C (std dev 0,11) y A (std dev 0,08).

Por último mostrar la dispersión que puede tener una misma muestra leida varias veces por el mismo espectrofotómetro pero en momentos diferentes del dia; observamos que ésta varia según el parámetro leído y según el iluminante usado. Siguiendo la misma tendencia anterior observamos que el parámetro que menos dispersión tiene es el L (std dev 0,01) y que el iluminante que menos dispersión da es el C, tanto para el parámetro a* (std dev 0,06), como para el parámetro b* (std dev 0,04).

Con la Dispersión obtenida, que se encuentra entre valores de ± 0,01 y ± 0,18 nos permite considerar una distribución de los datos adecuada para seguir con nuestro estudio estadístico.

Dado que de cada muestra estudiada se disponen de dos medidas para cada componente de definición del color, se ha calculado L*, a * y b* como la media aritmética de las dos observaciones, realizando tablas descriptivas de los resultados obtenidos en unidades CIE-Lab como se muestra en el Anexo 3.

Con estos nuevos valores se ha calculado la variable DE* que resume las diferencias de color entre el tipo de luz D65 y las otras dos (A y C) mediante la formula:

$$\Delta E^* = \left((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right)^{1/2}$$

donde:

$$\Delta L^* = L^*_{D65} - L^*_{(luz\ C\ o\ A)}$$

$$\Delta a^* = a^*_{D65} - a^*_{(luz\ C\ o\ A)}$$

$$\Delta b^* = b^*_{D65} - b^*_{(luz\ C\ o\ A)}$$

De manera que obtenemos una matriz de resultados que es la que analizaremos estadísticamente. (Tabla XI)

TABLA XI

MATRIZ DE RESULTADOS

ident. de la muestras	carateristicas de la muestra	$\Delta E^*_{(B-d65)}$	$\Delta E^*_{(A-d65)}$
41 a	actuala 3	0.84	4.72
42 a	actuala 3	0.92	5.16
43 a	actuala 3	0.86	4.79
44 a	actuala 3	0.87	4.87
45 a	actuala 3	0.84	4.70
31 a	bienora 3	0.83	4.67
32 a	bienora 3	0.85	4.72
33 a	bienora 3	0.84	4.63
34 a	bienora 3	0.83	4.61
35 a	bienora 3	0.83	4.58
21 a	cosmora 3	0.89	4.96
22 a	cosmora 3	0.86	4.79
23 a	cosmora 3	0.89	4.94
24a	cosmora 3	0.86	4.76
25 a	cosmora 3	0.86	4.80
1a	rexila 3	0.86	4.88
2a	rexila 3	0.86	4.89
3a	rexila 3	0.66	3.89
4a	rexila 3	0.85	4.87
5a	rexila 3	0.86	4.86
11a	williaa 3	0.79	4.44
12a	williaa 3	0.80	4.41
13a	williaa 3	0.82	4.58
14a	williaa 3	0.80	4.41
15a	williaa 3	0.84	4.71
46a	actualb 1	0.68	4.18
47 a	actualb 1	0.63	4.01
48 a	actualb 1	0.64	4.05
49 a	actualb 1	0.65	4.14
50 a	actualb 1	0.66	4.11
36a	bienorb 1	0.50	3.06
37a	bienorb 1	0.49	3.02
38a	bienorb 1	0.48	2.98
39a	bienorb 1	0.51	3.13
40a	bienorb 1	0.46	2.92
26a	cosmorb 1	0.56	3.60
27a	cosmorb 1	0.53	3.41
28a	cosmorb 1	0.49	3.16
29a	cosmorb 1	0.41	2.70
30a	cosmorb 1	0.54	3.39
6a	rexilb 12	0.59	3.72
7a	rexilb 12	0.58	3.65
8a	rexilb 12	0.57	3.58
9a	rexilb 12	0.58	3.62
10a	rexilb 12	0.55	3.49
16a	williab 1	0.50	3.24
17a	williab 1	0.60	3.70
18a	williab 1	0.58	3.66
19a	williab 1	0.49	3.13
20a	williab 1	0.59	3.65

Con la nueva variable ΔE^* se ha realizado un Análisis de la Varianza, habiendo verificado previamente las condiciones de aplicación, para examinar los efectos de variar las diferentes aleaciones a estudiar, respecto la diferencia de color ΔE^*.

ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA)

La hipotesis nula (H_0) es que todas las aleaciones tienen los mismos parámetros de color y no hay diferencias de color entre ellas.

La hipótesis alternativa (H_1) es que alguna de las aleaciones tiene parámetros de definición del color que provocan diferencias de color respecto a las demás.

Mediante la prueba de comparación múltiple de medianas de Tuckey (hsd) se han localizado las diferencias significativas entre pares de aleaciones, en los casos en que se refute la hipótesis nula del analisis de la varianza.

Se ha de significar que todas las pruebas se han realizado con un nivel de significación de α=0.05.

ANOVA para diferenciar aleaciones para ΔE* con luz A y color A3.

Source	F Ratio	F Prob
Entre Grupos	2.0289	0.1289

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error
Actuala3	5	4.8479	0.1858	0.0831
Bienora3	5	4.6430	0.0546	0.0244
Cosmora3	5	4.8509	0.0909	0.0407
Rexila3	5	4.6791	0.4420	0.1977
Williaa3	5	4.5112	0.1304	0.0583
Total	25	4.7064	0.2459	0.0492

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
3.2570	4	20	0.033

Dado que F(0,128)>P(0,05), para especímenes de color a3, con una luz A (tipo de luz incandescente de 2856°K) el uso de una aleación u otra no produce diferencias de color.(Gráfico 1)

ANOVA para diferenciar aleaciones para ΔE* con luz C y color A3.

Source	F Ratio	F Prob.
Entre Grupos	2.0132	0.1313

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error
Actuala3	5	0.8678	0.0342	0.0153
Bienora3	5	0.8363	0.0085	0.0038
Cosmora3	5	0.8704	0.0178	0.0080
Rexila3	5	0.8192	0.0865	0.0387
Williaa3	5	0.8095	0.0224	0.0100
Total	25	0.8407	0.0472	0.0094

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
3.5302	4	20	0.025

Dado que F(0,1313)>P(0,05), para especímenes de color A3, con una luz C (tipo de luz día de 6774°K) el uso de una aleación u otra no produce diferencias de color. (Gráfico 2)

Gráfico 1. Anova para diferenciar entre las aleaciones con color A3 y luz A

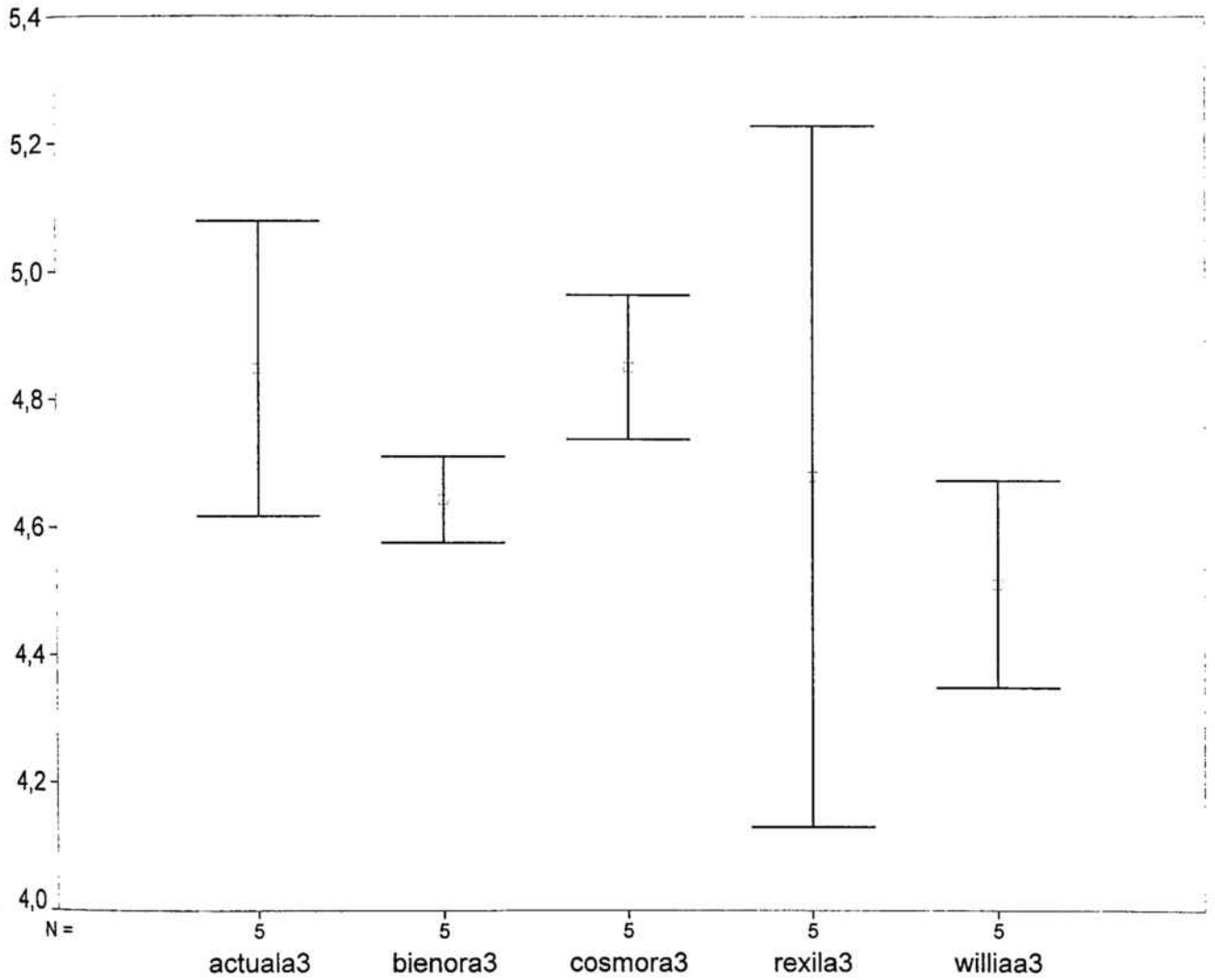
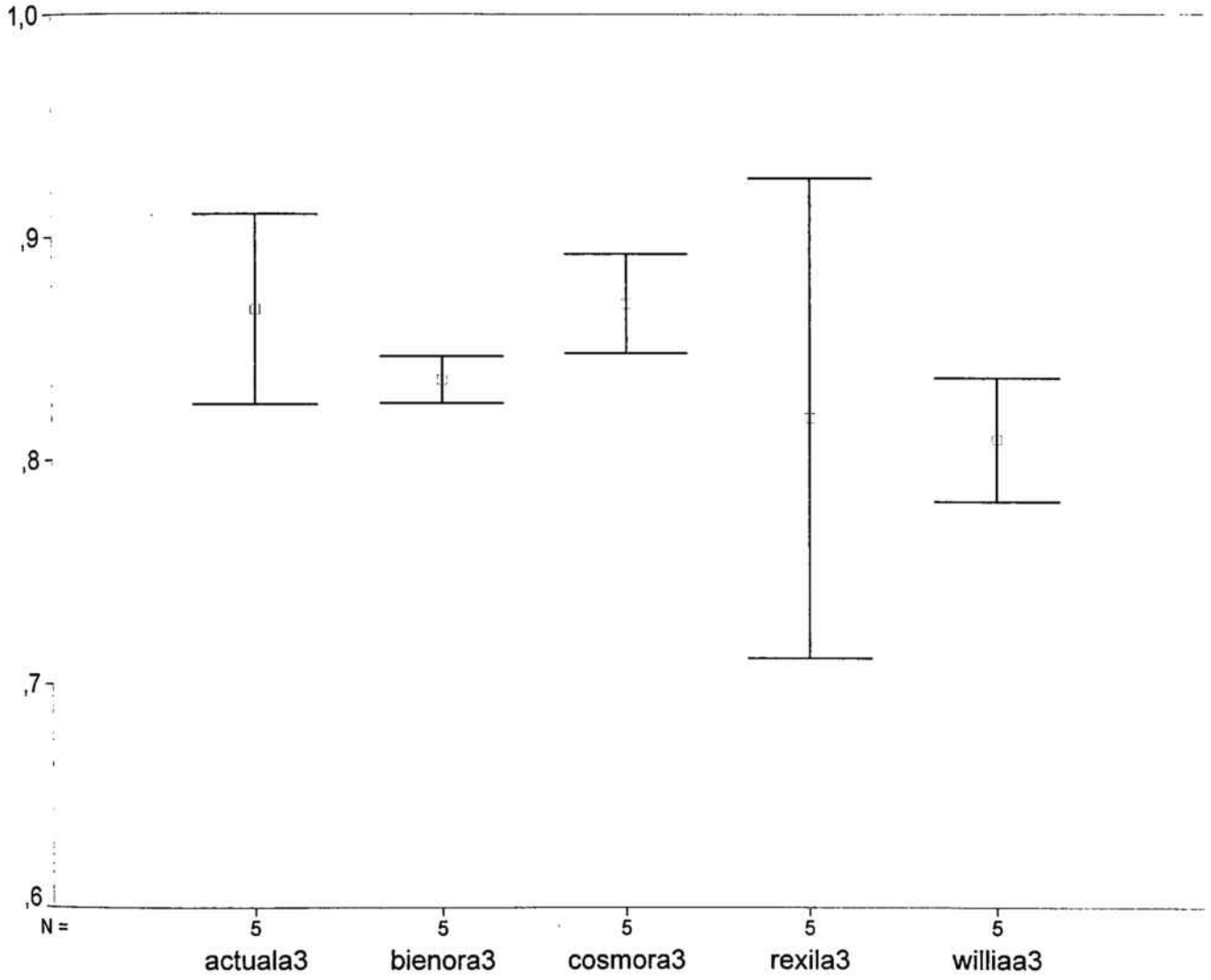


Gráfico 2. Anova para diferenciar entre las aleaciones con color A3 y luz C



ANOVA para diferenciar entre aleaciones para ΔE* con luz C y color B1.

Source	F Ratio	F Prob.
Entre Grupos	15.2138	0.000

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error
Actualb1 (1)	5	0.6535	0.0155	0.0069
Bienorb1 (2)	5	0.4899	0.0192	0.0086
Cosmorb1 (3)	5	0.5048	0.0592	0.0265
Rexilb12 (4)	5	0.5729	0.0139	0.0062
Williab1 (5)	5	0.5522	0.0509	0.0228
Total	25	0.5546	0.0682	0.0136

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
5.6234	4	20	0.003

Multiple Range Tests: Tuckey-HSD test with significance level 0.050
(*) Indicates significant differences which are show in the lower triangle

		G r p 2	G r p 3	G r p 5	G r p 4	G r p 1
Mean	Factor					
0.4899	Grp 2					
0.5048	Grp 3					
0.5522	Grp 5					
0.5729	Grp 4	*				
0.6535	Grp 1	*	*	*	*	

Dado que F(0,00)<P(0,05), para especimenes de color b1, con una luz C (tipo de luz dia de 6774°k) el uso de un metal u otro sí produce diferencias de color. Con la aplicación del test de Tukey para observar entre que grupos encontramos diferencias, observamos que existen diferencias significativas de color entre la aleación Actual y el resto de las aleaciones. También observamos diferencias entre la aleación Rexilium III y la Esteticor Bienor.

ANOVA para diferenciar entre aleaciones para ΔE* con luz A y color B1.

Source	F Ratio	F Prob.
Entre Grupos	19.5922	0.0000

p< 0.0005

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error
Actualb1 (1)	5	4.0986	0.0667	0.0298
Bienorb1 (2)	5	3.0222	0.0784	0.0351
Cosmorb1 (3)	5	3.2510	0.3466	0.1550
Rexilb12 (4)	5	3.6124	0.0877	0.0392
Williab1 (5)	5	3.4762	0.2694	0.1205
Total	25	3.4921	0.4159	0.0832

Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
5.6561	4	20	0.003

Multiple Range Tests: Tuckey-HSD test with significance level 0.050
(*) Indicates significant differences which are show in the lower triangle

		Grp 2	Grp 3	Grp 5	Grp 4	Grp 1
Mean	Factor					
3.0222	Grp 2					
3.2510	Grp 3					
3.4762	Grp 5	*				
3.6124	Grp 4	*				
4.0986	Grp 1	*	*	*	*	

Dado que F(0,00)<P(0,05), para especímenes de color B1, con una luz A (tipo de luz tungsteno de 2856°K) el uso de un metal u otro si produce diferencias de color. Aplicando el test de Tukey, observamos que existen diferencias significativas entre el color obtenido usando Actual y el resto de las aleaciones. También observamos diferencias entre la aleación Rexilium III y la Esteticor Biennor así como entre el Piscis Williams y el Esteticor Biennor.

Para detectar que componente de definición del color (L*, a*, b*) provocaba la diferencia de color, se utilizó la prueba t-student para muestras independientes corregido por Bonferroni (para no arrastrar errores) sobre las variables de definición de color.

DIFERENCIA ENTRE ACTUAL B1 Y BIENOR B1 en luz C.

$\alpha = 0.01$

1-L*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DLC				
actualb1	5	-0.0196	0.002	0.001
bienorb1	5	-0.0180	0.001	0.001

diferencia media= -0.0016

Levene ' s Test for Equality of Variances: **F= 0.490 P= 0.504**

t-test for Equality of Means

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	-1.27	8	**0.240 ***	0.001	(-0.005;0.001)
Unequal	-1.27	6.42	0.248	0.001	(-0.005;0.001)

No existen diferencias de Luminosidad entre Actual y el Bienor con un color B1 bajo una luz dia C.

2-a*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DAC				
actualb1	5	0.6139	0.011	0.005
bienorb1	5	0.4784	0.018	0.008

diferencia media=0.1355

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=1.083 P=0.329

t-test for Equality of Means

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	14.22	8	0.000 *	0.010	(0.114;0.157)
Unequal	14.22	6.47	0.000	0.010	(0.112;0.159)

Si existen diferencias de a* (verde-rojo) entre Actual y Bienor con un color B1 bajo una luz dia C.

3-b*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DBC				
actualb1	5	-0.2223	0.025	0.011
bienorb1	5	-0.1038	0.006	0.003

diferencia media=-0.1185

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=3.688 P=0.091

t-test for Equality of Means

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	-10.52	8	0.000	0.011	(-0.144;-0.092)
Unequal	-10.52	4.43	0.000	0.011	(-0.150;-0.087)

Si existen diferencias de b* (amarillo-azul) entre Actual y Bienor con un color B1 y bajo una luz dia C.

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Biblioteca
Àrea de Ciències
CAMPUS

DIFERENCIA ENTRE ACTUAL B1 Y BIENOR B1 en luz A

a=0.008

1-L*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DLA				
actualb1	5	-0.7990	0.048	0.022
bienorb1	5	-0.6817	0.025	0.011

diferencia media=-0.1173

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=0.870 P=0.378

t-test for Equality of Means

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	-4.82	8	0.001*	0.024	(-0.173;-0.061)
Unequal	-4.82	6.02	0.003	0.024	(-0.177;-0.058)

Si existen diferencias de L* (luminosidad) entre Actual y Bienor con un color B1 bajo una luz de tipo tungsteno (A).

2-a*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DAA				
actualb1	5	-4.0172	0.068	0.030
bienorb1	5	-2.9279	0.074	0.033

diferencia media=-1.0893

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=0.008 P=0.932

t-test for Equality of Means

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	-24.27	8	0.000*	0.045	(-1.193;-0.986)
Unequal	-24.27	7.95	0.000	0.045	(-1.193;-0.986)

Si existen diferencias de a* (verde-rojo) entre Actual y Bienor con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

3-b*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DBA				
actualb1	5	-0.0906	0.125	0.056
bienorb1	5	-0.3101	0.017	0.008

diferencia media=0.2194

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=2.819 P=0.132

t-test for Equality of Means

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	3.90	8	0.005*	0.056	(0.090;0.349)
Unequal	3.90	4.15	0.016	0.056	(0.063;0.376)

Si existen diferencias de b* (amarillo-azul) entre Actual y Bienor con un color B1 bajo una luz tipo bombilla de tungsteno (A).

DIFERENCIAS ENTRE ACTUAL B1 Y COSMOR B1 EN LUZ C

a=0.01

1-L*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DLC				
actualb1	5	-0.0196	0.002	0.001
cosmorb1	5	-0.0227	0.003	0.002

diferencia media=0.0030

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=0.402 P=0.544

t-test for Equality of Means

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	1.62	8	0.145*	0.002	(-0.001;0.007)
Unequal	1.62	7.25	0.149	0.002	(-0.001;0.007)

No existen diferencias de L* (luminosidad) entre Actual y Cosmor con un color B1 bajo una luz dia C.

2-a*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DAC				
actualb1	5	0.6139	0.011	0.005
cosmorb1	5	0.4919	0.057	0.026

diferencia media=0.1220

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=5.983 P=0.040 T-t-test for Equality of Means

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	4.69	8	0.002	0.026	(0.062;0.182)
Unequal	4.69	4.29	0.008*	0.026	(0.050;0.194)

Si existen diferencias de a* (rojo-verde) entre Actual y Cosmor con un color B1 bajo una luz dia C.

3-b*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DBC				
actualb1	5	-0.2223	0.025	0.011
cosmorb1	5	-0.1112	0.015	0.007

diferencia media=-0.1111

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=0.530 P=0.487 T-t-test for Equality of Means

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	-8.61	8	0.000*	0.013	(-0.141;-0.081)
Unequal	-8.61	6.67	0.000	0.013	(-0.142;-0.081)

Si existen diferencias de b* (amarillo-azul) entre Actual y Cosmor con un color B1 bajo una luz dia C.

DIFERENCIAS ENTRE ACTUAL B1 Y COSMOR B1 EN LUZ A

α=0.008

1-L*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DLA				
actualb1	5	-0.7990	0.048	0.022
cosmorb1	5	-0.7645	0.093	0.042

diferencia media=-0.0345

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=1.956 P=0.200 **T-t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	-0.73	8	0.484*	0.047	(-0.143;0.074)
Unequal	-0.73	6.00	0.491	0.047	(-0.150;0.081)

No existen diferencias de L* (luminosidad) entre Actual y Cosmor con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

2-a*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DAA				
actualb1	5	-4.0172	0.068	0.030
cosmorb1	5	-3.1288	0.328	0.147

diferencia media=-0.8884

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=5.269 P=0.051 **T-t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	-5.92	8	0.000*	0.150	(-1.234;-0.542)
Unequal	-5.92	4.34	0.003	0.150	(-1.305;-0.472)

Si existen diferencias de a* (rojo-verde) entre Actual y Cosmor con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A) .

3-b*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DBA				
actualb1	5	-0.0906	0.125	0.056
cosmorb1	5	-0.4409	0.071	0.032

diferencia media=0.3502

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=0.318 P=0.588 **T-t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	5.46	8	0.001*	0.064	(0.202;0.498)
Unequal	5.46	6.36	0.001	0.064	(0.193;0.507)

Si existen diferencias de b* (amarillo- azul) entre Actual y Cosmor con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

DIFERENCIAS ENTRE ACTUAL B1 Y REXILIUM III B1 CON LUZ C

α=0.01

1-L*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DLC				
actualb1	5	-0.0196	0.002	0.001
rexilb12	5	-0.0291	0.001	0.000

diferencia media=0.0095

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=2.180 P=0.178 **T-t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	8.23	8	0.000*	0.001	(0.007;0.012)
Unequal	8.23	4.88	0.000	0.001	(0.007;0.012)

Si existen diferencias de L (luminosidad) entre Actual y Rexilium III con un color B1 bajo una luz tipo dia C.

2-a*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DAC				
actualb1	5	0.6139	0.011	0.005
rexilb12	5	0.5588	0.014	0.006

diferencia media=0.0551

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=0.082 P=0.782 **T-t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	7.11	8	0.000*	0.008	(0.037;0.073)
Unequal	7.11	7.62	0.000	0.008	(0.037;0.073)

Si existen diferencias de a* (rojo-verde) entre Actual y Rexilium III con un color B1 bajo una luz tipo dia C.

3-b*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DBC				
actualb1	5	-0.2223	0.025	0.011
rexilb12	5	-0.1228	0.003	0.001

diferencia media=-0.0995

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=5.021 P=0.055 **T-t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	-9.00	8	0.000*	0.011	(-0.125;-0.074)
Unequal	-9.00	4.13	0.001	0.011	(-0.130;-0.069)

Si existen diferencias de b* (amarillo-azul) entre Actual y Rexilium III con un color B1 bajo una luz tipo dia C.

DIFERENCIAS ENTRE ACTUAL B1 Y REXILIUM III B1 CON LUZ A

a=0.008

1-L*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DLA				
actualb1	5	-0.7990	0.048	0.022
rexilb12	5	-0.9229	0.022	0.010

diferencia media=0.1239

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=1.109 P=0.323 **T-t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	5.22	8	0.001*	0.024	(0.069;0.179)
Unequal	5.22	5.61	0.002	0.024	(0.066;0.182)

Si existen diferencias de L (luminosidad) entre Actual y Rexilium III con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

2-a*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DAA				
actualb1	5	-4.0172	0.068	0.030
rexilb12	5	-3.4217	0.088	0.039

diferencia media=-0.5955

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=0.146 P=0.713

T-t-test for Equality of Means

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	-11.97	8	0.000*	0.050	(-0.710;-0.481)
Unequal	-11.97	7.53	0.000	0.050	(-0.710;-0.481)

Si existen diferencias de a* (rojo-verde) entre Actual y Rexilium III con un color b1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

3-b*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DBA				
actualb1	5	-0.0906	0.125	0.056
rexilb12	5	-0.6991	0.031	0.014

diferencia media=0.6085

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=2.108 P=0.185 **T-t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	10.60	8	0.000*	0.057	(0.476;0.741)
Unequal	10.60	4.49	0.000	0.057	(0.449;0.768)

Si existen diferencias de b* (amarillo-azul) entre Actual y Rexilium III con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

DIFERENCIAS ENTRE ACTUAL B1 Y PISCIS B1 CON LUZ C

a=0.01

1-L*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DLC				
actualb1	5	-0.0196	0.002	0.001
williab1	5	-0.0264	0.005	0.002

diferencia media=0.0067

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=5.806 P=0.043 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	2.87	8	0.021	0.002	(0.001;0.012)
Unequal	**2.87**	6.04	**0.028**	0.002	**(0.001;0.012)**

Si existen diferencias de L (luminosidad) entre Actual y Williams Piscis con un color B1 bajo una luz tipo dia C.

2-a*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DAC				
actualb1	5	0.6139	0.011	0.005
williab1	5	0.5384	0.050	0.022

diferencia media=0.0755

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=37.304 P=0.000 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	3.33	8	0.010	0.023	(0.023;0.128)
Unequal	**3.33**	4.38	**0.025**	0.023	**(0.013;0.138)**

Si existen diferencias de a* (rojo-verde) entre Actual y Williams Piscis con un color B1 bajo una luz tipo dia C.

3-b*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DBC				
actualb1	5	-0.2223	0.025	0.011
williab1	5	-0.1196	0.011	0.005

diferencia media=-0.1027

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=1.210 P=0.303 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	**-8.49**	8	**0.000**	0.012	**(-0.131;-0.075)**
Unequal	-8.49	5.65	0.000	0.012	(-0.132;-0.073)

Si existen diferencias de b* (amarillo-azul) entre Actual y Williams Piscis con un color B1 bajo una luz tipo dia C.

DIFERENCIAS ENTRE ACTUAL B1 Y PISCIS B1 CON LUZ A

a=0.008

1-L*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DLA				
actualb1	5	-0.7990	0.048	0.022
williab1	5	-0.8574	0.108	0.048

diferencia media=0.0584

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=10.119 P=0.013 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	1.11	8	0.301	0.053	(-0.063;-0.180)
Unequal	**1.11**	5.54	**0.314**	0.053	**(-0.071;-0.188)**

Si existen diferencias de L (luminosidad) entre Actual y Williams Piscis con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

2-a*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DAA				
actualb1	5	-4.0172	0.068	0.030
williab1	5	-3.3174	0.230	0.103

diferencia media=-0.6998

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=21.420 P=0.002 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	-6.53	8	0.000	0.107	(-0.947;-0.452)
Unequal	**-6.53**	4.70	**0.002**	0.107	**(-0.976;-0.424)**

Existen diferencias de a* (rojo-verde) entre Actual y Williams Piscis con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

3-b*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DBA				
actualb1	5	-0.0906	0.125	0.056
williab1	5	-0.5752	0.156	0.070

diferencia media=0.4845

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=1.249 P=0.296 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	**5.44**	8	**0.001**	0.089	**(0.279;0.690)**
Unequal	5.44	7.63	0.001	0.089	(0.279;0.690)

Si existen diferencias de b* (amarillo-azul) entre Actual y Williams Piscis con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

DIFERENCIAS ENTRE BIENOR B1 Y REXILIUM III B1 CON LUZ C

α=0.01

1-L*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DLC				
bienorb1	5	-0.0180	0.001	0.001
rexilb12	5	-0.0291	0.001	0.000

diferencia media=0.0111

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=3.522 P=0.097 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	15.16	8	0.000*	0.001	(0.009;0.013)
Unequal	15.16	6.37	0.000	0.001	(0.009;0.013)

Si existen diferencias de L (luminosidad) entre Biennor y Rexilium III con un color B1 bajo una luz tipo dia C.

2-a*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DAC				
bienorb1	5	0.4784	0.018	0.008
rexilb12	5	0.5588	0.014	0.006

diferencia media=-0.0804

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=0.485 P=0.506 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	-7.88	8	0.000*	0.010	(-0.104;-0.057)
Unequal	-7.88	7.35	0.000	0.010	(-0.105;-0.056)

Existen diferencias de a* (rojo-verde) entre Biennor y Rexilium III con un color B1 bajo una luz tipo dia C.

3-b*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DBC				
bienorb1	5	-0.1038	0.006	0.003
rexilb12	5	-0.1228	0.003	0.001

diferencia media=0.0190

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=1.112 P=0.322 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	6.55	8	0.000*	0.003	(0.012;0.026)
Unequal	6.55	6.23	0.001	0.003	(0.012;0.026)

Si existen diferencias de b* (amarillo-azul) entre Biennor y Rexilium III con un color B1 bajo una luz tipo dia C.

DIFERENCIAS ENTRE BIENOR B1 Y REXILIUM III B1 CON LUZ A

∝=0.008

1-L*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DLA				
bienorb1	5	-0.6817	0.025	0.011
rexilb12	5	-0.9229	0.022	0.010

diferencia media=0.2412

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=0.029 P=0.869 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	16.12	8	0.000	0.015	(0.207;0.276)
Unequal	16.12	7.87	0.000	0.015	(0.207;0.276)

Si existen diferencias de L (luminosidad) entre Biennor y Rexilium III con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

2-a*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DAA				
bienorb1	5	-2.9279	0.74	0.033
rexilb12	5	-3.4217	0.088	0.039

diferencia media=0.4937

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=0.084 P=0.780 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	9.62	8	0.000*	0.051	(0.375;0.612)
Unequal	9.62	7.76	0.000	0.051	(0.375;0.612)

Si existen diferencias de a* (rojo-verde) entre Biennor y Rexilium III con un color B1 bajo una luz tipo Tungsteno (A).

3-b*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DBA				
bienorb1	5	-0.3101	0.017	0.008
rexilb12	5	-0.6991	0.031	0.014

diferencia media=0.3891

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=0.691 P=0.430 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	24.61	8	0.000*	0.016	(0.353;0.426)
Unequal	24.61	6.26	0.000	0.016	(0.350;0.428)

Si existen diferencias de b* (amarillo-azul) entre Biennor y Rexilium III con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

DIFERENCIAS ENTRE BIENOR B1 Y PISCIS B1 CON LUZ A

α=0.008

1-L*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DBA				
bienorb1	5	-0.6817	0.025	0.011
williab1	5	-0.8574	0.108	0.048

diferencia media=0.1757

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=27.807 P=0.001 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	3.55	8	0.008	0.049	(0.062;0.290)
Unequal	3.55	4.43	0.020	0.049	(0.038;0.313)

Si existen diferencias de L (luminosidad) entre Biennor y Williams Piscis con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

2-a*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DAA				
bienorb1	5	-2.9279	0.074	0.033
williab1	5	-3.3174	0.230	0.103

diferencia media=0.3894

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=18.956 P=0.002 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	3.61	8	0.007	0.108	(0.140;0.638)
Unequal	3.61	4.81	0.016	0.108	(0.112;0.667)

Existen diferencias de a* (rojo-verde) entre Biennor y Williams Piscis con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

3-b*

VARIABLE	NUMERO DE CASOS	MEDIA	SD	SE OF MEAN
DBA				
bienorb1	5	-0.3101	0.017	0.008
williab1	5	-0.5752	0.156	0.070

diferencia media=0.2651

Levene ' s Test for Equality of Variances: F=23.298 P=0.001 **t-test for Equality of Means**

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE od Diff	CI for Diff 95%
Equal	3.79	8	0.005	0.070	(0.104;0.427)
Unequal	3.79	4.10	0.019	0.070	(0.071;0.460)

Si existen diferencias de b* (amarillo-azul) entre Biennor y Williams Piscis con un color B1 bajo una luz tipo tungsteno (A).

12. DISCUSIÓN

12. DISCUSIÓN

La predictibilidad de los resultados estéticos, se ha considerado en Odontología como uno de los factores de calidad de las restauraciones protésicas.

La necesidad de un estudio exhaustivo de todos y cada uno de los factores que puedan influir en la elaboración de una restauración metalo-cerámica, podría llegar a controlar y predecir el resultado final de su elaboración.

Muchos han sido los factores descritos en la literatura como influyentes en menor o mayor grado en el color de una restauración, los cuales han sido expuestos en nuestra revisión.

DEL MATERIAL Y MÉTODO

Un factor contrastado como influyente, es el grosor de la cerámica[55]. Los estudios que se han realizado, han sido diseñados con un intervalo de grosor de 0,5 a 3 mm, aunque la mayoría de Técnicos Dentales, necesitan 1.0 mm de porcelana adicional sobre la capa de opaquer para imitar con eficacia la guía de tonalidades o replicar un diente natural[56].

Hemos escogido un grosor de aproximadamente 1mm de dentina de cuerpo (después de cocción), para conseguir de esta forma unos resultados que sean lo más reales posibles y que clínicamente tengan aplicación, aunque con ello determinemos nuestros resultados a este grosor de dentina.

La tonalidad, puede variar en función de la temperatura de cocción en el laboratorio, por ejemplo, del amarillo al verde, entre 990 y 1.140°C, peligro que debe evitarse [42].

El número de cocciones de la cerámica ha sido otro de los parámetros de estudio sobre los cambios de color. Debido a este factor, hemos realizado el mismo número de cocciones en todos los especímenes, de forma que controlaremos una variable que nos podría influir en los resultados [57,58].

Tanto la marca comercial de cerámica utilizada como el líquido de modelar utilizado[59] son variables que han sido estudiadas con resultados contradictorios, no obstante en nuestro estudio estas variables han sido controladas con el uso de una sola marca comercial de cerámica y su consiguiente líquido de modelar.

Miller nos indica en 1994 que la cerámica dental que se utiliza en clínica para la restauración protésica difiere de la de la guía de tonalidades. Estas diferencias, son: que tanto el tipo de cerámica utilizada, como el número de cocciones entre una y la otra, además del grosor y de la estratificación que son diferentes; sin olvidar naturalmente que la guía de tonalidades no tiene como base de la cerámica una base opaca metálica[56].

La selección del color suele ser un tema crítico para muchos pacientes, y aunque la participación del paciente es deseada y esencial, es el Odontólogo el que finalmente asume la responsabilidad de la selección del color definitivo de la restauración.

Por ello, los tonos escogidos por el Odontólogo, con ayuda de los muestrarios de matices o "juegos de colores", no nos acercan a una realidad del color, dando lugar a la necesidad de realizar guías individualizadas para comparar nuestros modelos a restaurar, no con guías estandards, sino con la cerámica y el grosor que utilizamos habitualmente; y controlar así la mayoría de factores influyentes[60].

No obstante, es muy difícil conseguir la igualación perfecta del color, ya sea por que las cerámicas dentales no abarcan el mismo área de color que los dientes naturales[50], por la existencia de una visión anómala del color por parte del profesional, o bien por la iluminación en que la lectura del color se realiza.

Las tres fuentes de luz más probables que un paciente hallará en una consulta son: la luz natural (no la luz del sol directa), tubos fluorescentes con corrección del color y bombillas incandescentes.

El Odontólogo debe controlar la calidad y la cantidad de luz ambiental. Segun Miller la luz artificial controlada a una temperatura Kelvin de alrededor de 5.500° K y una intensidad de 175-200 bujías ofrece la máxima fiabilidad[56]. Es esencial el control de estas dos dimensiones de la luz para conseguir una estandarización ya que la luz natural varía constantemente. Se puede utilizar la luz natural indirecta de buena calidad para aumentar la luz artificial.

Para aproximarse lo máximo posible a la luz del día, se puede utilizar la fuente luminosa ideada por Gamain[61], que combina tubos fluorescentes, lámparas de incandescencia y de vapor de mercurio para proporcionar una temperatura de color de 5.500 kelvins, mientras que la de la luz solar que ha atravesado la atmósfera es del orden de 6.200 K y de 6.000 K para la luz del día con cielo cubierto.

La luz exterior que entra por la ventana de la habitación está potenciando la luz ambiental controlada y rompiendo el equilibrio. Esta situación luminosa natural en particular carece de suficientes longitudes de onda rojo/naranja en los dientes. De igual modo, el sol intenso de la mañana o del final de la tarde pueden introducir un tono naranja desequilibrando la luz ambiental[56].

Los ojos del profesional deben tener suficiente tiempo para recuperar el equilibrio de los conos si se ha estado utilizando una lámpara oral con bombilla de tungsteno[56].

Los conos pueden estar fatigados por el uso de la lámpara del sillón. Muchas de estas lámparas son de tungsteno y poseen una temperatura de alrededor de 3.400 ° K. Esta luz es muy naranja y por consiguiente reducirá la agudeza del ojo (conos) para

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Biblioteca
Àrea de Ciències de la Salut
CAMPUS DE BELLVITGE

percibir pequeñas cantidades de colorante naranja en los dientes y en la guía de tonalidades.

Las pupilas están contraídas debido a la elevada intensidad de la luz operatoria. Esto inhibe la exposición correcta de la luz para que los conos del ojo determinen el matiz. Para corregir esto, debemos apagar la lámpara operatoria y esperar unos minutos para dejar reposar los ojos[56].

Como vemos la importancia de la iluminación para la percepción del color es capital, es necesario pues, una estandarización de los iluminantes, para poder definir y repetir las lecturas del color bajo las mismas condiciones de luz.

Los iluminantes escogidos por los estudios experimentales son aquellos que la CIE reconoce como estandards. Hemos escogido para nuestro trabajo las luces que la CIE recomienda y que además utilizan los diversos autores. Estas luces son: una luz tipo día de 6504 °K que coge la zona del espectro de los ultravioletas (D65), una luz día de 6774°K y sin el espectro ultravioleta (C) y una luz de 2856° K de tipo tungsteno (A).

Hay que señalar que en la literatura existente sobre el tema, son pocos los autores que señalan el tipo de luz utilizada para la comparación de sus muestras, y los que lo hacen, utilizan la luz D65. Al no comparar las muestras bajo diferentes iluminantes se puede caer en el echo apuntado por Bosch y Coops que afirman que la luz día no es buena para la evaluación de diferencias de color ya que esta está muy cercana a la zona del espectro de los azules, excitando la fluorescencia e influyendo en la percepción del color[62].

Si bien estos problemas de metamerismo no poseen unas directrices definidas para su corrección, el conocimiento de su existencia resulta útil para la educación del paciente y es esencial para los ceramistas si estos deben compensar la disparidad de propiedades ópticas entre el esmalte natural y la porcelana.

Sin embargo, como el color está a la vez en función de la naturaleza del objeto y de la luz incidente, esencialmente es para el operador una sensación fisiológica; el color reproducido no será más que parecido al color de referencia bajo una iluminación u otra determinadas.

Por este motivo la necesidad de definir el color de una forma objetiva, medible y repetible; definiendo las condiciones de iluminante, tamaño, grosor, y otras variables que no puedan influir en la lectura del color.

¿Pero, es posible medir objetivamente el color? Parece claro, que después de lo descrito en la situación actual, que sí.

Aunque que para la objetividad y precisión, necesitemos de un sistema instrumental colorimétrico para su valoración. Johnson, Seghi y cols, demostraron que era mejor el uso de un sistema colorimétrico, que el uso de un sistema visual[63,64], ya que era más preciso y más fácil de reconocer las diferencias de color si usábamos un instrumento colorimétrico.

Dónde hay discrepancias entre autores, es a la hora de escoger el instrumento para reconocer las diferencias de color. Seghi y cols. evaluaron tres maneras diferentes de captar instrumentalmente el color, usando dos colorímetros diferentes y un espectrofotómetro. Como resultado de dicho estudio surgió el concepto de que cualquiera de ellos es lo suficientemente válido y preciso para evaluar el color de la cerámica dental; aunque matizó que debido al tipo de superficie que tiene la cerámica dental el colorímetro triestímulo era el más válido, a pesar de no existir diferencias numéricas[65].

Si bien observamos que para un uso clínico y habitual parece que el colorímetro sea más aconsejable debido a su precio y tamaño, es de consideración que con su uso no evitamos el metamerismo. Además se han usado colorímetros directamente en

boca con resultados fustrantes ya que no son efectivos para evaluar diferencias de color[66].

Por este motivo decidimos utilizar en nuestro estudio un espectrofotómetro, ya que obteníamos los mismos resultados que con un colorímetro triestímulo y además evitábamos el metamerismo.

Aunque el sistema de ordenación de los colores Munsell es el método más popular de definición de los colores, desde 1978 el sistema más utilizado por la comunidad científica es el sistema CIE-Lab[67].

Seghi reseñó que usando unidades CIE-Lab las diferencias de color eran más fáciles de interpretar y de reconocer[63].

Han existido intentos de utilizar otras unidades, tal como indica Razoog y cols.,[68] pero parece ser que el sistema mas clarificador y habitual sigue siendo el CIE-Lab.

Por todas y cada una de estas razones hemos definido el color de nuestras placas en unidades CIE-Lab, de forma que nos permita evaluar y comparar de una forma fácil las diferencias de color entre los especímenes y además, obtenemos valores fácilmente comparables con otros estudios.

Como en el estudio realizado por Seghi en 1986, a partir de las curvas de reflectáncia obtenidas del espectrofotómetro, hemos convertido matemáticamente éstas en valores triestímulos, de esta forma podemos comparar las muestras en cualquier luz que dispongamos de su distribución espectral, o bien utilizar cualquier observador que consideremos, si bien en nuestro estudio se ha utilizado el observador estandard definido por la CIE en 1931 tal y como la CIE recomienda[69].

Si bien el uso de un espectrofotómetro u otro no parece tener una influencia relativa en los resultados[70], sí parece influir de una forma más notoria el tipo de

geometría utilizada para su lectura. Hunter definió en 1975 como la geometría de 45°/0° como la mejor para evaluar el color.[71]

Pero en trabajos publicados posteriormente a este año, por Segui y por Isikawa y cols. queda de forma patente que la mejor geometría para evaluar las diferencias de color en la cerámica dental es la d/0°, utilizando una esfera integradora. Por ello hemos utilizamos esta geometría para nuestro estudio[72,73].

Siguiendo los criterios de Jacobs y cols. utilizamos las aleaciones metálicas de más alta difusión en nuestra profesión: las de alto contenido en oro, las de base paladio, las que contienen plata y las cromo-níquel[74].

Debido a su alta difusión en Odontología, son éstas y no otras las aleaciones a estudiar, ya que son las que día a día necesitamos controlar y predecir sus resultados.

Este experimento fue estructurado para eliminar todas las variables posibles de forma que se pudiese realizar una comparación objetiva, por ello todas las fases fueron evaluadas y realizadas por el mismo operador, ya que según O'Brien solo el cambio de operador al realizar una misma muestra produce una diferencia de color que el estimó en 3,5 unidades CIE-Lab[75].

De esta forma contribuimos a la uniformidad de resultados.

Como en los estudios de Jacobs y Crispin y cols. [74,76] utilizamos como tonalidades para el estudio el tono más luminoso (B1) y un tono más oscuro y habitual (A3).

Inspirándonos en los moldes utilizados por Barghi y Jacobs y cols. Hemos diseñado un molde de acero-inoxidable que nos permite controlar de una manera precisa el grosor total de dentina que colocamos, de esta manera podemos obtener resultados sin la influencia del grosor de cerámica[74,77].

De todo lo expuesto hasta ahora, vemos que son muchas las variables que nos pueden modificar el color final de un restauración.

Nuestro diseño del experimento, en el que hemos fijado todas y cada una de las variables que pueden influir en el resultado, pretende solamente estudiar el tipo de aleación como variable que controlamos y variamos.

Se siguieron las instrucciones del fabricante de todos y cada uno de los materiales utilizados para asegurarnos que la técnica de manipulación fuera la adecuada.

RESULTADOS

La discusión de los resultados es tarea ardua y difícil debido a que todos los estudios realizados tienen parámetros diferentes, ya sea el grosor de dentina, ya sean las unidades utilizadas, o los instrumentos de medición.

Despues del análisis estadístico queda puesto de manifiesto que en nuestro estudio, solo encontramos diferencias de color usando el color B1 significando que es el color más luminoso de las guías de tonalidades dentales.

Estas diferencias de color se producen de forma notoria con la utilización de la aleación Actual, que debido a su contenido en plata, provoca una distorsión del color sobre todo en la tonalidad (verde y amarillo). Ello se justificaría por la absorción de la plata por el cuerpo de la dentina. Doremus demostró que a altas temperaturas los átomos de la plata se escapan y son transportados a la cerámica, aunque no se conoce el proceso[76].

Parece pues, que el concepto que durante muchos años ha perdurado de que los metales nobles eran los mejores para la fidelidad del color parece ser que no es cierta, ya que no sólo la plata produce diferencias de color, sino que el Oro, no nos comporta

ninguna ventaja, colorímetricamente hablando, respecto a otras aleaciones más económicas como las de cromo-níquel.

En nuestro estudio el parámetro menos influyente en la diferencia de color es la luminosidad, a diferencia del estudio de Crispin y cols.[76] en que resultaba que la luminosidad era el parámetro más influyente en las diferencias de color, aunque en el mismo estudio solamente se encuentran diferencias de color, al igual que en nuestro trabajo al usar metales con elevado contenido en plata.

La aleación que menor luminosidad presenta respecto a las demás es la de Paladio-Plata.

A diferencia del trabajo de Jacobs y cols.[74] en el que encuentran las mayores diferencias de color usando el color A3, nosotros encontramos las diferencias significativas usando el color B1, aunque en su estudio, no utilizó aleaciones cromo-níquel. Además solamente aplicó una capa de opaquer de 0,12 mm, no siguiendo la teoría de Terada que se necesita una capa de opaquer de al menos 0,3 mm para tapar el color de la base metálica.

Como podemos observar en los gráficos I y II del apartado de resultados, creemos que no encontramos diferencias significativas en las placas de color A3 debido a que la aleación Williams Piscis tiene mucha variabilidad de color, enmascarando de esta manera los resultados de las otras aleaciones y no permitiéndo la existéncia de diferencias significativas ente ellas. Quizás si eliminàramos la aleación Piscis del estudio y aumentáramos el número de muestras, posiblemente encontraríamos diferencias entre las aleaciones con color A3.

Se ha de resaltar que si bien las diferencias sólo se dan en el color B1, éstas se dan independientemente de la luz usada para su comparación. Así pues hay diferencias de color en una luz día y una luz tipo tungsteno, y aunque unas son mayores que otras, estas son entre las mismas aleaciones.

Encontramos diferencias entre la aleación que contiene plata y todas las demás, ya sea en luz A o C. Al igual que entre la aleación Cromo-Níquel Rexilium III y la de alto contenido en Paladio Esteticor Biennor.

Observamos que entre los Cromo-Níquel (Rexillim III y Williams Piscis) existen variación de resultados, esto quizás se deba a la composición tan diferente que existe porcentualmente hablando de sus componentes, influyéndo de esta manera en el color.

Tras la interpretación a nivel colorimétrico de los resultados, observamos que la aleación Actual (Pd-Ag) desvía el color hacia los tonos verdes y amarillos respecto al resto de las aleaciones, resultados idénticos al estudio de Crispin y cols[76].

Del mismo modo, las aleaciones cromo-níquel adquieren un tono más rojo y más azulado que las aleaciones de Paladio-Plata.

Si comparamos la aleación de paladio-plata con la de alto contenido en Oro, observamos que si bien la aleación Paladio-Plata nos aumenta los tonos amarillos, la aleación de Oro lo hace en los rojos. Este desvio hacia el rojo, quizás de a la restauración un aspecto más real y natural, ya que Sproull definió el tono de los dientes como amarillo-rojo y no sólo amarillo[49].

Al comparar la aleación de alto contenido en Paladio y la de Paladio-Plata, vemos que es esta última la que nos da un tono más amarillo, pero es la primera la que da una variación hacia tonalidades más verdosas.

Las otras diferencias significativas aparecen entre las aleaciones de alto contenido en Paladio y los Cromo-níqueles. Siguiéndo la misma tendencia anterior de variar el color hacia el verde, y al revés que en la aleación de Paladio-Plata, los Cromo-Níquel adquieren un color más amarillo que la aleación de alto contenido en Paladio.

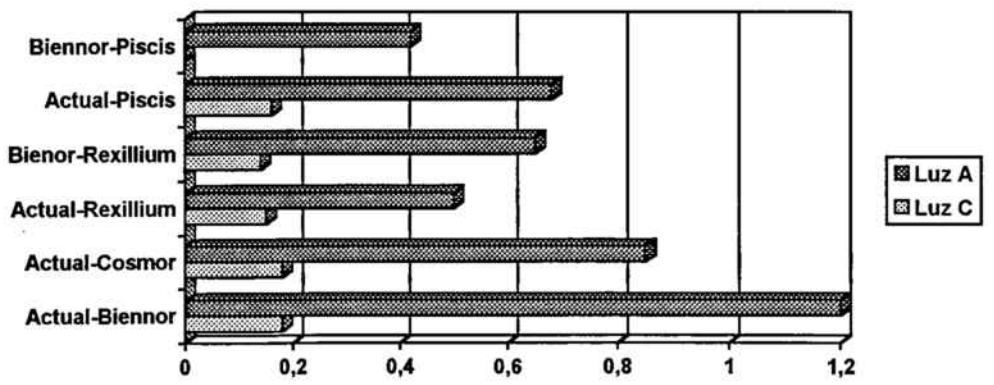
Esto nos puede indicar que el Paladio es el metal que podría influir de una manera más importante en los tonos verdes, y la plata quizás infuiría de una manera más notoria en los tonos amarillos.

A estos resultados les podemos encontrar algunas aplicaciones clínicas relacionadas con las diferencias de color observadas. Así pues, una vez escogida la tonalidad del diente a restaurar, tendremos que modificar el color de la cerámica que estratifiquemos, en función de la aleación usada, para compensar el cambio de tonalidad que ésta comporta.

También nos servirá para elegir el tipo de aleación según la tonalidad de los dientes que queramos imitar.

¿Pero, las diferencias de color son realmente tan importantes? Esta pregunta quizás sea la más difícil y la que más controversia ha suscitado en todos los artículos publicados. Si parece claro definir numéricamente un color, no lo es tanto definir si esta diferencia es o no visualmente perceptible.

En el siguiente gráfico podemos observar claramente los valores numéricos de las diferencias de color existente entre las aleaciones con color B1.



Golstein y Shmitt[78] afirman que diferencias de color de más de 0,4 son detectables por un ojo humano correctamente entrenado, podemos afirmar pués que en nuestro estudio, entre las placas de color B1 donde se han observado que existen diferencias de color significativas, solo son perceptivas visualmente, aquellas que observamos bajo una luz de tipo A (tipo bombilla de tungsteno de 2856 °K); las observadas debajo de una luz día no nos dan diferencias suficientemente elevadas como para ser percividas visualmente.

O´Brien[75] clasificó las diferencias de color menores de 1 como excelentes, hasta 2 como clínicamente aceptables, y más de 3,7 como pobres. Según esta clasificación, en nuestro estudio podríamos afirmar que todas las diferencias encontradas son consideradas como excelentes excepto la existente entre el Actual y el Bienor observado en luz A y aunque es mayor que el resto, la podemos considerar todavía como clínicamente aceptable.

Según el criterio de la ADA que considera como clínicamente aceptables todas aquellas diferencias de color menores a 2 unidades, podemos afirmar que aunque en nuestro estudio existen diferencias de color entre el uso de una aleación u otra, éstas son clínicamente aceptables según la ADA[79] aunque algunas de ellas sean visualmente perceptibles.

Por último nombrar que otros autores como Lund afirman que la diferencia de color es visualmente perceptible cuando es mayor de 2[80]. O incluso como afirman Segui y cols[72], que la diferencia perceptual está en 1 unidad CIE-Lab.

De todas maneras, dada la gran cantidad de factores que intervienen en la formación de la imagen que tenemos del diente, consideramos que tendrán que desarrollarse muchos más estudios que permitan una mejor comprensión y manejo del color en la profesión dental.

13. CONCLUSIONES

13. CONCLUSIONES

Después de haber planteado las hipótesis de trabajo, según el material y método expuestos, consideramos que se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El procedimiento usado es válido y apropiado para comparar diferencias de color.
- El grosor de la cerámica, de color A3, de 1,68 mm enmascara el color de la base metálica.
- El grosor de la cerámica, de color B1, de 1,68 mm no enmascara el color de la base metálica produciéndose variaciones de color en función de la aleación usada.
- La utilización de aleaciones metálicas a base de Paladio-Plata son las que presentan una mayor incidéncia en la variación del color de la cerámica fundida sobre las mismas cuando utilizamos color B1.
- Las diferencias de color varían según la luz usada y son mayores en una luz tipo tungsteno que en una luz tipo día.
- El factor menos influyente en las diferencias de color entre dos aleaciones diferentes es la Luminosidad (L*).

A pesar de las conclusiones descritas en nuestro trabajo, consideramos que son necesarios estudios en mayor profundidad que permitan obtener un mayor conocimiento sobre la percepción visual de las diferencias de color originadas.

14. BIBLIOGRAFÍA

14. BIBLIOGRAFÍA

1.-Lozano Rd. El color y su medición. Buenos Aires: ed América Lee; 1978.

2.-The Glossary of prosthodontic terms. J Prosthet Dent 1994; 71: 41-112.

3.-Sorensen JA, Torres TJ. Improved color matching of metal-ceramic restorations. Part I: A systematic method for shade determination. J Prosthet Dent 1987; 52: 133-9.

4.-Sproull RC.Color Matching in dentistry. Part II: Practical applications of the organization of color. J Prosthet Dent 1973; 29: 556-66.

5.-Rosentiel SF, Land MF, Fujimoto J. Ciencia del color y selección del color en Prótesis Fija. Procedimientos clínicos y de laboratorio. Barcelona : ed Salvat, 1990: 399-406.

6.- Juver MF. El color en prostodoncia. Universidad de Barcelona. Trabajo final de licenciatura 1992.

7.-Schärer P, Rinn LA y Kopp FR. El color en la cerámica dental. Aspectos técnicos implicados en el resultado estético de las restauraciones. Barcelona: ed Doyma, 1991; 13-26.

8.-Wyszecki G y Stiles WS. Color science: Concepts and methods. Quantitative data and formulae. New York: Wiley & Sons, 1982.

9.-Bergen SF, McCasland J. Dental operatory lighting and tooth color discrimination. JADA 1977; 94: 130-134.

VERSITAT
Bibli
Àrea
CAM

10.-Schärer P, Rinn LA y Kopp FR. El color en la cerámica dental. Principios estéticos en odontología restaurativa. Barcelona: ed Doyma, 1991; 133-85.

11.-Mc Phee ER. Extrinsec Coloration of ceramometal restorations. Dental Clinics of North America 1985; 29(4): 645-65.

12.-Uribiria C, March MA. Ojo y Visión. Apunts de Fisiología y Bioquímica de la EUOT, 1992.

13.-Monsenego G. La couleur de la dent naturelle. Le Chirurien-Dentiste de France 1989; 494: 71-74.

14.-Moser JB, Wozniak WT, Naleway CA, Ayer WA. Color visión in dentistry: a survey. JADA 1985; 110: 509-10.

15.-Davidson SP, Mylinski NR. Shade selection by color vision-defective dental personnel. J. Prosthet Dent 1990; 63: 97-101.

16.-Robertson AR. CIE guidelines for coordinated research on colour-difference evaluation. Color Res Appl 1978; 3: 149-151.

17.- Witt K. y miembros del Comité Técnico CIE 1-28. Parametric effects in colour-difference evaluation (Technical Report): Vienna, Publ N° 101, 1993.

18.-Ubassy G. Shape and color. Berlín: ed Quintessence, 1992; 15-25.

19.-Extrinsec Coloration of ceramometal restorations. Dental Clinics of Noth America 1985;29 (4): 645-65.

20.-McLean JW. Measurement of colour of human teeth. The elements of esthetics-Application of color science. En Dental Ceramics. Proceedings of the First

International Symposium on Ceramics. Chicago, Illinois: ed Quintessence Publishing Co., 1983;441-89 y 491-535.

21.-Fabris S y Germani R. Física del color, Cromática y Color y psicología. En Color. Barcelona: De. Don Bosco, 1973; 13-129.

22.-Wozniak WT, Groh CL, Boenke KM. A new small color difference equation for dental shades. J Dent Res 1990; 69: 1762-64.

23.-O' Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A new small-color-difference equation for dental shades. J Dent Res 1990; 69: 1762-4.

24.-O' Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A one dimensional color order system for dental shade guides. Dent Mat 1989; 5: 371-4.

25.-Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent Res 1989; 68: 819-22.

26.-Jiménez del Barco L, Melgosa M. Sistemas de ordenación del color. Ver y Oír 1987; 29: 17-23.

27.-Mac Adam DL. Color Measurement. Springer-Verlag Series in Optical Sciences Cap. 5 Vol. 27, 1981.

28.- Melgosa M, Poza A, Martínez J, Pérez MM, Hita E.Ojo y visión. Revista ver y oir 1994; 91: 25-32.

29.-Wyszecki G, Stiles WS. Color Science, 2nd Edition, Cap 3 John Wiley & Sons. 1982.

30.-CIE .Colorimetry, Publ. N° 15. 2nd Edition. CIE Central Bureau, Vienna 1986.

31.-Fairchild MD. The Cie 1931 Standard Colorimetric Observer: Mandatory retirement at age 65?. Color Res Appl 1993; 18: 128-134.

32.-Wright WD. 50 years of the 1931 CIE standard observer for colorimetry. AIC Color 81, Paper A3. 1981.

33.-Wyszecki G. Current developments in colorimetry. AIC Colour 1973; 73: 21-51.

34.-Wright WD. The sensitivity of the eye to small colour-differences. Proc Phys Soc (London) 1941; 53: 93-112.

35.-MacAdam DL. Visual sensitivities to color differences in daylight. J Opt Soc Am 1942; 32: 247-74.

36.-Luo MR, Rigg B. Chromaticity discrimination ellipses for surface colours. Color Res Appl 1986; 11: 25-42.

37.-Hita E, Romero J, Jiménez del Barco L, Carrillo A . Uniform color spaces. A comparative analysis for color discrimination data, Die Farbe 1983-1984; 31: 229-42.

38.-Hita E, Melgosa M, Romero J, Jiménez del Barco L. Estudio de la uniformidad de los sistemas de representación del color ATD y ATDN. Opt Pur Apl 1987; 20: 39-4.

39.-Robertson AR. CIE guidelines for coordinated research on colour-difference evaluation. Color Res Appl 1987; 3: 149-151.

40.-Melgosa M, Hita E, Romero J, Jiménez del Barco L. Some classical color differences calculated with new formulas. J Opt Soc Am A 1992; 9: 1.247-53.

41.-Van der Burg TP, Ten Bosch JJ, Borsboom PCF, Kortsmit WJ.A comparison of new and conventional methods for cuantification of tooth color. J Prosthet Dent 1990; 63: 155-62.

42.-Van der Burgt T, Ten Bosch J, Borsboom P, Kortsmit W, Plasschaert A. Colorimeter for tooth quantification. J Dent Res 1985; 64: 725.

43.-Van der Burgt TP, Ten Bosch JJ, Borsboom PCF, Plasschaert AJM. A new method for matching tooth color with color standars. J Dent Res 1985; 64: 837-41.

44.-Minolta. Analyse des couleurs, parlons clair. Minolta co, 1994.

45.-Clark EB. An Analysys of tooth color. J Am Dent Assoc 1931; 18: 2093-103.

46.-Mariu M. Color of the tooth crown. J JPN Stomatol Soc 1963; 35: 412.

47.-Muia PJ. The four dimensional tooth color system. Chicago: Quintessence Publishing Co Inc, 1982.

48.-Preston JD. Perspectives in dental ceramics. Prodeedings of the fourht International symposium on ceramics. Chicago: Quintessence Publishing Co Inc, 1985: 193-304.

49.-Sproull RC. Color matching in dentistry, Part I. J Prosthet Dent 1973; 29: 416-24.

50.-Sproull RC. Color matching in dentistry, Part II. J Prosthet Dent 1973; 23: 556-65.

51.-Sproull RC. Color matching in dentistry, Part III. J Prosthet Dent 1974; 31: 146-54.

52.-Goodkind RJ, Schwabacher WB. Use of a fiber-optic colorimeter for in vivo color measurements of 2830 anterior teeth. J. Prosthet Dent 1987; 58: 535-42.

53.- Clark FJ. Measurement of human tooth color. Proceeding of the first International Symposium in Ceramics. Chicago: Quintessence Publishing Co Inc, 1983; 468-84.

54.- O' Brien WJ, Johnston Wm, Fanian F. Double-layer color effects in porcelain systems. J Dent Res 1985; 64: 940-3.

55.- Rosentiel SF, Johnston WM, The effects of manipulative variables on the color of ceramic metal restorations. J Prosthet Dent 1988; 60: 297-303.

56.-Miller LL. Programa de desarrollo en Odontología estética. J Esthet Dent 1994; 6-16.

57.-Rosentiel SF, Johnston WM. The effects of manipulative variables on the color of ceramic metal restorations. J Prosthet Dent 1988; 60: 297-303.

58.-Barghi N, Richardson JT. A study of various factors influencing shade of bonded porcelain. J Prosthet Dent 1978; 39: 282-4.

59.-Rosentiel SF, Johnston WM, The effects of manipulative variables on the color. J Prosthet Dent 1989; 60: 297-305.

60.-Stone MC. Esthetics and Color. JADA 1988; 116: 613-4.

61.-Pizza ME. A color selection technique. J Prosthet Dent 1991; 66: 592-6.

62 .-Bosch JJ, Coops JC. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. J Dent Res 1995; 74: 374-80.

63.-Johnson WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent Res 1989; 68: 819-22.

64.-Esquivel F, Chai J. Color stability of low-fusing porcelains for titanium. Int J Prosthodont 1995; 8: 479-85.

65.-Seghi RR, Johnson WM, O´Brien WJ. Perfomance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. J Dent Res 1989; 68: 1755-59.

66.-Goldstein GR, Schmilt GW. Repatability of a specially designed intraoral colorimeter. J Prosthet Dent 1993; 69: 616-9.

67.-Berrong JM, Weed RM, Scwartz IS. Color stability of selected dual-cure composite resin cements. J Prosthodont 1993; 2: 24-7.

68.-Razoog ME, Russell MM, Lang BR, May KB. A comparison of the color stability of conventional and titanium dental porcelain. J Prosthet Dent 1994; 72: 453-6.

69.-Seghi RR, Johnson WM, O´Brien WJ. Spectrofotometric analysis of color between different porcelain systems. J Prosth Dent 1986; 56: 35-40.

70.- O´Brien WJ, Grooh CL, Broenke KM. A one-dimensional color order system for dental shade guides. Dent Mater 1989; 5: 371-4.

71.- Rosentiel SF, Porter SS, Johnson WM. Color measurements of all ceramic crown systems. J Oral Rehab 1989; 16: 491-4.

72.-Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. J Dent Res 1990: 1180-4.

73.-Isikawa S, Sato RR, Shiraishi A, Ishibashi K. Using a computer coor-matching system in color reproduction of porcelain restorations. Part 3: A new developet spectrophotometer designed for clinical application. Int J Prosthodont 1994; 7: 50-5.

74.-Jacobs SH, Goodacre CJ, Moore BK, Dykema RW. Effect of porcelain thickness and type of metal-ceramic alloy on color. J Prosth Dent 1987; 57: 138-44.

75.-O´Brien WJ, Groh CL, Broenke KM. Differences in color between fired porcelain and shade guides. Int J Prosth 1992; 5: 510-4.

76.-Crispin BJ, Seghi RR, Globe H. Effect of different metal ceramics alloys on the color of opaque and dentin porcelain. J Prosthet Dent 1991; 65: 351-6.

77.-Barghi N, Richardson JT. A study of various factors influencing shade of bonded porcelain. J Prosthet Dent 1978; 39: 282-5.

78.-Goldstein GR, Shmitt GW. Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter. J Prosthet Dent 1993; 69: 616-619.

79.-Wozniak WT. Proposed Guidelines for the acceptance program for dental shade guides.Chicago: American Dental Association, 1987: 1-2.

80.-Lund PS, Piotrowski TJ. Color Changes of porcelain surface colorants resulting from firing. Int J Prosthodont 1992; 5: 22-7.

ANEXO 1

LONGITUD DE ONDA

Nº Placa	[illegible]	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700
41a	actuala3	0,17	0,22	0,24	0,27	0,28	0,28	0,30	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
41b	actuala3	0,17	0,21	0,24	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44	0,46	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
42a	actuala3	0,17	0,21	0,24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,33	0,33	0,34	0,35	0,38	0,40	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,53	0,55	0,56	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,60	0,61	0,61	0,61
42b	actuala3	0,16	0,21	0,23	0,26	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,35	0,38	0,41	0,43	0,44	0,46	0,48	0,50	0,51	0,53	0,55	0,56	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,60	0,61	0,61	0,61
43a	actuala3	0,18	0,22	0,25	0,27	0,27	0,28	0,30	0,32	0,34	0,35	0,36	0,36	0,38	0,40	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
43b	actuala3	0,17	0,22	0,24	0,27	0,28	0,28	0,30	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
44a	actuala3	0,18	0,22	0,25	0,27	0,27	0,28	0,30	0,32	0,34	0,35	0,35	0,36	0,38	0,40	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
44b	actuala3	0,17	0,22	0,25	0,27	0,27	0,28	0,30	0,32	0,34	0,35	0,36	0,36	0,38	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,51	0,52	0,54	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
45a	actuala3	0,17	0,21	0,24	0,26	0,26	0,27	0,29	0,31	0,32	0,33	0,33	0,34	0,36	0,38	0,41	0,42	0,44	0,46	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,56	0,55
45b	actuala3	0,17	0,21	0,24	0,26	0,26	0,27	0,29	0,31	0,32	0,33	0,33	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,47	0,48	0,49	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,56	0,56	0,56	0,55	0,56	0,56
31a	bienora3	0,18	0,21	0,24	0,26	0,28	0,29	0,31	0,32	0,33	0,33	0,33	0,34	0,36	0,38	0,41	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,53	0,54	0,55	0,57	0,58	0,58	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58
31b	bienora3	0,17	0,21	0,24	0,26	0,28	0,30	0,31	0,32	0,33	0,33	0,33	0,34	0,36	0,38	0,41	0,43	0,45	0,47	0,48	0,49	0,51	0,53	0,54	0,56	0,57	0,58	0,58	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58
32a	bienora3	0,17	0,21	0,23	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,56
32b	bienora3	0,17	0,21	0,23	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,56
33a	bienora3	0,17	0,20	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,37	0,39	0,41	0,44	0,46	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,53	0,55	0,56	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,56	0,55
33b	bienora3	0,16	0,20	0,23	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,53	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55
34a	bienora3	0,18	0,21	0,24	0,26	0,28	0,30	0,31	0,32	0,33	0,33	0,33	0,34	0,36	0,38	0,41	0,43	0,44	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,57
34b	bienora3	0,17	0,21	0,24	0,26	0,28	0,29	0,31	0,32	0,33	0,33	0,33	0,34	0,36	0,38	0,41	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,57
35a	bienora3	0,17	0,21	0,24	0,26	0,28	0,29	0,31	0,31	0,32	0,33	0,33	0,34	0,36	0,38	0,40	0,43	0,44	0,46	0,48	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,56	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,56	0,57	0,56
35b	bienora3	0,18	0,21	0,24	0,26	0,28	0,29	0,30	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,38	0,38	0,41	0,42	0,44	0,46	0,48	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,56	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,58	0,58
21a	cosmora3	0,16	0,20	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,37	0,39	0,42	0,44	0,45	0,47	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,56	0,58	0,58	0,59	0,59	0,58	0,58	0,59	0,58
21b	cosmora3	0,17	0,21	0,23	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,37	0,39	0,41	0,44	0,45	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,55	0,56	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58
22a	cosmora3	0,16	0,21	0,23	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,40	0,42	0,44	0,46	0,47	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,58	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
22b	cosmora3	0,17	0,20	0,24	0,26	0,27	0,28	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,33	0,35	0,37	0,40	0,42	0,44	0,46	0,47	0,49	0,50	0,52	0,54	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
23a	cosmora3	0,16	0,20	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,53	0,55	0,56	0,58	0,58	0,58	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58
23b	cosmora3	0,16	0,20	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,44	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,53	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
24a	cosmora3	0,17	0,20	0,23	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,37	0,39	0,42	0,44	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
24b	cosmora3	0,17	0,20	0,23	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44	0,46	0,47	0,48	0,50	0,51	0,53	0,54	0,55	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
25a	cosmora3	0,17	0,20	0,23	0,26	0,27	0,28	0,30	0,31	0,32	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,40	0,42	0,44	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,57	0,58	0,58	0,58
25b	cosmora3	0,17	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,29	0,31	0,32	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,40	0,42	0,44	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,56	0,58	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
1a	rexdia3	0,17	0,21	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,40	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,53	0,55	0,56	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
1b	rexdia3	0,17	0,21	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,40	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,54	0,55	0,57	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
2a	rexdia3	0,17	0,21	0,24	0,25	0,27	0,29	0,30	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,53	0,55	0,56	0,58	0,58	0,59	0,59	0,58	0,59	0,59	0,58
2b	rexdia3	0,17	0,21	0,24	0,26	0,27	0,29	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,53	0,56	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	0,58	0,56	0,58	0,58
3a	rexdia3	0,22	0,29	0,34	0,38	0,41	0,43	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48	0,50	0,51	0,52	0,54	0,55	0,57	0,58	0,59	0,59	0,61	0,60	0,61	0,61	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,62
3b	rexdia3	0,19	0,23	0,25	0,27	0,28	0,30	0,31	0,32	0,33	0,33	0,33	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,47	0,49	0,50	0,52	0,54	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,59	0,58	0,58	0,59
4a	rexdia3	0,17	0,21	0,23	0,26	0,27	0,28	0,30	0,30	0,32	0,32	0,32	0,33	0,34	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,53	0,54	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	0,58	0,59	0,59	0,59
4b	rexdia3	0,17	0,21	0,23	0,25	0,27	0,28	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,53	0,54	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	0,58	0,58	0,59	0,59
5a	rexdia3	0,17	0,21	0,24	0,25	0,27	0,29	0,30	0,30	0,31	0,32	0,32	0,32	0,34	0,36	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,53	0,54	0,56	0,57	0,58	0,58	0,59	0,58	0,58	0,59	0,58
5b	rexdia3	0,17	0,21	0,24	0,26	0,27	0,28	0,30	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,54	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
11a	willea3	0,19	0,22	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34	0,35	0,37	0,39	0,41	0,44	0,46	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,57	0,58	0,57	0,57
11b	willea3	0,18	0,22	0,25	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34	0,35	0,37	0,39	0,41	0,44	0,46	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,57	0,57	0,58	0,58	0,57	0,58	0,57	0,57
12a	willea3	0,17	0,21	0,23	0,26	0,27	0,28	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55	0,54	0,56	0,54	0,54
12b	willea3	0,17	0,21	0,23	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,55	0,55	0,54	0,55	0,54	0,54
13a	willea3	0,17	0,21	0,23	0,26	0,27	0,28	0,30	0,31	0,32	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,53	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
13b	willea3	0,17	0,21	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44	0,45	0,47	0,48	0,49	0,51	0,52	0,53	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
14a	willea3	0,17	0,21	0,23	0,26	0,27	0,28	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55	0,54	0,55	0,54	0,54
14b	willea3	0,17	0,21	0,23	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,55	0,56	0,54	0,55	0,54	0,54
15a	willea3	0,18	0,22	0,24	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,33	0,33	0,33	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,54	0,55	0,57	0,58	0,59	0,59	0,59	0,58	0,59	0,59	0,59
15b	willea3	0,18	0,22	0,25	0,27	0,28	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,36	0,38	0,41	0,42	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,54	0,55	0,57	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,58	0,59	0,59
46a	actualb1	0,23	0,29	0,34	0,36	0,36	0,36	0,39	0,43	0,45	0,47	0,48	0,49	0,51	0,53	0,54	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
46b	actualb1	0,23	0,29	0,34	0,35	0,35	0,36	0,39	0,43	0,45	0,47	0,48	0,49	0,51	0,53	0,54	0,56	0,56	0,58	0,59	0,59	0,60	0,61	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
47a	actualb1	0,20	0,26	0,32	0,35	0,35	0,37	0,40	0,43	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,54	0,55	0,57	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,62	0,62	0,63	0,62	0,63	0,63	0,63
47b	actualb1	0,19	0,26	0,32	0,35	0,36	0,37	0,40	0,42	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
48a	actualb1	0,20	0,27	0,32	0,35	0,36	0,37	0,40	0,42	0,45	0,46	0,48	0,48	0,50	0,52	0,54	0,55	0,56	0,58	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,64
48b	actualb1	0,19	0,26	0,32	0,35	0,36	0,37	0,40	0,42	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
49a	actualb1	0,19	0,25	0,30	0,34	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,49	0,51	0,53	0,55	0,55	0,57	0,56	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,64
49b	actualb1	0,19	0,25	0,30	0,34	0,36	0,37	0,39	0,42	0,44	0,45	0,46	0,48	0,49	0,51	0,53	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
50a	actualb1	0,20	0,27	0,32	0,36	0,36	0,37	0,40	0,42	0,45	0,46	0,47	0,49	0,50	0,52	0,54	0,55	0,56	0,58	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64
50b	actualb1	0,20	0,27	0,32	0,35	0,36	0,37	0,40	0,42	0,45	0,46	0,48	0,48	0,50	0,52	0,54	0,55	0,56	0,58	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,64
36a	bienorb1	0,19	0,25	0,30	0,35	0,38	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,54	0,56	0,57	0,57	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58
36b	bienorb1	0,20	0,26	0,31	0,35	0,39	0,41	0,42	0,44	0,45	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,55	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
37a	bienorb1	0,19	0,25	0,31	0,35	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,55	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57
37b	bienorb1	0,20	0,26	0,31	0,36	0,39	0,41	0,42	0,44	0,45	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,55	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
38a	bienorb1	0,20	0,27	0,32	0,36	0,39	0,41	0,43	0,44	0,46	0,46	0,46	0,47	0,49	0,51	0,52	0,54	0,56	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58	0,56	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58
38b	bienorb1	0,19	0,25	0,31	0,35	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,55	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57
39a	bienorb1	0,19	0,25	0,30	0,35	0,38	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,53	0,54	0,56	0,57	0,57	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58
39b	bienorb1	0,19	0,25	0,30	0,35	0,38	0,40	0,41	0,43	0,44	0,45	0,46	0,46	0,48	0,50	0,52	0,53	0,55	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58
40a	bienorb1	0,20	0,27	0,32	0,36	0,39	0,41	0,43	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47	0,49	0,51	0,52	0,54	0,56	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58
40b	bienorb1	0,20	0,26	0,32	0,37	0,39	0,41	0,43	0,44	0,45	0,46	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,54	0,55	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58
26a	cosmorb1	0,20	0,25	0,30	0,35	0,39	0,42	0,43	0,44	0,46	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,54	0,55	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,65	0,65	0,65	0,65	0,66
26b	cosmorb1	0,21	0,25	0,30	0,36	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,47	0,47	0,48	0,50	0,52	0,54	0,55	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,63	0,63	0,64	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
27a	cosmorb1	0,20	0,25	0,31	0,36	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,47	0,47	0,48	0,50	0,52	0,54	0,55	0,57	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64
27b	cosmorb1	0,19	0,25	0,31	0,36	0,39	0,42	0,43	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,52	0,54	0,55	0,56	0,58	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64
28a	cosmorb1	0,22	0,28	0,34	0,39	0,42	0,45	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,55	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,63	0,64	0,64	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
28b	cosmorb1	0,22	0,28	0,34	0,39	0,42	0,45	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,55	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,63	0,64	0,64	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,67
29a	cosmorb1	0,23	0,31	0,36	0,41	0,44	0,46	0,48	0,50	0,50	0,51	0,51	0,52	0,53	0,55	0,57	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
29b	cosmorb1	0,23	0,30	0,36	0,41	0,44	0,46	0,48	0,49	0,50	0,51	0,51	0,52	0,53	0,55	0,56	0,57	0,58	0,60	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,65

ANEXO 2

ANEXO 2

DESCRIPTIVA PARA LECTURA DE MÁQUINA

VARIANZA INTRA MEDIDAS

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	DESV. STD	MINIMO	MAXIMO	VALOR N
LUZ d65	L	80.49	0.03	80.45	80.57	10
	a	0.52	0.17	0.27	0.79	10
	b	11.73	0.10	11.59	11.86	10
LUZ C	L	80.51	0.03	80.46	80.59	10
	a	0.04	0.18	-0.21	0.34	10
	b	11.83	0.11	11.66	11.97	10
LUZ A	L	81.23	0.03	81.19	81.30	10
	a	3.47	0.12	3.28	3.64	10
	b	12.18	0.06	12.08	12.25	10

DESCRIPTIVA PARA POSICIÓN DE LA MUESTRA

VARIANZA ENTRE MEDIDAS

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	DESV. STD	MINIMO	MAXIMO	VALOR N
LUZ 65	L	80.49	0.02	80.47	80.52	10
	A	0.43	0.10	0.27	0.60	10
	B	11.77	0.06	11.67	11.86	10
LUZ C	L	80.51	0.02	80.49	80.54	10
	A	-0.05	0.11	-0.21	0.12	10
	B	11.88	0.06	11.77	11.97	10
LUZ A	L	81.22	0.02	81.19	81.25	10
	A	3.41	0.08	3.28	3.53	10
	B	12.20	0.04	12.13	12.25	10

DESCRIPTIVA PARA EL TIEMPO

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	DESV. STD	MINIMO	MAXIMO	VALOR N
LUZ 65	L	80.49	0.01	80.48	80.50	5
	A	0.51	0.06	0.45	0.59	5
	B	11.73	0.03	11.68	11.76	5
LUZ C	Lc	80.51	0.01	80.50	80.52	5
	Ac	0.03	0.06	-0.02	0.12	5
	Bc	11.83	0.04	11.78	11.86	5
LUZ A	La	81.22	0.01	81.21	81.23	5
	Aa	3.46	0.04	3.42	3.52	5
	Ba	12.18	0.02	12.15	12.20	5

ANEXO 3

Descriptiva de resultados en unidades CIE Lab

Actual a3

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	74.40	5
	a	3.61	5
	b	19.33	5
C	L	74.45	5
	a	2.78	5
	b	19.57	5
A	L	75.82	5
	a	8.05	5
	b	20.64	5

Bienor a3

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	73.58	5
	a	4.65	5
	b	18.62	5
C	L	73.63	5
	a	3.84	5
	b	18.81	5
A	L	75.07	5
	a	8.73	5
	b	20.27	5

Cosmor a3

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	73.46	5
	a	5.06	5
	b	19.38	5
C	L	73.52	5
	a	4.22	5
	b	19.58	5
A	L	75.03	5
	a	9.30	5
	b	21.14	5

Williams Piscis A3

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	73.37	5
	a	4.27	5
	b	18.10	5
C	L	73.42	5
	a	3.48	5
	b	18.28	5
A	L	74.80	5
	a	8.25	5
	b	19.67	5

Rexilium III A3

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	74.01	5
	a	5.09	5
	b	18.04	5
C	L	74.07	5
	a	4.29	5
	b	18.23	5
A	L	75.52	5
	a	9.17	5
	b	19.76	5

Actual B1

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	80.21	5
	a	-0.56	5
	b	15.08	5
C	L	80.23	5
	a	-1.17	5
	b	15.31	5
A	L	81.01	5
	a	3.46	5
	b	15.18	5

CosmorB1

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	80.91	5
	a	0.56	5
	b	12.19	5
C	L	80.93	5
	a	0.07	5
	b	12.30	5
A	L	81.67	5
	a	3.69	5
	b	12.63	5

Bienor B1

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	79.05	5
	a	-0.16	5
	b	12.06	5
C	L	79.07	5
	a	-0.64	5
	b	12.16	5
A	L	79.73	5
	a	2.76	5
	b	12.37	5

Rexilium III B1

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	80.76	5
	a	1.39	5
	b	13.59	5
C	L	80.79	5
	a	0.83	5
	b	13.72	5
A	L	81.68	5
	a	4.81	5
	b	14.29	5

Williams Piscis B1

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	80.56	5
	a	0.98	5
	b	13.16	5
C	L	80.59	5
	a	0.44	5
	b	13.28	5
A	L	81.42	5
	a	4.30	5
	b	13.73	5

Actual A3

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	74.40	5
	a	3.61	5
	b	19.33	5
C	L	74.45	5
	a	2.78	5
	b	19.57	5
A	L	75.82	5
	a	8.05	5
	b	20.64	5

Bienor A3

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	73.58	5
	a	4.65	5
	b	18.62	5
C	L	73.63	5
	a	3.84	5
	b	18.81	5
A	L	75.07	5
	a	8.73	5
	b	20.27	5

Cosmor A3

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	73.46	5
	a	5.06	5
	b	19.38	5
C	L	73.52	5
	a	4.22	5
	b	19.58	5
A	L	75.03	5
	a	9.30	5
	b	21.14	5

Williams Piscis A3

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	73.37	5
	a	4.27	5
	b	18.10	5
C	L	73.42	5
	a	3.48	5
	b	18.28	5
A	L	74.80	5
	a	8.25	5
	b	19.67	5

Rexilium III A3

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	74.01	5
	a	5.09	5
	b	18.04	5
C	L	74.07	5
	a	4.29	5
	b	18.23	5
A	L	75.52	5
	a	9.17	5
	b	19.76	5

Actual B1

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	80.21	5
	a	-0.56	5
	b	15.08	5
C	L	80.23	5
	a	-1.17	5
	b	15.31	5
A	L	81.01	5
	a	3.46	5
	b	15.18	5

CosmorB1

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	80.91	5
	a	0.56	5
	b	12.19	5
C	L	80.93	5
	a	0.07	5
	b	12.30	5
A	L	81.67	5
	a	3.69	5
	b	12.63	5

Bienor B1

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	79.05	5
	a	-0.16	5
	b	12.06	5
C	L	79.07	5
	a	-0.64	5
	b	12.16	5
A	L	79.73	5
	a	2.76	5
	b	12.37	5

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Biblioteca
Àrea de Ciències de la Salut
CAMPUS DE BELLVITGE

Rexilium III B1

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	80.76	5
	a	1.39	5
	b	13.59	5
C	L	80.79	5
	a	0.83	5
	b	13.72	5
A	L	81.68	5
	a	4.81	5
	b	14.29	5

Williams Piscis B1

TIPO DE LUZ	VARIABLE	MEDIA	VALOR N
D 65	L	80.56	5
	a	0.98	5
	b	13.16	5
C	L	80.59	5
	a	0.44	5
	b	13.28	5
A	L	81.42	5
	a	4.30	5
	b	13.73	5