

UNIVERSIDAD DE VALENCIA
FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA
UNIDAD DOCENTE DE PROSTODONCIA Y OCLUSIÓN

Tesis doctoral

**ESTUDIO DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN EL COLOR DE
LAS RESTAURACIONES DENTALES DE PORCELANA: ANÁLISIS
EXPERIMENTAL *IN VITRO* CON ESPECTROFOTOMETRÍA.**

Memoria presentada por

MARÍA FERNANDA SOLÁ RUÍZ

para acceder al grado de Doctor en Medicina y Cirugía

Valencia 1997



R. 52549

UMI Number: U607482

All rights reserved

INFORMATION TO ALL USERS

The quality of this reproduction is dependent upon the quality of the copy submitted.

In the unlikely event that the author did not send a complete manuscript and there are missing pages, these will be noted. Also, if material had to be removed, a note will indicate the deletion.



UMI U607482

Published by ProQuest LLC 2014. Copyright in the Dissertation held by the Author.
Microform Edition © ProQuest LLC.

All rights reserved. This work is protected against
unauthorized copying under Title 17, United States Code.



ProQuest LLC
789 East Eisenhower Parkway
P.O. Box 1346
Ann Arbor, MI 48106-1346

D. 1235112

L. 1235117

BID T 4680

FACULTAD: DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA.

DEPARTAMENTO:

Autor: M^c FERNANDA SOLÁ RUIZ.

Título completo de la Tesis:

ESTUDIO DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN EL COLOR DE LAS RESTAURACIONES DENTALES DE PORCELANA; ANÁLISIS EXPERIMENTAL IN VITRO CON ESPECTROFOTOMETRÍA.

Calificación: APTO CUM LAUDE.

Fecha de Lectura: 11-Julio-1997.

Tribunal (Nombre y apellidos completos de los componentes):

ANTONIO FONS FONT.

ADELINA FELIPE

JAI ME GIL LOZANO.

JORDI SANSO MANZANEDO

PEDRO MARTINEZ CANUT.

Director/es. de la Tesis:

CARLOS LABAIG RUEDA.

EDUARDO SELVA OTADLARRUCHI

JOSE M^s ARTIGAS VERDE.

Dirección particular y teléfono del Autor:

C/ BURRIANA n: 26 pta 4. 46005. VALENCIA
telf. 3953148.

Dr. D. CARLOS LABAIG RUEDA

*Profesor Titular de Odontología Integrada de Adultos
Facultad de Medicina y Odontología. Universidad de Valencia.*

Dr. D. EDUARDO SELVA OTAOLAURRUCHI

*Profesor Titular de Prótesis Dental y Maxilofacial
Facultad de Medicina y Odontología. Universidad de Valencia.*

Dr. D. JOSE MARÍA ARTIGAS VERDE

*Profesor Titular de Óptica
Facultad de Física. Universidad de Valencia.*

CERTIFICAMOS que:

Dña. **M^a FERNANDA SOLÁ RUIZ**, Licenciada en Medicina y Cirugía, ha efectuado bajo nuestra dirección la presente Tesis Doctoral, trabajo original que lleva por título: “**ESTUDIO DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN EL COLOR DE LAS RESTAURACIONES DENTALES DE PORCELANA: ANÁLISIS EXPERIMENTAL IN VITRO CON ESPECTROFOTOMETRÍA**”.

Para que así conste, firmamos la presente en Valencia, Abril de mil novecientos noventa y siete.



Fdo. Prof. D. Carlos Labaig Rueda



Fdo. Prof. D. Eduardo Selva Otaolaurruchi



Fdo. Prof. D. Jose María Artigas Verde

A Paco...

*por lo bién que ha aceptado los sacrificios que ha supuesto realizar esta
Tesis Doctoral.*

A mi hija Blanca...

*para que el día de mañana se sienta orgullosa de este trabajo y me
perdone por el tiempo que no le he podido dedicar.*

A mis padres...

por el apoyo que me han dado para seguir "hacia adelante", en esta vida.

AGRADECIMIENTOS:

Al Prof. D. Carlos Labaig Rueda, cuya ayuda y comprensión, tanto personal como profesional, han sido incalculables.

Al Prof. D. Eduardo Selva Otaolaurruchi, por la dedicación empleada en la dirección de esta Tesis Doctoral.

Al Prof. D. Jose María Artigas Verde y a la Profra. Dña. Adelina Felipe, por toda la paciencia que han tenido conmigo, para que llegase a comprender y amar este campo tan complejo como es la física del color. También, por demostrar que el trabajo entre diferentes Facultades es fructífero además de posible.

Al Prof. D. Antonio Fons Font, por el estímulo constante de superación que crea en mí día a día.

A Alberto Palomares y María Granell, por todas las horas que desde hace tres años hemos pasado juntos, midiendo especímenes en el cuarto oscuro, lo que demuestra que el trabajo en equipo es fundamental en el quehacer universitario.

A D. Antonio Casado, técnico de laboratorio, porque con mucho cariño y de una forma totalmente desinteresada, ha confeccionado todo el material de investigación para este estudio experimental.

A la Dra. Dña. Amparo Martínez González, para que me perdone por el esfuerzo adicional que le he hecho realizar.

A Quincho, Javier, Rafa, Jaime, Lili, Toni, Carmen, Fernando, Eva, Begoña, Beatriz, y a todos los miembros de la Unidad Docente de Prostodoncia y Oclusión, por "soportarme" y ayudarme en todo lo que les he pedido.

INDICE

INTRODUCCIÓN

EL FENÓMENO DEL COLOR.	4
<i>INTRODUCCIÓN HISTÓRICA.</i>	5
<i>CONCEPTO DE COLOR.</i>	7
<i>PRINCIPIOS FÍSICOS.</i>	10
<i>Fuentes de luz.</i>	12
<i>Interacción luz-materia.</i>	16
<i>DIMENSIONES DEL COLOR.</i>	21
<i>MEZCLAS DE COLORES: CLASIFICACIÓN.</i>	25
SISTEMA ADITIVO.	26
SISTEMA SUSTRACTIVO.	27
SISTEMA O MEZCLA PARTITIVA.	30
EL PROCESO VISUAL O VISIÓN.	32
<i>OJO O GLOBO OCULAR.</i>	33
<i>FISIOLOGÍA DE LA VISIÓN DEL COLOR.</i>	35
<i>ANOMALÍAS DE LA VISIÓN DE LOS COLORES.</i>	37

MEDICIÓN DEL COLOR.	40
MÉTODOS VISUALES.	41
1. Atlas colorimétrico.	41
2. Guías de colores comerciales.	44
3. Colorímetros visuales.	44
MÉTODOS OBJETIVOS.	45
1. Colorímetro triestímulo.	47
2. Espectrofotómetro.	47
LA PORCELANA DENTAL.	51
<i>COMPOSICIÓN QUÍMICA.</i>	51
<i>TÉCNICA DE LABORATORIO.</i>	56
FRENTES LAMINADOS DE PORCELANA.	64
<i>INDICACIONES.</i>	66
<i>FASES CLÍNICAS.</i>	68
1ªFASE: HISTORIA CLÍNICA.	68
2ªFASE: PREPARACIÓN DENTARIA.	68
TOMA DE IMPRESIONES.	72
SELECCIÓN DEL COLOR.	73
PROVISIONALES.	74
PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO.	74
3ªFASE: COLOCACIÓN DE FACETAS.	76
OBJETIVOS.	81

MATERIAL Y MÉTODO

MODELO EXPERIMENTAL. . . . .	. 83
METODOLOGÍA. . . . .	. 88
<i>DISCOS SUSTRATO.</i> . . . .	. 88
<i>DISCOS DE PORCELANA.</i> . . . .	. 89
<i>ANÁLISIS DE COLOR: ESPECTROFOTOMETRÍA.</i> . . . .	. 94
ANÁLISIS ESTADÍSTICO. . . . .	. 99

RESULTADOS

INTRODUCCIÓN. . . . .	. 102
1.GUÍAS DE COLORES. . . . .	. 104
2.SUSTRATOS. . . . .	. 106
3.DISCOS DE PORCELANA 0.3-0.4 CON SUSTRATO St1. . . . .	. 109
4.DISCOS DE PORCELANA 0.8-1 CON SUSTRATO St5. . . . .	. 124
5.PRUEBAS ADICIONALES PRACTICADAS. . . . .	. 137

TABLAS

GRÁFICAS

HOJAS DE PROTOCOLOS

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN DEL MATERIAL Y MÉTODO. . . . .	. 143
DISCOS SUSTRATO. . . . .	. 147
DISCOS DE PORCELANA. . . . .	. 148
CEMENTOS DE RESINA COMPUESTA. . . . .	. 149
MÉTODO COLORIMÉTRICO. . . . .	. 152

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	. . . . .	. 162
1.GUÍAS DE COLORES	. . . . .	. 164
2.SUSTRATOS AISLADOS St1 Y St5.	. . . . .	. 165
3.DISCOS DE PORCELANA 0.3-0.4 mm.	. . . . .	. 167
4.DISCOS DE PORCELANA 0.8-1 mm.	. . . . .	. 174
5.PRUEBAS ADICIONALES PRACTICADAS	. . . . .	. 176

CONCLUSIONES 178
---------------------	-----------	--------------

BIBLIOGRAFÍA 181
---------------------	-----------	--------------

1. INTRODUCCIÓN

EL FENÓMENO DEL COLOR

EL PROCESO VISUAL O VISIÓN

MEDICIÓN DEL COLOR

LA PORCELANA DENTAL

**FRENTES LAMINADOS DE
PORCELANA**

Entendemos por **Prótesis** el arte o ciencia de reponer partes perdidas del cuerpo humano mediante un componente artificial. Cuando se aplica a la Odontología, el término prótesis se transforma en **Prostodoncia**, y es la rama de la ciencia o arte dental que trata específicamente del reemplazo de tejidos dentales que se han perdido y de sus tejidos relacionados, con substitutos artificiales, para restaurar la función alterada, la apariencia, el confort, y la salud del paciente¹.

Esta reconstrucción puede llevarse a cabo reemplazando los dientes ausentes de una forma fija, apoyada en dientes naturales o bien combinada, o no, con implantes oseointegrados. Es la llamada prostodoncia fija². Ahora bien, en la civilización moderna actual los nuevos conceptos de belleza requieren unos dientes con un color determinado, perfectamente alineados y con contornos, formas y simetría característicos. Por ello, la prostodoncia tiene que ampliar su concepto de reposición y abarcar el de restaurador de dientes naturales existentes en la cavidad oral, con alteraciones de color, forma y alineamiento en las arcadas dentarias, consiguiendo sonrisas luminosas y con unos patrones de belleza que den seguridad al paciente³.

Resulta muy gratificante la visión de una dentición anterior intacta, y la existencia de una relación natural y sana entre la encía y el esmalte como la que se observa típicamente en las denticiones jóvenes⁴.

La respuesta a estas exigencias estéticas la encontramos, en un elevado número de casos, en las restauraciones con porcelana dental. Por ello, si queremos alcanzar un alto nivel en tecnología dental y de esta manera obtener restauraciones estéticas y funcionales para nuestros pacientes, debemos comprender las propiedades de dicha porcelana dental. Resulta necesario familiarizarse con los principios del color, morfología dentaria y patrones estéticos, así como con todas las técnicas de confección de restauraciones cerámicas llevadas a cabo, en el laboratorio, por el técnico dental. Debe existir una íntima y estrecha comunicación entre el clínico y el técnico de laboratorio para transmitir correctamente los objetivos que deseamos alcanzar⁵.

El compromiso entre estética y función, con el sacrificio de la primera en aras de la segunda, es el caballo de batalla al que el clínico se enfrenta diariamente a la hora de sentar las indicaciones terapéuticas adecuadas en cada caso. De entre las posibilidades restauradoras que la porcelana dental nos ofrece, son las coronas ceramo-metálicas (con o sin hombro cerámico), las restauraciones completas de porcelana (coronas *Jacket*), los *inlays-onlays* y los frentes laminados, las más comúnmente utilizadas.

La aplicación de un alma metálica en las restauraciones ceramo-metálicas va a aportar resistencia a un material duro, pero a la vez frágil como es la porcelana, pero va a disminuir su estética al frenar su translucidez. Ello no se ve entorpecido en las restauraciones de porcelana sin metal, ya que la luz puede traspasar la restauración, alcanzando la dentina natural y semejando las condiciones físicas de un diente. Sin embargo, sabemos que esta pérdida de resistencia mecánica que conlleva la ausencia de alma metálica facilitará la fractura de la restauración si no

realizamos una correcta indicación. En la actualidad se intenta obviar este problema desarrollando porcelanas dentales con mejores propiedades mecánicas gracias a cambios porcentuales en su composición y tratamientos térmicos durante su proceso de elaboración ⁶.

Para el profesional, la utilización de estas nuevas cerámicas, conlleva el manejo cuidadoso de una serie de factores como son: el color de la porcelana y sus espesores, el color de los nuevos cementos basados en resinas compuestas y las diversas coloraciones de la dentina, para conseguir un resultado estético final que mimetice al máximo el color y la forma de los dientes adyacentes. A su vez, es de vital importancia el manejo de los tejidos gingivales para conseguir una relación de emergencia y salud periodontal, así como de biocompatibilidad, que redunden en una estética óptima. El clínico debe reconocer el tipo de arquitectura gingival presente y diseñar los contornos coroneles subgingivales necesarios para la óptima salud de esos tejidos ⁷.

Dependiendo del grado de exigencia que tengamos con el conjunto de factores que entran en juego a la hora de confeccionar nuestras restauraciones de porcelana, hablaremos de resultados aceptables o de resultados óptimos. Cabe pensar que cuanto la investigación más profundice en el conocimiento de las características de los materiales dentales, más fácil nos será alcanzar esos resultados óptimos que tanta satisfacción producen al profesional y al paciente.

EL FENÓMENO DEL COLOR

Hasta hace unos años se pensaba que el hombre a diferencia de casi todos los mamíferos, veía en colores ⁸. La especie humana y la mayor parte de los primates del Viejo Mundo poseen una visión tricromática, junto con los anfibios. Varios autores han aportado, en el último decenio, nuevos datos a partir de experiencias basadas en el comportamiento y confirmadas por la espectrofotometría, que hacen pensar que la mayoría de especies de mamíferos tienen un sistema de visión dicromática ^{9 10 11 12 13 14 15 16}. Muchas especies, como es el caso de los primates, poseen conos y bastones con funcionamiento alternativo (dualidad retiniana), con lo que se amplían grandemente sus ejecuciones visuales.

Las personas percibimos los colores de manera subjetiva, aprendiendo sus nombres respectivos, y desde ese momento empleamos esos nombres cada vez que tenemos esa misma sensación.

El color desempeña un papel cada vez más importante en nuestra vida cotidiana. Actualmente las personas tenemos, por lo general, una capacidad bastante desarrollada para valorar los colores y las combinaciones entre ellos; por ejemplo, tratando de armonizar los diversos tonos de la piel, el cabello y los ojos con la ropa y sus accesorios, y no hay duda de que la capacidad para percibir las diferencias de color es una habilidad que se perfecciona con la práctica. También en nuestra consulta odontológica estamos observando constantemente el color o colores de los

dientes localizados en la dentina y proyectados, a través del esmalte, hacia su superficie.

Intentaremos, en este capítulo, acercarnos y comprender mejor el concepto y los principios físicos de este fenómeno para que, de esta manera, podamos reproducir los colores de los dientes naturales en nuestras restauraciones prostodóncicas. Quizás sea el color, junto con el ajuste marginal, los factores más difíciles de controlar a la hora de confeccionar las restauraciones, particularmente los frentes laminados de porcelana; es por ello que consideramos un objetivo importante, en este trabajo, conocer qué factores influyen en la determinación final del color de estas restauraciones.

INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

La especie humana ha ido aumentando lentamente la comprensión de este complejo fenómeno a medida que ha aprendido a pensar y a hablar. El hombre primitivo no tenía siquiera nombre para los diversos colores.

Bren Berlin y Paul Kay¹⁷ realizaron, en 1969, un estudio de las sociedades primitivas mostrando, una similitud en la forma de evolución del concepto de color en todas ellas. Verificando, que la evolución de los términos utilizados para designar los colores ha sido paralela al desarrollo tecnológico y cultural de las diferentes sociedades.

En los grupos estudiados por estos autores, los colores se dividieron inicialmente en blanco y negro . En un grado de mayor evolución o desarrollo se

añadió un tercer color, el rojo. El cuarto color al que se dio nombre fue el verde o el amarillo. A partir de entonces aparecieron palabras para designar el color púrpura, el rosa, el naranja y el gris.

En 1858, William Gladstone¹⁸ (primer ministro de Inglaterra) realizó un estudio de la terminología de los colores en la literatura de la antigua Grecia, a partir del texto de la *Ilíada* de Homero (~ 950-850 a. C.). Debido a la parquedad y limitado número de términos que se refieren a los colores, dedujo que el azul y verde no se conocían, llegando a la conclusión de que “los órganos de percepción de los colores estaban sólo parcialmente desarrollados entre los griegos antiguos”. Nietzsche⁸ (1844-1900) habla de la ceguera cromática de estos pensadores. Actualmente, resulta más verosímil la idea de que los griegos estaban en una fase en la cual todavía no se habían desarrollado las palabras para la expresión de la totalidad de los colores.

Aristóteles¹⁹ (384-322 a. C.), en su libro *De sensu et sensible*, estableció su teoría general sobre los colores y los situó en una escala lineal de luminosidad /oscuridad; esta escala sirvió de base a los posteriores círculos y atlas de colores de otros autores. En su *Meteorológica* formuló la teoría de los colores del arco iris, afirmando que eran tres: rojo, verde y azul; el resto de colores se formaban a partir de mezclas de estos tres colores básicos (primarios aditivos). Pero introdujo un error al pensar que estos tres colores eran también los primarios para los pigmentos que los pintores utilizan en sus lienzos (primarios sustractivos), error que se mantuvo hasta el siglo pasado²⁰.

El esfuerzo realizado para comprender el color a lo largo de la historia por físicos, matemáticos, fisiólogos y artistas (Leonardo da Vinci, Durero, Newton,

Young, Maxwell, Goethe, Runge, Van Gogh, Klee, Kandisky, Wittgenstein) tiene importancia para nosotros, no tanto por la forma en que se han desarrollado los conceptos, sino por los conocimientos de que disponemos actualmente a cerca de como trabajar con él ²¹.

CONCEPTO DE COLOR

El diccionario de la Real Academia Española define el color como: “la calidad de los fenómenos visuales que depende de la impresión distinta que producen en el ojo las luces de distinta longitud de onda.”

Para Newton(1730) ²² “los rayos de luz no son coloreados, en ellos no hay más que una cierta energía y una capacidad y disposición para provocar una sensación de diferentes colores”. En 1810 el filósofo y escritor alemán Von Goethe²³ (1749-1832) define el color “como una propiedad invariable de los objetos como sus dimensiones o su peso”.

El Comité de Colorimetría de la Sociedad de Óptica de América ²⁴, en 1966, define: “El color no es una propiedad de un objeto, sino más bien de la luz que entra en nuestros ojos procedente de él”. Sproull (dentista americano) escribía en 1967: “El color no existe físicamente, es un efecto visual causado por la forma en que la luz se transmite, se refleja, o se absorbe” ²⁵.

La CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) en 1970, define el color percibido como: "el aspecto de la percepción visual mediante el cual un observador puede distinguir entre dos campos del mismo tamaño, forma y textura basándose en las diferencias en la composición espectral de las radiaciones relacionadas con la observación". El color que percibimos a través de nuestros ojos depende de la composición espectral de la luz que incide en ellos, bien directamente o después de haber sido reflejados en un objeto. En este último caso, es evidente que la reflexión espectral del objeto, modifica el espectro de la luz incidente. El término color se entiende en lenguaje coloquial, como un atributo de la percepción ligado a los objetos o a la luz. Como refiere Artigas *et al*²⁶ en 1995, para que exista color debe haber luz y visión, en la oscuridad o con poca luz no se aprecia el color.

La palabra color se suele utilizar también para caracterizar a los materiales dándoles una apariencia específica, o bien, para describir una sensación generada por nuestros ojos²⁷. El color es una sensación, "es algo que nosotros vemos, es el resultado de una modificación física de la luz por los colorantes cuando son observados por el ojo humano (proceso físico) e interpretado por la mente (proceso psicológico)"²⁸.

Existen millones de colores. En el manual de color de Methuen se enumeran 8.000 colores diferentes, algunos de ellos como el color "libertad", "ráfaga de aire", "deseo ardiente". Puede que estos nombres sean muy poéticos pero desde luego no comunican que tonalidad representan. Es evidente que conviene establecer un cierto orden si queremos manejar los colores sin perder excesivo tiempo imaginándonos los resultados que obtendremos. De la misma forma, si queremos transmitir a otra persona un color no es suficiente comunicar la tonalidad, por ejemplo "rojo", puesto

que existen dentro de esta tonalidad muchos colores diferentes y por tanto debemos ordenar y describir el color con más precisión²⁹.

A diferencia del color, los colorantes tienen un concepto puramente físico. Son polvos o pigmentos usados en el proceso de coloreado de los materiales. Por lo tanto, colorear es el proceso físico de mezclar polvos y pigmentos en un medio adecuado.

La conclusión que se extrae de esta breve revisión es que el estudio del color es una tarea muy compleja, puesto que aunque tiene aspectos muy objetivos que permiten considerarlo como un concepto físico que puede ser estudiado y medido, el color también incluye aspectos psicológicos.

Básicamente, el color debe de ser estudiado como un complejo interrelacionado que comprende: **estímulo** (fuente de luz), **objeto**, **receptor** (ojo) e **interpretación** (mente humana).

PRINCIPIOS FÍSICOS

Desde el punto de vista físico la luz es una radiación electromagnética a la cual el ojo humano es sensible. Así, los físicos la clasifican según su longitud de onda (λ), que es la distancia en la dirección de propagación de una onda periódica entre dos puntos sucesivos, o la oscilación en la misma fase. Sin embargo, la única característica física de la radiación es la frecuencia de su vibración, ya que la longitud de onda depende de la velocidad, por consiguiente del medio en el cual se

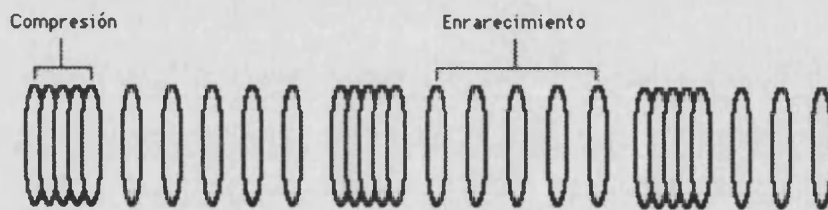


Figura 1: onda longitudinal

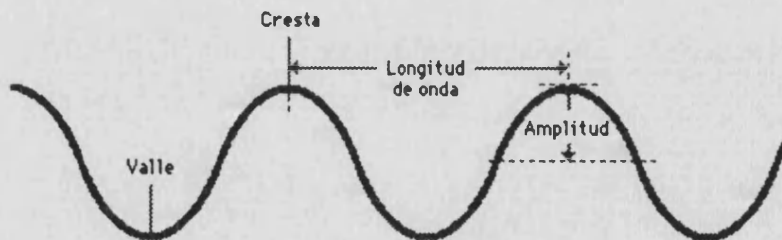


Figura 2: onda transversal

Ilustración de Microsoft

propaga. No obstante se suele utilizar esta última magnitud, λ , porque probablemente es más fácil de medir e imaginar²⁶. El ordenamiento lineal de las

diferentes longitudes de onda constituye el espectro electromagnético. El ojo humano únicamente puede percibir una estrecha banda de dicho espectro que incluye longitudes de onda entre 380-780 nanómetros²⁶ (la unidad empleada es el nanómetro que equivale a 10^{-9} metros). En esta banda visible (VIS), Newton²², en 1666, describió una serie cromática de siete colores, resultado de la descomposición de la luz solar: Rojo (723-647 nm), Naranja (647-585 nm), Amarillo (585-575 nm), Verde (575-492 nm), Azul (492-455 nm), Índigo (455-424 nm), y Violeta (424-397 nm). Esos son los nombres que nosotros empleamos cada vez que tenemos esa misma sensación óptica. Por debajo de esta banda encontramos longitudes de onda más cortas representadas por la luz ultravioleta, Rx y rayos gamma (radiaciones ionizantes); por encima, las longitudes de onda más largas, se encuentran representadas por la radiación infrarroja, las microondas y las transmisiones de radio y televisión. (figura 1, original de Minolta®)

El observador normal puede detectar una diferencia entre dos luces espectrales que difieran en 1 nm de longitud de onda en las regiones de 490-585 nm (zona central del espectro visible). En otra regiones, la diferencia debe de ser mayor, pero sólo en el violeta (430 nm) y el rojo (650 nm) la diferencia necesaria es superior a 4 nm³⁰.

Fuentes de luz

Al percibir un objeto con un color determinado, lo que está sucediendo es que éste está absorbiendo todas las longitudes de onda de la luz correspondiente a otros colores y refleja únicamente aquéllas que interpretamos como el color del objeto. Así, un objeto que absorbe la luz verde y azul y refleja la roja, aparece como rojo ⁶. Por tanto, si queremos ver el color “real” de un objeto, la fuente de luz que lo ilumine debe de ser luz blanca de espectro total y con un equilibrio armonioso de todo el espectro visible; lógicamente, si la fuente de luz no posee todo el espectro, o bien dominan algunas longitudes de onda, ello provocará que no veamos el color adecuadamente. El ojo humano no puede ver en un objeto los colores que no estén contenidos en la fuente de luz que lo ilumina.

La fuente de luz natural más importante es el sol, cuyo espectro de luz va cambiando a lo largo del día. La distribución espectral del sol depende de la hora del día, de la humedad y de la polución. Durante la mañana y la tarde, las longitudes de onda más cortas (azul y verde) están dispersas y únicamente penetran las más largas en la atmósfera (el extremo rojo del espectro); en consecuencia, la luz diurna incidente en el amanecer y en el atardecer es más rojiza. Clásicamente se ha considerado ideal, para seleccionar el color, la luz diurna del norte al mediodía durante un día nublado (iluminante C), dado que tiene el equilibrio armonioso de todo el espectro visible, aunque esta sugerencia es inaceptable por razones de clima, geografía y de tiempo, y porque además no todas las comparaciones de color pueden realizarse bajo las mismas condiciones a la misma hora del día ³¹. Consideraremos como ideal la luz diurna de espectro completo.

Debido a la necesidad de contar con fuentes de luz patrón, la C.I.E. (Comisión Internacional de Iluminación) ³² especifica como estándar las fuentes lumínicas A, B, C, D65, F, con su energía relativa. Las fuentes más utilizadas como iluminantes son dos: La A, que intenta imitar el espectro de la lámpara incandescente y que se obtiene con un filamento espiral de tungsteno en una atmósfera gaseosa, funcionando a 2856 °K, y la D65 que caracteriza la luz del día a 6500°K. Existen otras fuentes como la fuente B, que representa la luz del sol al mediodía. La fuente C representa la luz del día promedio a una temperatura de 6774°K. Y la fuente F proviene de la lámpara fluorescente, la cual consiste en un tubo de cristal relleno de una mezcla de vapor de argón y mercurio; cuando la corriente fluye a través del gas ionizado entre los electrodos, se emite una radiación ultravioleta que es absorbida por el recubrimiento de fósforos que tiene el interior del tubo, emitiendo luz fluorescente. Actualmente la utilización del iluminante D65 ha desplazado a las fuentes C. Las fuentes de luz más comunes en las consultas dentales son la incandescente (A) y la fluorescente (F), ninguna de las cuales es luz blanca pura ³³. Una luz incandescente ordinaria emite concentraciones relativamente más superiores de ondas de luz amarilla que de azul-verde y de azul, mientras que de las fluorescentes hay diferentes tipos emitiendo espectros distintos, por lo que se suelen hacer combinaciones de ellos para obtener una iluminación lo más compensada posible, es decir más blanca.

El color de los dientes tiene que observarse en condiciones variables de luz solar, por lo tanto, hoy se considera que uno de los sistemas más válidos es el empleo de luz artificial controlada que intente reproducirla.

El Council on Dental Materials de la American Dental Association³⁴ hace las

siguientes recomendaciones en lo que respecta a la iluminación artificial:

1. Temperatura de color de 5500° K. Un cuerpo que es elevado a una cierta temperatura emite una radiación determinada. Según aumentemos la temperatura, la luz será roja, amarilla, blanca, azulada o violeta. Cuando se habla de temperatura de color de una fuente de luz, nos estamos refiriendo a la temperatura absoluta en grados Kelvin que alcanza el cuerpo negro teórico, cuyo color es idéntico al de la fuente. Por lo tanto un cuerpo negro que a temperatura ambiente es negro, puede ser rojo a 800° K, amarillo a 3000° K, blanco a 5000°K, y azul celeste a 8000°K. Esto se puede comprobar en un recinto cerrado, opaco, manteniéndolo a temperatura constante (como un horno de porcelana); si le realizamos una pequeñísima abertura en una de sus paredes, el rayo de luz que sale no depende de la naturaleza de la pared del recinto sino de la temperatura del interior; variando ésta, se puede explorar todo el espectro visible y asimilar cada color a una temperatura como acabamos de ver. La temperatura del color a 5500° K es una luz blanca. Esta temperatura de color se expresa en grados Kelvin o absolutos, que equivale a grados Celsius menos 273. Por lo tanto, si cambiamos la temperatura de la fuente de luz vamos a percibir el color de modo diferente ²⁸, ya que su espectro cambia; por ejemplo, si la temperatura es superior a los 5000 °K hay menor cantidad de energía radiante que contenga rojo-naranja y si el diente sobre el que vamos a practicar la medición se encuentra situado en el espacio de color del amarillo-rojo (naranja), el matiz o tono puede no ser detectado correctamente. Por el contrario, si la temperatura es inferior a los 5000°K se volverá todo anaranjado. Hay que conocer la temperatura de la fuente de luz con la que se trabaja y se recomienda que la temperatura de la luz sea revisada por un ingeniero ³³.

2. Índice de rendimiento en color (IRC). Indica la capacidad de una fuente de luz para reproducir colores (en una escala de 1 a 100), en comparación con otra fuente estándar específica que tiene un IRC de 100, definido como el punto medio (blanco) en un diagrama cromático. Ya dijimos que la luz diurna de espectro completo se considera ideal. No obstante, las circunstancias a veces nos obligan al empleo de una luz artificial para la elección del color, y en estos casos se recomienda el empleo de luz fluorescente que cumplan estos requisitos, es decir que tenga un IRC superior a 90 y cercano a 100, lo cual deberá también ser comprobado. Bergen y McCasland³⁵ han comunicado la existencia de dos tubos fluorescentes corregidos de color que están comercialmente disponibles y que son fuentes con un IRC superior a 90, o como los tubos fluorescentes 75 Chroma de General Electric® (Cleveland, Ohio), o la Esthelite Shade Matching Unit®; los tubos fluorescentes blancos fríos de uso corriente tienen un IRC entre 50 y 80 y, por tanto, no son aconsejables, además la calidad de la luz del fluorescente cambia con el tiempo, por lo que es mejor desecharlos en lugar de esperar a que se fundan.

3. Intensidad de la luz ambiental. La cantidad de luz que incide sobre un objeto afecta a la capacidad de percepción del color, y si ésta es inadecuada, variaciones pequeñas de color no serán detectadas. La ADA recomienda una intensidad de luz entre 200-300 candelas a 30 pulgadas (75 cm) del suelo, con el sillón reclinado. Una candela es la unidad fotométrica internacional, basada en la radiación de un cuerpo negro a la temperatura de solidificación del platino. Esta radiación por cm^2 equivale a 60 candelas. Si la luz es mediana o de baja intensidad los conos de la retina no se activan, no pudiendo distinguir el color (tono y saturación) y se pondrá en marcha la visión escotópica de los bastones (éstos sólo transmiten una señal gris o blanca), lo que es muy útil para determinar la luminosidad de un color, por ello se

recomienda para la elección del mismo entornar los ojos³⁶. Demasiada luz provoca fatiga y sobre materiales reflejantes como los dientes y la porcelana, aumenta el brillo y enmascara también el tono del color³⁷. Cuando se habla de dientes se considera más adecuado utilizar 175 ± 25 candelas³³, y 300 candelas para el laboratorio dental³⁷.

Interacción luz-materia.

Cuando la luz incide sobre un objeto se producen diferentes fenómenos, de los cuales nos interesan particularmente los de: Trasmisión, Absorción, Reflexión, Refracción, y Fluorescencia . Entendiendo por:

TRASMISIÓN. La acción y efecto de transmitir, es decir conducir o ser el medio a través del cual se pasan las vibraciones o radiaciones.

ABSORCIÓN. Es la pérdida de la intensidad de una radiación al atravesar la materia y ser captada por ella.

REFLEXIÓN. Es el fenómeno que se produce al incidir luz sobre una superficie que no puede atravesar (no transparente), experimentando un cambio en su dirección, diciéndose que las ondas han sido reflejadas, es decir, la luz es devuelta al espacio del que proviene. Esta reflexión puede ser:

***Regular o especular, cuando la superficie sobre la que inciden los rayos es plana, lisa y uniforme, o, lo que es lo mismo, cuando los rayos incidentes paralelos siguen siéndolo al ser reflejados. O bien,**

***Difusa, cuando la superficie de incidencia es rugosa; los rayos incidentes tienen diferentes angulaciones y direcciones, por tanto los rayos reflejados seguirán teniendo diferentes angulaciones y la luz se esparce después de la reflexión.**

REFRACCIÓN. Al incidir la luz sobre un material transparente, una cantidad variable de dicha luz es reflejada en su superficie, pero otra pasa a través de él (refracción) y experimenta un cambio de dirección en la línea de separación entre los dos materiales.

FLUORESCENCIA. Es la capacidad que tienen determinadas sustancias para absorber ciertas longitudes de onda cuando son iluminadas y emitir en una longitud mayor y de menor energía; el fenómeno sólo tiene lugar mientras dura la excitación luminosa y desaparece al cesar ésta. Cuando la duración de la emisión se prolonga durante bastante tiempo después de haber cesado la emisión del estímulo luminoso se produce la fosforescencia.

Además de estos fenómenos, resulta importante en el estudio que nos ocupa el concepto de metamerismo.

METAMERISMO. Es una característica por la cual dos colores con diferentes curvas espectrales, pueden parecerse iguales bajo una misma fuente de luz y diferentes bajo otra fuente de luz. Los colores que parecen iguales con una iluminación determinada pero que están compuestos de diferentes curvas espectrales

se denominan metaméricos; concepto que no debemos confundir con los cambios de color de un mismo objeto cuando es visto bajo diferentes fuentes de luz³⁸.

Entender estos fenómenos físicos descritos, tiene una gran importancia para nosotros, puesto que éstos mismos se producen cuando la luz incide sobre el diente natural. Hace 30 años McLean decía: “ la luz se transmite, se dispersa y se refleja a través del diente humano”. Aún hoy, continuamos intentando que la luz sufra los mismos procesos en nuestras restauraciones prostodóncicas, que al incidir sobre el diente natural, y de esta manera imitar sus propiedades ópticas, mejorando extraordinariamente la estética de las restauraciones. Ello implica que una de las líneas de investigación en cerámica se dirigirá hacia el estudio de las propiedades de la porcelana sin metal, ya que ésta permite el fenómeno de refracción, hecho que el metal, como cuerpo opaco impide, permitiendo únicamente la reflexión de la luz.

Por tanto, vamos primero a revisar la interacción de la luz y el diente humano, que como sabemos se estructura en capas con diferentes densidades: pulpa, cemento, dentina y esmalte, lo que produce la refracción de luz en varios planos ³⁸.

La corona clínica de un diente esta constituida fundamentalmente por la dentina, cuerpo opaco pigmentado y por el esmalte, acromático, translúcido y que regula la luminosidad; ambos recubren la corona y dan al diente su forma y su resistencia³⁹.

Cuando la luz incide sobre un diente natural (figura 2), parte de ella se refleja en su superficie, como un espejo, produciéndose la **reflexión regular (A)**, debido a que el esmalte es blanco liso y habitualmente esta húmedo. Además, el esmalte tiene una estructura de prismas colocados perpendicularmente a la dentina, actuando

como fibras ópticas que provocan una **reflexión difusa (B)**, pero que también **absorben y transmiten** la luz (C), sufriendo ésta un efecto de dispersión. Una fracción de la luz atraviesa el esmalte, produciéndose, por tanto, la **refracción (D)**, y se transmite hacia la dentina, hasta la pulpa y vuelve a salir más matizada, difusa y levemente teñida del color de la dentina. Otra parte de la luz se continúa **transmitiendo (E)**, atravesando completamente el diente, provocando la propiedad de translucidez, siendo ésta más intensa en la zona incisal.

La energía o luz que el diente **absorbe**, tras ser iluminado, se convierte en luz de longitudes de onda más largas (de menor energía), de tal modo que el diente en realidad es una fuente de luz. Este fenómeno es la **fluorescencia**, que persiste como ya hemos dicho mientras dura el estímulo. Si la luz emitida está en el rango de 400 a 450 nm, es decir, un color blanco azulado, esta contribuyendo a la apariencia vital y luminosidad de un diente humano³⁹.

La dentina influye predominantemente sobre el color del diente, pero si fuese la única fuente del color, su imitación sería más sencilla. Sin embargo, existen otros colores como el *maverick* o tinciones de la dentina localizado en la unión amelodentinaria sin un patrón determinado, y representan diferentes colores en varios grados de concentración (amarillo, amarillo miel, marrón claro y oscuro), que al combinarse con el color básico de la dentina, se proyectan a través del esmalte dando el color final⁴⁰.

Hemos dicho que el esmalte es incoloro y todo grado de color observado en la superficie de éste debe de considerarse una irregularidad, y debe incorporarse en la restauración⁴².

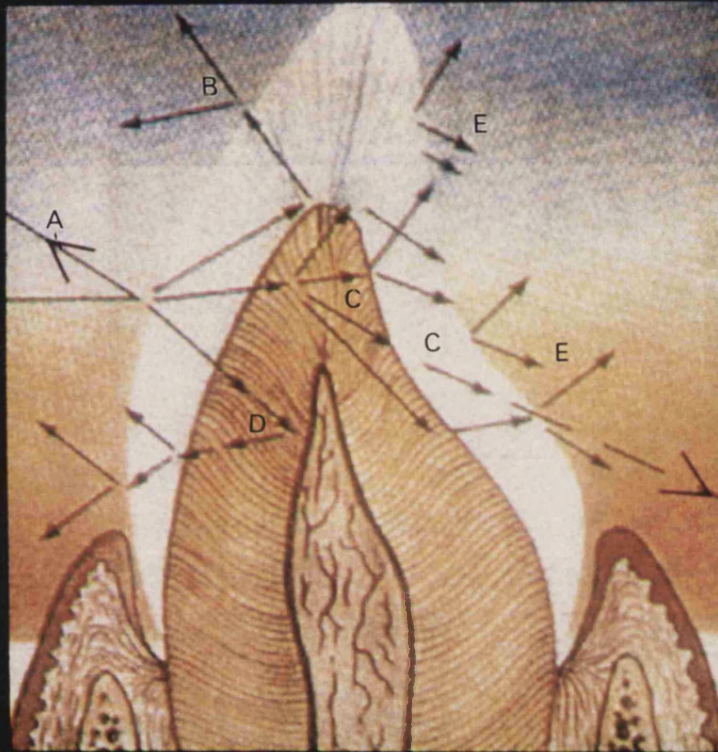


Figura 2. Fenómenos de transmisión, absorción, reflexión y refracción que se producen al incidir la luz sobre un diente natural.

Además, los dientes poseen raíces semitransparentes, las cuales prácticamente “nadan” en un mar rojo y azul de tejido conjuntivo y epitelial, sangre, etc. Este color incide a través de la raíz y se proyecta de forma interna hacia la corona. A la inversa, la luz y el color también son proyectados hacia la raíz a través de la corona⁴¹. Si mediante una restauración ceramometálica, impedimos el intercambio luminoso entre ambas regiones, puede ser ésta una de las causas de esa línea negra tan frecuentemente observada por gingival del margen facial o zona de unión corona-raíz.

En general, el color del diente y sus pigmentaciones varían en saturación a lo largo de la arcada debido a sus diferentes espesores^{31 40 42 43 44}, así como también lo hace en luminosidad⁴⁵, pero el tono, tiende a ser el mismo en toda la boca⁴².

Anteriormente hemos revisado el concepto de metamerismo. Uno de los problemas que nos puede causar a nosotros como prostodoncistas, es que el color escogido para la restauración de nuestro paciente varíe al cambiar de iluminación. Por ello, si es posible, debemos hacer la elección de color bajo dos o más fuentes de luz diferentes, una de las cuales debe de ser luz de día evitando el atardecer, otra la artificial de espectro completo, y otra que tenga algún componente cercano al ultravioleta. Dada la naturaleza fluorescente de los dientes, estos relucen cuando se exponen a la luz ultravioleta y si la porcelana que utilizamos en la restauración no lleva minerales fluorescentes, podríamos estar creando un par metamérico⁴⁵. Evidentemente nuestro protésico debe disponer de las mismas luces para ir comprobando el color de nuestra elección cuando está elaborando la reconstrucción protésica.

El color aparente de un objeto, en este caso en concreto de un diente o de una

restauración protodóncica, depende no sólo de la luz incidente (naturaleza y ángulo), sino también de sus propiedades físicas, estado de su superficie (lisa o rugosa), naturaleza y dimensiones del campo observado, y cómo no, del color local, regional y ambiental⁴⁶. Por ello, podemos definir como el color local el propio del objeto y el color regional como las variaciones del color local producidas por los efectos de luz y sombra. Los dientes están situados en la cavidad bucal, por tanto la coloración gingival da un tono anaranjado en el caso de dientes traslúcidos⁴⁵. La posición sobre la arcada, la forma y la alineación de los dientes, van a modificar también su color. El color ambiental se refiere a la influencia de los cuerpos próximos que rodean al diente, como los labios, la piel de la cara, los vestidos del paciente; así mismo, en el gabinete evitaremos los colores vibrantes o que reflejen mucho la luz (paredes o cortinas llamativas) escogiendo colores suaves y neutros. Lógicamente la percepción del color de un objeto, depende, además, de las características individuales del observador, que ya estudiaremos más adelante.

DIMENSIONES DEL COLOR.

De la misma forma que un cuerpo sólido puede ser descrito, de forma física, con tres dimensiones (longitud, anchura y profundidad), el color también tiene tres atributos primarios o dimensiones que permiten describirlo con la misma precisión. Ya en el año 1611, Sigfrid Forsius⁴⁷ presentaba el color como una entidad tridimensional. Desde aquella época, se han diseñado numerosos sistemas y se han utilizado muchas aproximaciones para explicar esta propiedad tridimensional. Munsell⁴⁸, en 1905, estableció un sistema de organización del color en base a tres

aspectos únicos : *Hue, Value, Chroma*. Los nombres de estas dimensiones pueden variar pero no el concepto de las dimensiones mismas⁴⁹.

Hace 60 años Clark⁵⁰ dijo: “El color, como la forma, tiene tres dimensiones, pero no son de uso generalizado. A muchos de nosotros no se nos ha enseñado sus nombres ni tampoco las escalas de su medición, en otras palabras, a nosotros como dentistas no se nos ha enseñado como abordar el problema del color.” Esta afirmación lamentablemente aún continua siendo válida.

La C.I.E.⁵¹, en 1970, define los atributos perceptivos para denominar un color. Si se trata de un color de una luz directa, éstos son: **tono** o atributo que permite caracterizar un color como azul, verde, amarillo, naranja, rojo o púrpura; **luminosidad** o cantidad de luz de un campo; y **saturación** o colorido de un campo determinado en proporción a su luminosidad. Se dice por ejemplo que una lámpara emite una luz intensa, verde y pura.

Cuando se trata del color de los objetos, sus atributos se definen como: **tono** o atributo que permite caracterizar un color como azul, verde....etc, **claridad** o la luminosidad de un campo determinada en proporción a la de un campo igualmente iluminado que se percibe como blanco o perfectamente transparente, y **croma** o el colorido de un campo determinado en proporción a la luminosidad de un campo igualmente iluminado que se percibe como blanco o perfectamente transparente.

TONO, *HUE*, MATIZ O TINTE.

El tono es la primera dimensión, es la más fácil de comprender y en las palabras de Munsell “es la cualidad por la cual distinguimos una familia de colores de otra, como el rojo del amarillo”. Es el color básico de un objeto.

Podríamos decir que el tono es la propiedad con que la mayoría de nosotros designamos, indebidamente, como “color” propiamente dicho. El *Hue*, para un científico del color, es la sensación por la cual un observador percibe las distintas longitudes de onda de la energía radiante. El fenómeno del *Hue* es una sensación.

LUMINOSIDAD, *VALUE*, VALOR O CLARIDAD.

Es la segunda dimensión del color y es una propiedad acromática carente de todo *hue* y que podemos definir simplemente como el grado de blanco o negro. Es la cualidad por la cual distinguimos un color claro de uno oscuro⁵².

Nosotros percibimos las diferencias de valor o claridad cuando observamos una imagen de televisión en blanco y negro. La escena real está llena de color pero solamente se trasmite el claro-oscuro de un color, es una representación unidimensional (*Value*) de una situación tridimensional (*Hue, Chroma y Value*).

SATURACIÓN O CHROMA.

Es la tercera dimensión y es la pureza o intensidad del tono⁵¹. Esta dimensión limita muy de cerca con el tono y se confunde muy a menudo con la luminosidad. Por ejemplo, si un vaso de agua tiene una gota de colorante verde en él, presentará una apariencia verde. Si se van añadiendo gotas sucesivamente, el tono no cambiará, ya que todas las gotas proceden de la misma fuente colorante, pero el medio estará progresivamente más saturado, es decir la saturación irá aumentando. En los dientes, los *Chromas* más altos están en la porción gingival, mientras que los más bajos están en las regiones incisales.

Estos atributos, que son psicológicos, pueden relacionarse con los atributos físicos de la siguiente manera: el tono está relacionado con la longitud de onda dominante, el valor con la luminancia y la saturación con la pureza o anchura de banda de la radiación ²⁶.

Conocer y aprender a discernir los atributos o dimensiones del color, es de gran importancia y utilidad para realizar una correcta y precisa selección del color de los dientes, imprescindible en el campo de la odontología, como primer eslabón para la consecución de restauraciones de una calidad estética óptima.

Las tres dimensiones del color no son percibidas por el ojo humano de la misma forma. La función de los bastones del ojo es percibir la luminosidad, mientras que los conos se encargan del tono. Según la psicología de la percepción del color, la importancia relativa de las tres dimensiones son: Tono-3, Luminosidad-1 y Saturación-2. Es decir, para percibir una diferencia en el *Hue* o Tono es preciso que ésta sea tres veces más marcada que la diferencia perceptible en la luminosidad o

Value. Por lo tanto, el valor es netamente más determinante que el tono o la saturación del color y en la práctica odontológica es muy importante determinar la luminosidad o valor real, puesto que una pequeña diferencia será apreciable⁵³. En una luz ambiental débil, se puede percibir un objeto claro, pero no seremos capaces de discernir el tono.

Imitar en porcelana el valor o luminosidad de un diente es extremadamente complejo y los fabricantes no dan instrucciones precisas para sistematizar la variación de valor⁴⁵.

Otros autores hablan de la cuarta dimensión del color, como Paul Muia⁴⁰, que la denomina *Maverick* y la localiza en la unión amelodentinaria de los dientes. Robert Zena⁴¹ habla de la transparencia o translucidez como la cantidad de luz que atraviesa un objeto, cuya influencia se deja sentir en las demás dimensiones del color. La opacidad es el valor inverso; los dientes de mayor edad, son más translúcidos, con acusados contrastes cromáticos, reducido valor cromático y elevada translucidez del esmalte, mientras que los dientes jóvenes son claros, opacos y con discretos contrastes.

MEZCLAS DE COLORES: CLASIFICACIÓN.

En el siglo XVIII Mayer y Lambert intentaron diseñar un sistema ordenado en base a las mezclas de pigmentos. El punto de anclaje de la moderna teoría está en torno al siglo XIX, con el desarrollo de los círculos cromáticos del escritor Goethe y del pintor Otto Runge⁵⁴ (1777-1810) tratando de explicar la esencia general del color y sus mezclas. Posteriormente es el pintor Delacroix (1798-1863),

quien realiza un triángulo cromático con tres colores básicos y tres mixtos, las tres parejas principales de los colores complementarios. Son también de destacar nombres como: Chevreul que se dedica al contraste simultáneo, Seurat que construye su pintura conforme las leyes de la óptica fisiológica, Paul Klee que dedica su atención a la situación de los pigmentos en relación con el círculo espectral²¹. Fué Hermann Grassmann⁵⁵(1809-1877) quien diferenció las mezclas de colores en aditivas y sustractivas como las conocemos actualmente.

SISTEMA ADITIVO.

Cuando Newton⁵⁶ hizo pasar la luz solar a través de un prisma, observó cómo la difracción de la luz se descomponía en un espectro de color. Cuando intentó dividir aún más cada color, pasando la banda espectral a través de otro prisma, no obtuvo cambio alguno. De esta manera Newton demostró que la luz del día, que es blanca, se compone de muchos colores. Como el conjunto es la suma de las partes, ciertos colores de luz adecuadamente combinados, dan un resultado final blanco. La ley de Abney comprueba que si se recogen con un prisma las radiaciones de un espectro solar, que contiene los colores primarios, la luz blanca se recompone con su intensidad inicial. Los tres tonos que se necesitan para producir luz blanca se denominan colores primarios, básicos o fundamentales, que en el sistema aditivo son: Rojo, Verde y Azul y con ellos obtenemos el mayor número de colores por mezcla aditiva (recordemos que colores primarios pueden haber muchos). Es importante resaltar que este sistema es sólo aplicable a la luz expresada en forma de ondas y a la mezcla de dichas ondas, es decir a los denominados “colores luz”. Estas

mezclas de color aditivas tienen lugar cuando en el ojo entran al mismo tiempo diferentes rayos de luz coloreada de una de las siguientes maneras:

1. Cuando las luces de colores se superponen,
2. Por movimientos rápidos de un objeto multicolor, o
3. Por áreas de color tan pequeñas que el ojo humano no puede distinguir al estar yuxtapuestas (televisión)⁵⁷.

Por ejemplo, la percepción del amarillo puede obtenerse con una radiación monocromática de 575 nm o por la mezcla de dos colores primarios: rojo y verde. Si se mezclan dos colores primarios, se obtiene un color secundario o complementario del primario, que no se ha utilizado; así, el amarillo es el complementario del azul. El complementario de un color, es aquél que mezclado aditivamente con él, da el blanco de referencia.

Como conclusión, podemos afirmar que partiendo de un campo oscuro, cuando mezclamos aditivamente los tres primarios “colores luz” obtenemos el blanco (figura 3). Siguiendo este sistema se han desarrollado aparatos como la televisión. Con sólo tres colores primarios, la televisión en color reproduce una extensa gama de tonos²⁹.

SISTEMA SUSTRACTIVO.

Este sistema se basa en la absorción o sustracción selectiva de longitudes de onda del rayo de luz incidente (blanco). Ello se consigue colocando filtros entre el rayo de luz y el observador, o superponiendo sobre una superficie reflectiva

colorantes o pigmentos . En el sistema sustractivo la sensación de verde puede ser obtenida interponiendo filtros amarillo y cian a un rayo de luz blanca. En este sistema los tonos primarios son: Cian, Magenta y Amarillo, y con ellos se puede obtener el mayor número de colores, siendo en el sistema aditivo eran secundarios. De forma similar, los colores secundarios que resultan de estos tres colores primarios del sistema sustractivo son el azul, el rojo y el verde.

Uniendo dos colores primarios sustractivos como el magenta y el amarillo se obtiene el rojo. Si unimos el magenta y el cian obtenemos el azul, si unimos el cian más el amarillo nos resulta el color verde. La combinación de los tres colores sustractivos primarios es el negro. La mezcla de dos colores secundarios o complementarios sustractivos, como son el rojo y el azul produce el negro. El blanco se obtiene no intercalando ningún filtro (figura 4).

Sin embargo, hay que tener en cuenta que esto no es real ya que cualquier filtro o pigmento absorbe y transmite en todas las zonas del espectro, por lo que la reproducción nunca será completamente perfecta²⁶.

La mezcla sustractiva es más difícil de predecir que la aditiva, porque implica tanto la absorción como la dispersión, por parte del sustrato, así como el espesor del filtro los cuales modifican el patrón de longitud de onda global²⁸.

Es la técnica utilizada en la pintura y fotografía. Todos los pintores parten de un sustrato, es decir, de la tela blanca y aplican pinturas, que es como aplicar filtros, pues sustraen partes del espectro del blanco. El pigmento, además, puede ser más o menos cubriente. Así, con el óleo que es muy cubriente y mezclando colores llegan al negro, pero si el pigmento es más transparente, como la acuarela o los lápices de

colores, mezclando muchos colores sólo llegan al gris, pues filtran la luz que sale del sustrato.

Los conceptos de la mezcla de color usados habitualmente por los profesionales de la odontología para realizar las restauraciones prostodóncicas, son los mismos que utilizan los pintores. Estos, comúnmente, usan equipos de pigmentos de colores primarios y secundarios del sistema sustractivo, que es el que utilizamos cuando pintamos con lápices de colores. Todos sabemos, por ejemplo, que si mezclamos rojo y azul obtenemos el violeta y no el negro. Este sistema funciona así porque los pigmentos de los lápices absorben ciertas partes del espectro y reflejan otras. El pigmento rojo, por ejemplo, absorbe todo el espectro de la luz excepto el rojo.

Si los pigmentos fueran perfectamente eficientes, la mezcla de dos colores secundarios o complementarios produciría el negro, sin embargo suelen producir el gris. Si en nuestro ejemplo un lápiz absorbiera todo el espectro excepto el rojo, y el otro absorbiera todo excepto el azul, no quedaría nada. Normalmente las concentraciones de pigmentos no son eficaces en este sentido, y casi siempre tienen una baja saturación. De esta forma un lápiz rojo absorbe de forma selectiva unas ciertas longitudes de onda, y refleja las que se encuentran alrededor de la gama roja de los 700 nm^{55 58}. Los colorantes transparentes deben de aplicarse a un fondo o sustrato blanco o claro, ya que si se aplican sobre un sustrato oscuro, quedarán oscurecidos por el mismo⁵⁹. Es por lo que utilizamos el opaquer.

Se ha insistido mucho en el empleo de colores complementarios para ajustar el tono, el valor, la saturación de una restauración de porcelana, aunque la práctica diaria demuestra que no es tan sencillo; es más útil elegir bien inicialmente el color,

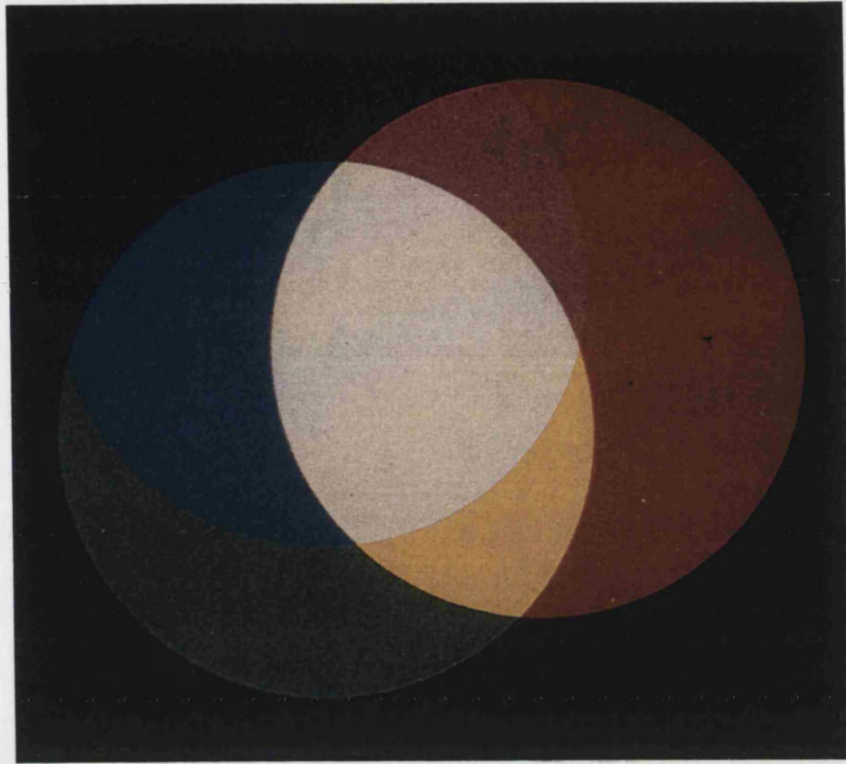


Figura 3. Mezcla aditiva de colores: tres luces de color (Rojo, Verde y Azul) se suman para dar el blanco

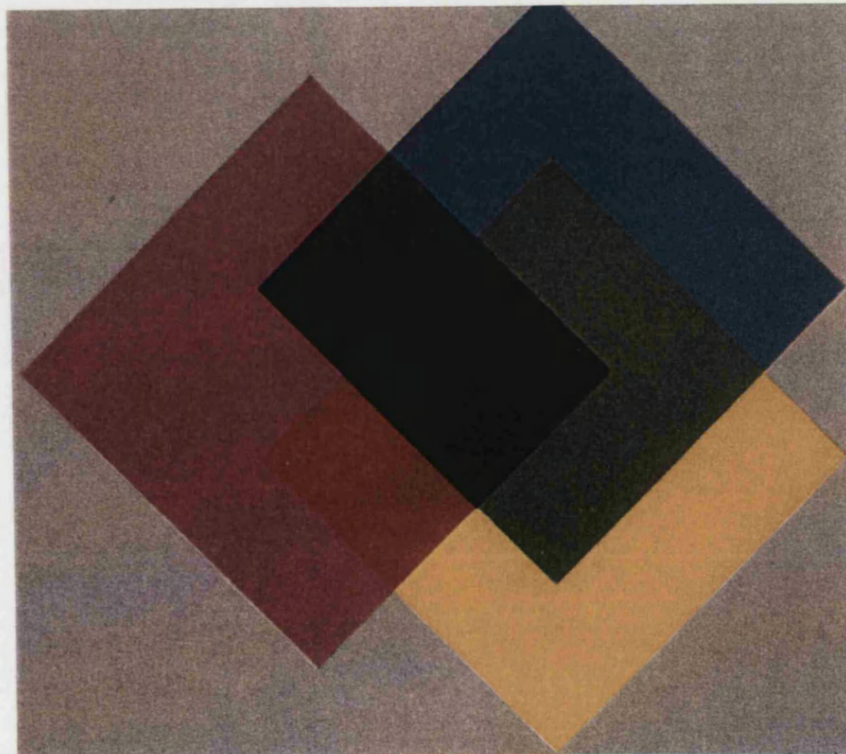


Figura 4. Mezcla sustractiva de colores: a partir de un blanco, tres filtros coloreados (Cyan, Magenta y Amarillo) sustraen diferentes partes del espectro para dar el negro.

que tratar de manipular las dimensiones del color mediante tintes complementarios⁶⁰.

SISTEMA o MEZCLA PARTITIVA.

La mezcla de colores partitiva predice un promedio de valores^{35 37 56 59}. Es el sistema utilizado en la imprenta y por los pintores puntillistas, quienes yuxtaponen en sus lienzos puntos de color demasiado pequeños para ser resueltos individualmente por el ojo a una distancia de visión normal. Es una combinación de la mezcla aditiva y sustractiva. Así, mezclando en la proporción adecuada puntos magenta y puntos amarillos, se obtiene una percepción de rojo. El valor resultante será el promedio de los valores del magenta y el amarillo. Los pequeños puntos actúan como filtros que eliminan por sustracción determinadas ondas de luz, reflejándose el resto de ondas hacia el observador, el cual hace una mezcla aditiva en su ojo. No se ha determinado si este sistema es aplicable a la tinción de restauraciones cerámicas⁵⁷.

Debemos de ser conscientes de que hay varios sistemas para manejar y mezclar el color. Cada uno tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Sin embargo, a pesar de que todos son diferentes, cada uno es adecuado en su propio marco.

En la rama de la odontología, es particularmente interesante conocerlos, puesto que para reproducir el color de un diente natural en las restauraciones prostodóncicas, la mezcla de colores que utilizamos en el laboratorio dental se basan en los mismos conceptos que acabamos de estudiar de la mezcla sustractiva, con los problemas que conlleva, es decir la mezcla es difícil de predecir y la reproducción

no es completamente perfecta²⁶. De ahí, la frustración de la utilización de colores complementarios para ajustar el tono, valor y saturación de las restauraciones cerámicas.

EL PROCESO VISUAL O VISIÓN

El color es un atributo de la percepción visual. Si el sistema visual no fuera capaz de detectar las radiaciones correspondientes a una pequeña región del espectro electromagnético, no sería posible reconocer los distintos colores que se perciben en la vida real. Se puede decir que el sistema visual realiza un análisis espectral en tiempo real de la luz que le llega, y en lugar de clasificar el estímulo por longitudes de onda, le asigna un nombre (verde, rojo, etc.). Por tanto, el estudio del color entra de lleno en la psicofísica, en cuanto trata de definir la respuesta del observador humano a estímulos caracterizados físicamente.

El maravilloso acto de percibir una escena, un color, es la culminación de un complejo proceso que se denomina visión. El proceso por el cual se llega a este resultado comprende una serie de etapas sucesivas que son³⁰: la óptica, la formación de la imagen del objeto en la retina, la fotorrecepción, la estimulación de las células receptoras de la luz que hace posible el registro de dicha imagen por la pantalla fisiológica (fotorreceptores-bipolares), la conducción al cerebro del impulso nervioso, y finalmente la formación de la imagen mental (ganglionares-cuerpos geniculados - corteza visual), último eslabón de la percepción visual.

OJO O GLOBO OCULAR

El globo ocular está formado por un conjunto de estructuras solidarias entre sí, aunque con anatomía y función propias⁶¹, el ojo puede ser considerado como una esfera de 12 mm de radio en cuya parte anterior se encuentra la **cornea**, que corresponde anatómicamente a una prolongación de la **esclerótica**. Tiene forma de un vidrio de reloj con un espesor de 0.8 mm en el centro y 1 mm en la periferia. Sus principales características son la permeabilidad y transparencia.

Detrás de la córnea nos encontramos con el **iris** que es una membrana pigmentada de forma circular y perforada por un orificio central, la **pupila**, cuyo papel fundamental es regular la cantidad de luz que pasa a la retina mediante los reflejos de miosis-midriasis.

El **crystalino** es una lente biconvexa, elástica y transparente. Su función es la acomodación, es decir cambiar de forma y enfocar los rayos luminosos que entran a la retina, constituyendo un sistema dióptrico.

En el esquema del ojo se distinguen dos compartimentos separados por el cuerpo y músculos ciliares, cristalino y su ligamento suspensorio.

El compartimento anterior esta ocupado por el **humor acuoso**, de consistencia líquida y del que depende la presión intraocular, y el posterior esta ocupado por el **humor vítreo**, liquido gelatinoso transparente e incoloro que da consistencia al globo ocular y mantiene fijo su volumen.

La **retina** es la membrana fotosensible del ojo, situada por dentro de la **coronoides** y en contacto con el humor vítreo, contiene los fotorreceptores, los

conos y los bastones. Los conos son los responsables de la visión diurna y del color (visión fotópica), mientras que los bastones permiten la visión nocturna, sin detalles ni color (visión escotópica).

Tradicionalmente se distinguen en la retina (excepto en la fovea) diez estratos o capas. De fuera a dentro son:

1ª.- Capa pigmentada, constituida por un epitelio monoestratificado rico en gránulos de melanina (fucsina), pigmento oscuro que evita la iluminación difusa de la retina.

2ª.- Capa de conos y bastones, formada por los segmentos externos de dichos fotorreceptores

3ª.- Membrana limitante externa, formada por los complejos de unión de las células gliales de Müller, los conos y los bastones.

4ª.- Capa nuclear externa, contiene los núcleos de los conos y los bastones.

5ª.- Capa plexiforme externa, lugar de sinapsis entre fotorreceptores, células bipolares y horizontales.

6ª.- Capa nuclear interna, contiene los núcleos de las células de Müller, bipolares, horizontales y amacrinas.

7ª.- Capa plexiforme interna, lugar de sinapsis de las células bipolares, amacrinas y ganglionares.

8ª.- Capa de células ganglionares: existen dos tipos básicos de células, las Y o alfa y las X o beta implicadas en la visión del color.

9ª.- Capa de las fibras del nervio óptico, responde a la disposición en haz de los axones de las células ganglionares, que convergen para formar dicho nervio óptico.

10ª.- Membrana limitante interna, formada por complejos de unión de las células de Müller en la superficie vítrea.

En el centro de la retina encontramos una zona de 6 a 8 mm de diámetro rica en conos y se distingue por la presencia en algunas células de un pigmento

carotenoide amarillo: es la **mácula lútea** o también región central o región macular. La función de este pigmento es la protección de la **fóvea** o depresión central de la mácula lútea contra las radiaciones de onda corta. La porción central de la fóvea recibe el nombre de **foveóla** y es la región de la retina de máxima agudeza visual. Por contra la región de entrada del nervio óptico o **papila óptica**, representa un punto ciego en el campo visual del sujeto³⁰.

Los axones de las células ganglionares se dirigen hacia atrás formando el nervio óptico que, al atravesar el quiasma, se convierte en la **cintilla óptica** y sus fibras pertenecen a los dos ojos. La cintilla termina y sus fibras efectúan sinapsis en el cuerpo geniculado lateral, que forma parte del tálamo óptico. En el cuerpo geniculado, las fibras de la mitad nasal de una retina y las de la mitad temporal de la otra establecen una conexión sináptica con las células del fascículo genículo calcarino, el cual se dirige al lóbulo occipital de la corteza cerebral **área 17 de Brodmann** o corteza visual situada a los lados de la fisura calcarina²⁶.

FISIOLOGÍA DE LA VISIÓN DEL COLOR

Los fotorreceptores (conos y bastones) contienen en sus segmentos externos sustancias químicas específicas que se descomponen al exponerse a la luz.

Como anteriormente hemos comentado, los fotorreceptores de la visión del color son los conos. Sus tres pigmentos visuales están compuestos por un cromóforo o retinal (captador de luz), igual al de los bastones, y una porción proteica u opsina llamada fotopsina⁶². Puesto que como hemos visto, los conos funcionan con

elevados niveles luminosos, tienen que estar formados por diferentes aminoácidos que constituyen su estructura primaria, proporcionándoles una diferente sensibilidad a la longitud de onda roja, a la verde y a la azul. En espera de una denominación específica, se habla de pigmento sensible al rojo, pigmento sensible al verde y sensible al azul. Como resultado, el ojo puede discernir una gama de colores casi infinita utilizando sólo receptores para tres longitudes de onda: la llamada trivarianza visual; y estos receptores parecen tener su máxima sensibilidad en el rojo, verde y azul. Esta teoría, apuntada ya por Young⁶³ en 1.802, decía que la visión del color está causada por una triple excitación del nervio óptico. Helmholtz recogió esta idea y estableció las funciones espectrales de los matices del color. Los máximos de sensibilidad espectral a estas longitudes de onda corresponden a 420, 534 y 564nm⁶⁴. El ojo es más sensible a la luz en la región verde-amarilla y menos en los extremos del espectro, es decir, al rojo y al violeta, como se puede observar en la curva de respuesta relativa del ojo humano a diferentes longitudes de onda^{28 65 45}.

Es importante conocer que existen unas características individuales relacionadas con la percepción de los colores²⁶. Unas son debidas a la edad, que produce unos cambios de coloración en el cristalino del ojo humano, y en algunos casos, colores adicionales en la córnea. También existen diferencias debidas a la presencia, en mayor o menor grado, del pigmento de la mácula lútea, diferencias debidas a la refracción del ojo, que afecta a la forma en que los distintos colores son enfocados en la retina. Otras diferencias reales se atribuyen a disparidades entre los propios pigmentos normales. Estas diferencias descritas entre los sujetos normales, son menores que las que existen respecto de los sujetos que padecen anomalías, como observaremos a continuación.

ANOMALÍAS DE LA VISIÓN DE LOS COLORES.

Cerca de un 8% de los varones y un 0.4% de las mujeres tienen una visión anómala o deficiente de los colores. Cuando esta deficiencia es muy llamativa se llaman ciegos de colores o daltónicos⁶⁶.

Dentro de nuestra profesión, la proporción es parecida como observaron Wasson y Schuman⁶⁷. Tras realizar una encuesta a 150 practicantes de odontología, 75 varones y 75 mujeres, obtuvieron un resultado de 9.3% de varones que presentaban defectos en la visión del color y un 0% en las mujeres con una prevalencia de un 0.4%. El test de examen fue el SPP-C (Standard Pseudoisochromatic Plates-Congenital)⁶⁸.

Afortunadamente, la mayoría de estos dentistas no son totalmente daltónicos, sino que tienen deficiencias en la distinción de colores. Lo malo es que la mayoría de ellos ni siquiera son conscientes de su problema. En la mayoría de los casos esta deficiencia es mínima, pero en la odontología estética, aun el más mínimo problema a la hora de distinguir los colores es importante.

Por lo tanto, conviene que todos los dentistas realicen pruebas de sensibilidad al color. La prueba más utilizada en la práctica oftalmológica es la que emplea la ecuación de Rayleigh²⁶. Si se descubre una deficiencia, por pequeña que ésta sea, hay que tratar de resolverla. Una solución puede ser pedir a otra persona de la consulta que no tenga esa deficiencia que compruebe todos los colores elegidos.

Las anomalías de la visión de los colores son por orden de gravedad

creciente:

1º Tricromatismo anormal. En 1.881 Lord Rayleigh descubre ciertos sujetos que, conservando la capacidad para distinguir los tres atributos del color (*Hue, Value y Chroma*), tienen una visión del color anormal. Se distinguen por orden de frecuencia según Jaejer ⁶⁹:

*Deuteranómalo que son poco sensibles al verde. Representa un 50% de los pacientes.

*Protanómalo que son poco sensibles al rojo. Representan un 25%.

*Tritanómalo poco sensibles al azul. Representan el otro 25%

2º Dicromatismo. En 1974, Dalton describió el dicromatismo, distinguiéndose:

*Anomalías de la banda del rojo- verde, diferenciándose dos tipos: el protánope no percibe el rojo, percibiéndolo como un gris oscuro, y el azul verdoso, como un gris más claro; el deuteránope no distingue el verde.

*Anomalías de la banda del amarillo- azul: el rojo, naranja, amarillo y verde parecen amarillos. El azul verdoso es visto grisáceo. El azul lo ven normalmente.

3º El Acromatismo. Es una grave anomalía de la visión de los colores. Los sujetos no perciben más que el negro, blanco y gris⁷⁰.

De la trivarianza visual se puede deducir que es necesario mezclar tres colores para reproducir cualquier otro. Naturalmente, la mezcla debe de hacerse en una proporción adecuada, y los tres números que expresan la proporción de mezcla deberán servir para caracterizar el color reproducido. A partir de esta simple idea,

desarrolló un sistema de coordenadas en el que cada color real viene definido por tres números que permite su especificación en un espacio de representación gráfico²⁶.

Podemos por tanto establecer una estrecha relación entre los principios básicos del proceso fisiológico de la visión humana y los procesos de medición del color, así, como los mecanismos físicos de los aparatos de medición del color como el colorímetro triestímulo. Dichos mecanismos no están sometidos a la subjetividad y/o variaciones individuales y patológicas de las personas, por lo que a la hora de transmitir el color serán los métodos físicos los más fiables.

MEDICIÓN DEL COLOR

La especificación precisa y sin ambigüedades de un color es importante por dos razones: la primera desde el punto de vista del conocimiento; citando a Lord Kelvin: “Cuando se puede medir aquello de lo que se habla y expresarlo con números, se sabe algo sobre ello y se avanza entonces en el camino de la ciencia”. Y la segunda desde un punto de vista práctico, la medición del color interesa en muchas ramas de la ciencia y de la industria, tanto por la medición del color en sí, como y fundamentalmente poder transmitirlo entre los diferentes profesionales y técnicos, así como para reproducirlo, particularmente en nuestro caso, en las restauraciones prostodóncicas de nuestros pacientes.

El objetivo de la colorimetría o ciencia encargada de la medición del color, es introducir un método de medida de color que permita asignar una magnitud medible a cada una de sus dimensiones o atributos perceptivos y, además, determinar el color mediante números que permitan su especificación en un espacio de representación.

La instrumentación disponible en la actualidad para medir el color es extensa y variada, pudiéndose diferenciar dos grandes grupos. Dentro de nuestro campo concreto, como es la odontología y la prostodoncia, también existen estas dos mismas posibilidades. Así, disponemos de métodos visuales por comparación óptica y métodos objetivos de determinación de las coordenadas cromáticas.

MÉTODOS VISUALES.

Son aquéllos que permiten hacer la medición del color mediante inspección visual por comparación, utilizando para ello los atlas colorimétricos, las guías de colores comerciales, o los colorímetros visuales.

1. **Un Atlas Colorimétrico** es un conjunto formado por un gran número de muestras de color. Ya en 1890 Robert Ridgway (biólogo)⁷¹, describió el primer sistema de colores basándose en los colores de las plumas de los pájaros que tenía en su museo. Este sistema fue el favorito de los biólogos muchos años. El precursor de este sistema fue Ostwald⁷².

Munsell⁵² (1.858), artista y pintor, diseñó su propio Sistema del Orden del Color. De todos los atlas existentes para la especificación del color, es el más popular^{73 74} y el más empleado en el campo de la odontología^{75 76 77 6 31 33 43 44}. Otros sistemas menos conocidos son, por ejemplo, el sueco "*Natural Color System*" de Anders Hard^{73 74}, o bien el germano DIN Color System^{78 79}.

SISTEMA MUNSELL. Este autor propuso una representación discontinua de los colores en función de su *hue*, *value*, y *chroma*. Todos los colores posibles están representados por unos volúmenes elementales cuyo conjunto constituye un sólido tridimensional (la rueda o árbol de color de Munsell) situado en una referencia de coordenadas cilíndricas. La relación de un color con otro se vuelve evidente cuando se comprende la organización de los colores dentro del sólido tridimensional. El eje que se extiende a través del centro del cilindro es incoloro o acromático, representa el *Value* o luminosidad del color (claro-oscuro) y comprende nueve niveles, que van desde el blanco puro en la parte superior, al negro puro en la

inferior; el núcleo central es gris y la serie de grises progresan desde el negro al blanco. Al negro de la escala de *value* se le asigna el valor de cero y al blanco el valor de diez. Así es posible un número infinito de gradaciones de gris a medida que vamos del negro al blanco, aunque sólo disponemos de nueve pasos en este sistema. Cuando hablamos de los valores “bajos” nos referimos a los colores oscuros, y los “altos” a los colores claros. Los números fraccionales se usan cuando se necesita una evaluación más fina y detallada. Alrededor de este eje central existe una serie de ruedas colocadas una sobre la otra; cada rueda es de claridad ascendente a medida que progresamos a la parte superior del cilindro. El *Hue* o tono se ordena en forma secuencial alrededor del borde de dicha rueda. Esta escala está compuesta básicamente por los diez tonos fundamentales (5 principales y 5 intermedios) igualmente espaciados. Estos tonos se distribuyen equidistantes en un círculo que se divide en 40 zonas de tono constante. Estas son las que se utilizan para la especificación numérica, ya que la escala de 100 tonos sólo se usa para cuestiones estadísticas o en programación. Los radios representan las graduaciones del *Chroma* o saturación desde el eje incoloro central, a las tonalidades más puras en el borde. La escala de *chroma* se extiende desde /0, para un gris, hasta /10, /12, /14 o más, dependiendo de lo saturado que sea el color a evaluar. El símbolo 5/ indica un gris medio. Para referirse al tono en el sistema Munsell se usan las iniciales: R para rojo, YR para amarillo-rojo, Y para amarillo, GY verde-amarillo, G verde, BG azul-verde, B azul, PB púrpura-azul, P púrpura, RP rojo-púrpura. Todos ellos se disponen en una rueda. Cada tonalidad es, a su vez, subdividida en 10 segmentos; por ejemplo el rojo se puede escribir 1R, 2R, 3R,...10R, seguido por 1YR, 2YR, 3YR,...10YR, seguido por 1Y, 2Y, 3Y, etc. Las iniciales del color, unidas a la especificación numérica, determinan el tono del color de una forma muy descriptiva.

La notación completa de Munsell para una muestra de color se escribiría simbólicamente como H V/C. Por ejemplo, un color con un tono amarillo de 2.5, con una luminosidad de 7, y una saturación de 3, será especificado como: 2.5Y 7/3.

En la actualidad los tonos se proyectan en forma no homogénea más allá de la superficie del sólido, pero esto, es una ventaja del sistema, ya que la tecnología permite la creación de colores más puros que pueden añadirse a la periferia. La forma de representación suele ser un libro compuesto por unas mil muestras de color en el que va cambiando el tono según se pasan las páginas, mientras que en una misma página la claridad o *value* varía de arriba a abajo y el *chroma* de izquierda a derecha. Las muestras están separadas por intervalos más o menos regulares de diferencias de color.

Los colores de los dientes. En el sistema Munsell, se mueven, según autores entre:

Muia⁴⁰: tono de 7,5 YR a 3Y, valor de 5.8 a 8.5, croma de 1.5 a 5.6.

Nakaura⁷⁵: tono 8.75 YR a 2.5Y, valor de 6 a 8, croma de 1 a 4.

Clark^{80 81}: tono de 6 YR a 9.3 Y, valor de 4 a 8, croma de 0 a 7.

Hayashi^{42 82}: tono 8.75 YR a 3.75Y, valor de 6 a 8, croma de 1 a 5.

Sproull^{83 49}: tono 7.5 YR a 2.7Y, valor de 5.8 a 8.5, croma 1.5 a 5.6.

Lemire y Burk³¹: tono de 8.9 YR a 3.3 Y, valor 5.8 a 8, croma 0.8 a 3.4.

Skinner⁴⁵: tono de 7,5 YR a 2.7 Y, valor de 5.8 a 8.5 y croma de 1.5 a 5.6.

2. Guías de colores comerciales. El método tradicional para la comunicación del color en odontología ha sido siempre, y continua siendo, el de las guías de colores prefabricadas⁸⁴. En ellas se presentan los colores sin desglosar, dando lugar a unos dientes referencia o tablas codificados en unas escalas según la guía en particular. Las guías actuales de cerámica suelen agrupar las muestras del mismo tono, separándolas en cuatro o cinco grupos diferentes y dentro de ellas existen cuatro graduaciones de intensidad o saturación de ese mismo tono. Lo que continua representando un gran problema para el clínico es la elección de la luminosidad o *value*⁴⁵ y de la translucidez, dado que no existe una ordenación lógica en las guías estándar más utilizadas⁸⁵. Cada tabla de colores tiene un fondo opaco y un color de cuello, de cuerpo e incisal. La elección del color consiste en tomar la tabla o muestra de color que parezca la más natural, la que más se asemeje a los dientes vecinos y hacer que se reproduzca en el laboratorio con la ayuda de los materiales y técnicas recomendadas por el fabricante⁶ (figura 5).

3. Colorímetros visuales. Existen de dos tipos: aditivos y sustractivos. El colorímetro visual aditivo es un dispositivo que permite igualar un color con otro formado por la mezcla aditiva de tres primarios, en la proporción adecuada y mediante inspección visual. Este sistema utiliza filtros de color para obtener radiaciones roja, verde y azul, mientras que la cantidad de los mismos se controla variando el área de cada filtro por la que pasa la luz (figura 6). La mezcla de los tres colores primarios se lleva a cabo de la siguiente forma: la luz que emite la fuente S pasa a través de los tres filtros de color F, y luego es focalizada por la lente condensadora L sobre la ventana V1. En este punto, las tres radiaciones coloreadas penetran en la esfera de integración I, donde producen una mezcla uniforme del color. Una segunda ventana V2 permite conducir esta mezcla a un cubo fotométrico

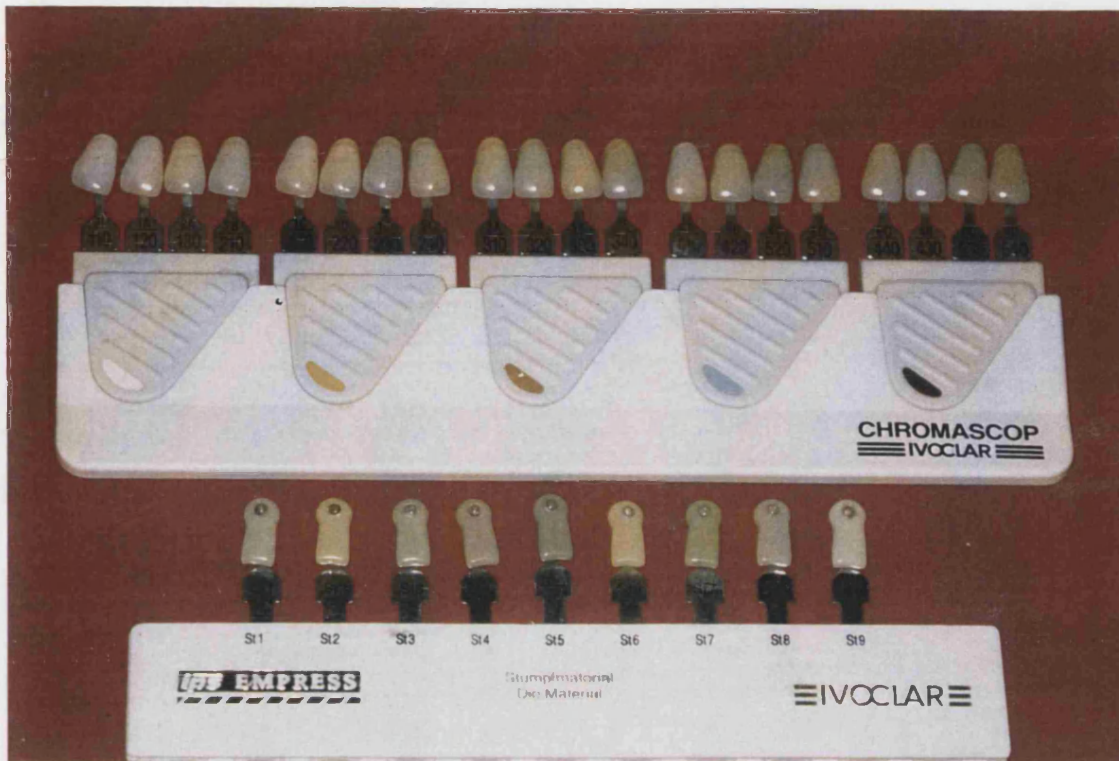


Figura 5. Guías de colores comerciales de cerámica (arriba) y de muñones (abajo).

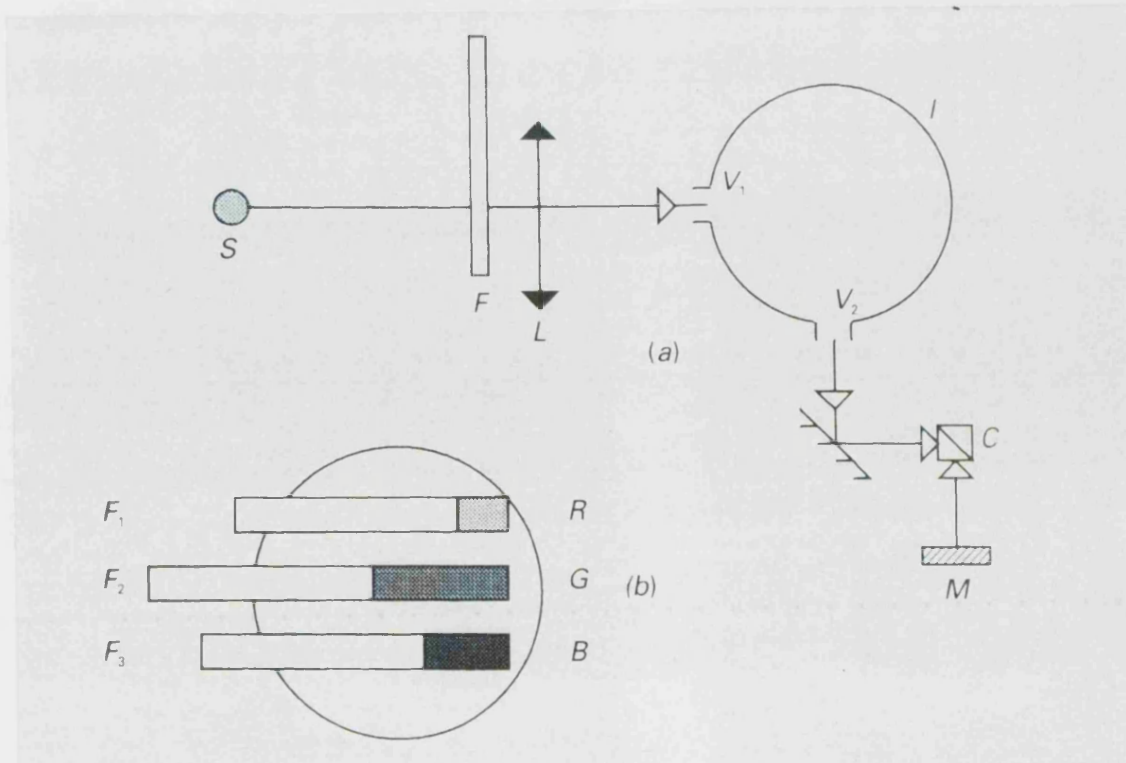


Figura 6. Colorímetro visual por mezcla aditiva. (a) esquema. (b) detalle de los filtros.

C, donde se compara visualmente la muestra M con la mezcla producida en la esfera, en la que se van variando las proporciones de rojo, verde y azul hasta conseguir igualar la muestra. El colorímetro visual sustractivo intenta igualar un color mediante la mezcla sustractiva de dos o tres primarios más un filtro gris²⁶.

MÉTODOS OBJETIVOS BASADOS EN LA DETERMINACIÓN DE LAS COORDENADAS CROMÁTICAS.

Antes de pasar a describir los métodos objetivos conviene recordar, aunque muy brevemente, a destacados científicos que nos han permitido alcanzar los conocimientos actuales⁸⁶. El fisiólogo Helmholtz^{87 88} (1821-1897) estableció las funciones espectrales de los matices del color pero de forma especulativa y diseñó con su discípulo König⁸⁹ (1856-1901) un aparato para realizar mezclas de color de forma espectral, aunque estaban limitados por la tecnología disponible. Maxwell⁹⁰ (1831-1879) determinó el primer diagrama para la representación del color basándose en medidas realizadas por él mismo.

Como hemos referido al principio de este capítulo, uno de los objetivos de la colorimetría es el de determinar el color mediante números que permitan su especificación en un espacio de representación.

Para ello, la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) introdujo en 1931 un sistema de representación gráfica de los colores utilizado mundialmente, el triángulo de colores o diagrama del sistema X Y Z o también llamado diagrama cromático CIE-1931 (figura 7).

La curva de visibilidad relativa en visión fotópica es distinta para cada

observador, por consiguiente resulta necesario definir una curva que describa el comportamiento “estándar” o de un observador patrón de referencia. La CIE, a partir de los resultados obtenidos por investigadores como Gibson y Radner⁹², Coblentz y Emerson⁹³, Tyndal y Hartman⁹⁴ que utilizaron diferentes métodos de estudio de visión, adoptó el observador de referencia CIE-1931.

El observador de referencia CIE-1931, presenta una sensibilidad a los colores representada por las curvas: $X(\lambda)$ para el rojo, $Y(\lambda)$ para el verde, y $Z(\lambda)$ para el azul (recordemos, que la visión humana del color es triestímulo), que son los coeficientes de distribución tricromática⁹⁵ (gráfica 1).

En el diagrama cromático CIE-1931 (figura 7), los colores son representados por las coordenadas x y y , y por un factor de luminancia Y ; en este sistema podremos representar el color de cualquier muestra a partir de sus valores triestímulo $X Y Z$.

Posteriormente, en 1976, la CIE acogió el sistema CIE-Lab*(figura 8 original de Minolta®), representado por una esfera tridimensional, siendo sus coordenadas cromáticas: a^* , b^* y L^* . Donde a^* y b^* representan el tono, y L^* la luminancia de un color. La coordenada a^* representa la gama de tonalidades del verde (a^* valor negativo) al rojo (a^* valor positivo); la coordenada b^* representa la gama de amarillo (valor de b^* positivo) al azul (valor de b^* negativo); y la coordenada L^* se encuentra situada en el centro de la esfera, del negro (abajo) al blanco (arriba) y representa la luminancia, valor o claro-oscuro del color, los valores altos son los claros y los valores bajos son los oscuros.

La saturación viene representada por el radio de la esfera, partiendo del punto central (menor saturación) a la periferia (mayor saturación).

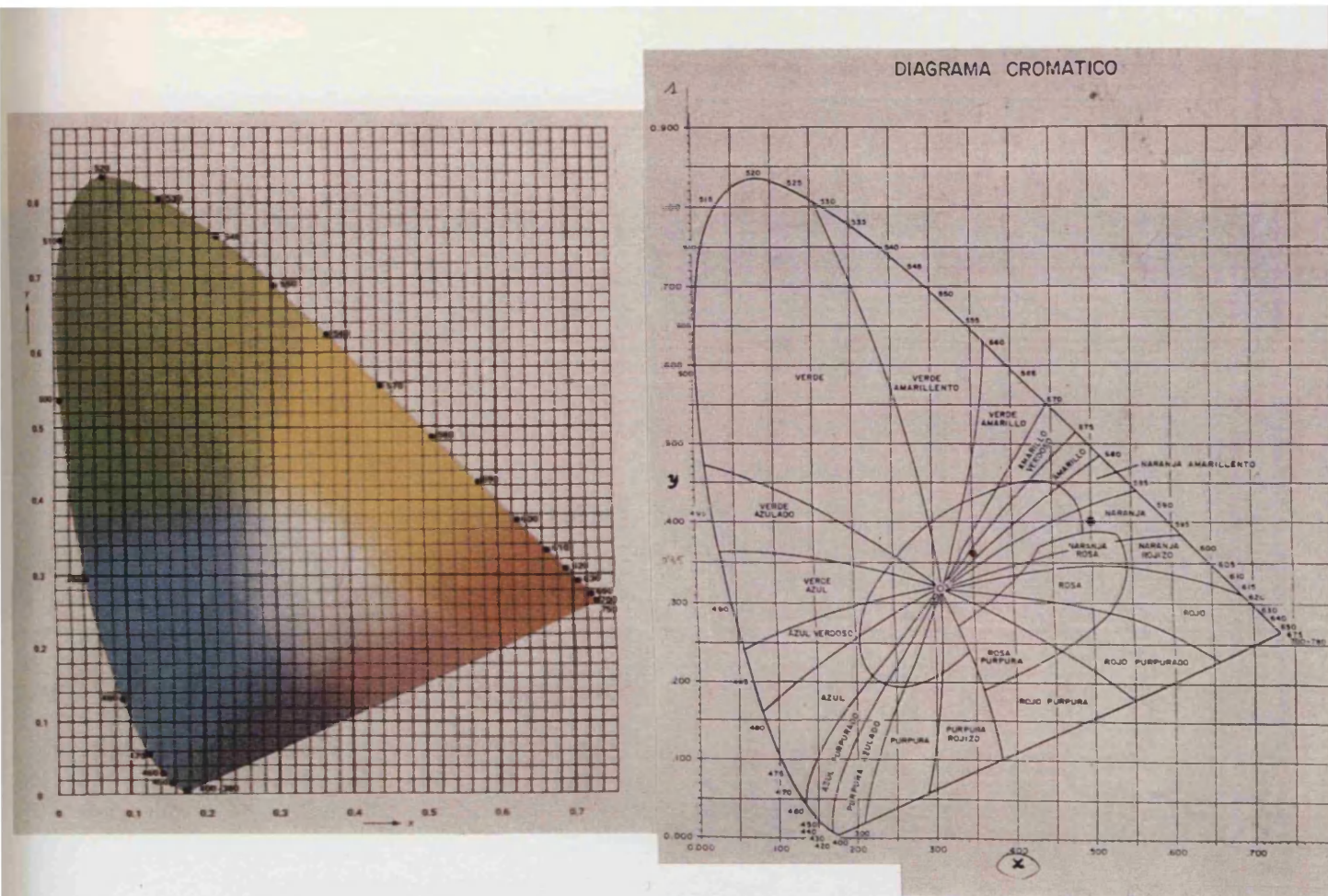
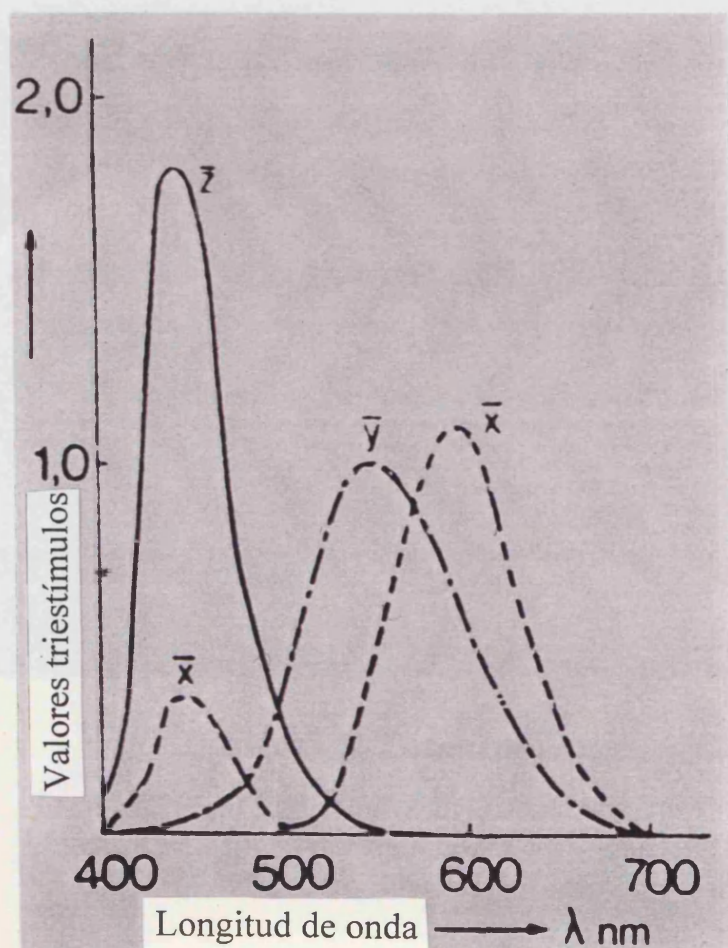


Figura 7. Diagrama cromático CIE-1.931.



Gráfica 1. Funciones de igualación de color x_λ , y_λ , z_λ , en relación con la longitud de onda λ para el observador patrón CIE-1.964.

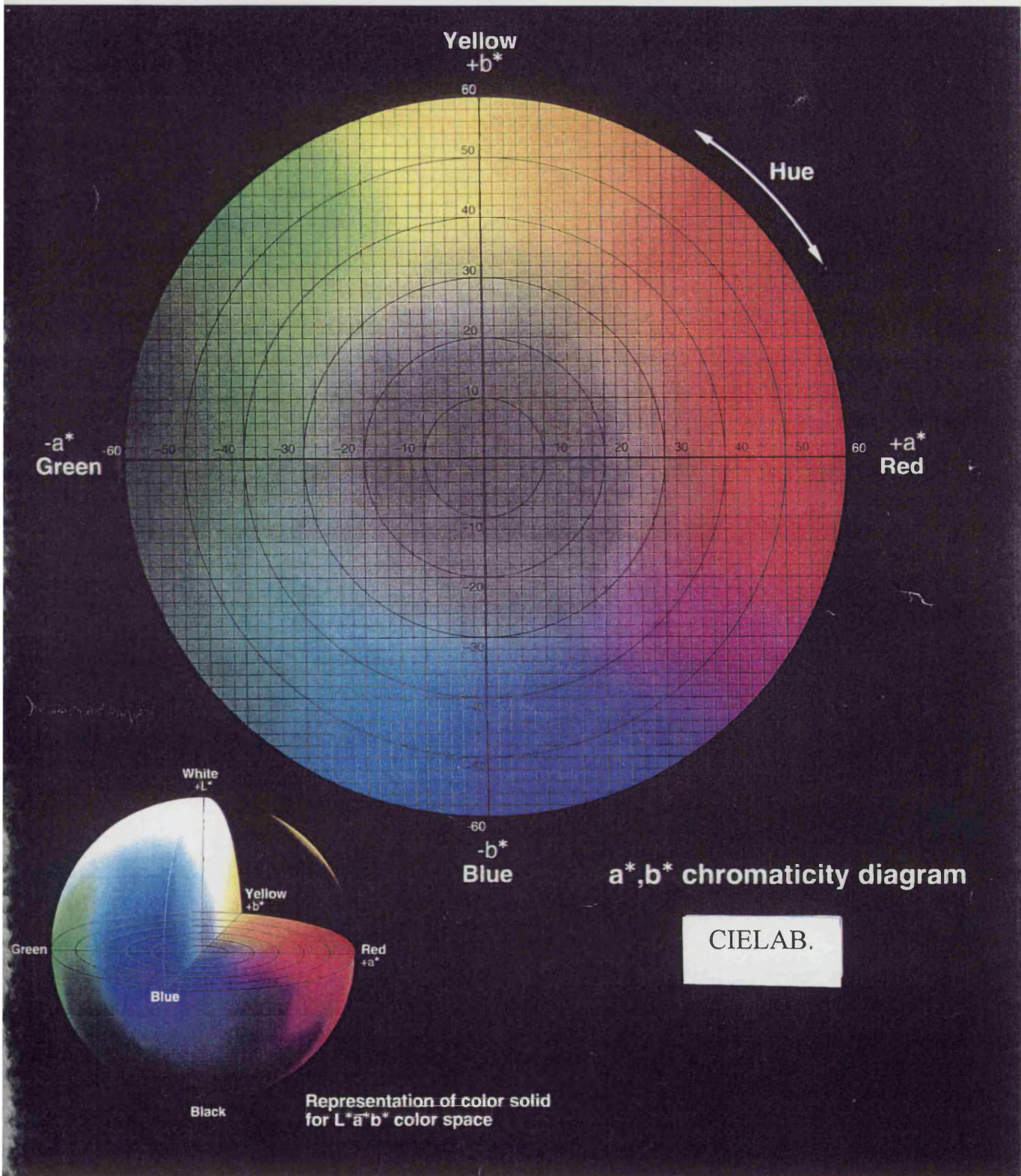


Figura 8. Diagrama cromático CIELAB ($L^* a^* b^*$). 1.976

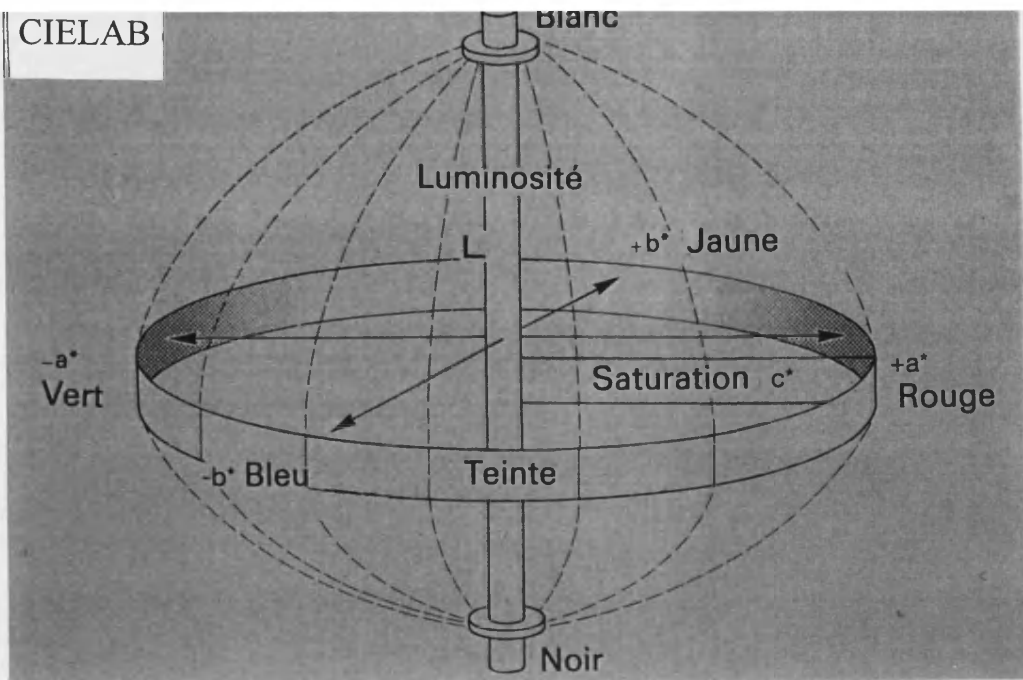


Figura 8. a. Representación tridimensional del sistema CIELAB, L^* dibujado en el centro de la esfera representa el valor de la luminosidad o claro-oscuro, del negro (inferior) pasando por la gama de los grises, al blanco (superior); a^* y b^* , representan el tono y están situados en la perimetro de la esfera; y el croma o saturación situados a lo largo del radio de la misma.

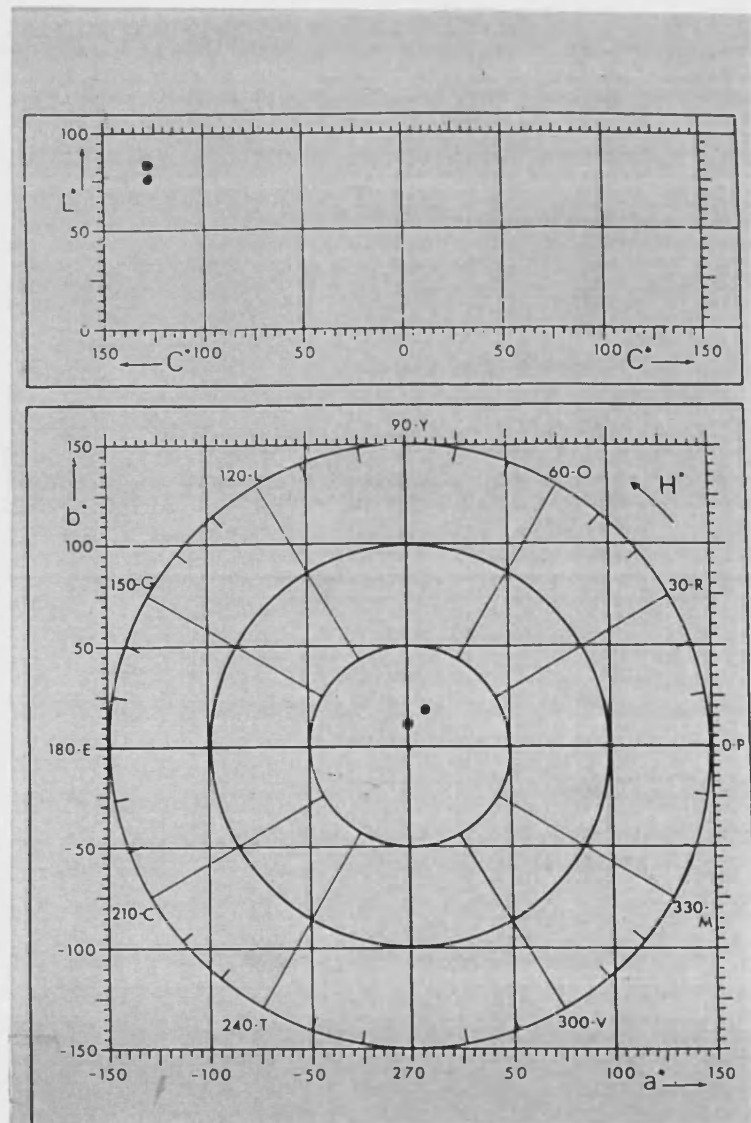
Figura 8.b.

Representación de las coordenadas CIELAB en un plano.

La gráfica inferior es un diagrama a^* , b^* ó C^* (croma), H^* (tono), para una L^* fija.

En la gráfica superior se representa, por el contrario, L^* en función de C^* .

Con estos dos diagramas se obtiene la representación completa de un color en el espacio CIELAB.



Disponemos actualmente de dos tipos de aparatos para realizar la medición objetiva del color mediante la determinación de las coordenadas cromáticas. Éstos son: el colorímetro tri-estímulo y el espectrofotómetro.

1. Colorímetro triestímulo. Este es un aparato con unas funciones de respuesta espectral directamente proporcionales a los coeficientes de distribución (funciones de igualación de color correspondientes al observador de la C.I.E.). Estos colorímetros pueden ser de plantillas o de filtros. En el de plantillas, las ondas electromagnéticas reflejadas en la muestra M, penetran en un prisma PR o red de difracción, y a la salida se obtiene su espectro. Entonces se coloca una de las tres plantillas P en el plano del espectro E. Cada una de ellas está diseñada para modificar selectivamente un espectro equi-energético de manera que la curva de respuesta espectral de la fotocélula D tome la forma de una de las tres curvas de las funciones de igualación del observador colorimétrico C.I.E.. La construcción de estas plantillas es muy complicada, y es menos preciso que los colorímetros de filtros (figuras 9 y 10).

2. Espectrofotómetro. Antes de describir el aparato utilizado para el análisis y medición del color en el presente estudio, es conveniente definir algunos conceptos que nos facilitarán su comprensión. Así definimos:

- La energía radiante como aquélla que puede propagarse en el vacío, y que se transforma en agitación molecular (puede producir calor) en presencia de un cuerpo absorbente. Está constituida por ondas electromagnéticas con una gama de frecuencias. El conjunto diferenciado de las distintas radiaciones que integran la energía radiada se denomina espectro energético. Cada uno de los componentes se denomina radiación monocromática y puede definirse por su frecuencia de vibración

(que depende del cuerpo emisor) o por su longitud de onda o λ (que depende de la velocidad, por tanto del medio en que se propaga).

-La radiometría es la ciencia que tiene por objeto la medición de la energía radiante.

-La fotometría clásicamente se ha definido como “la medición de la luz”. Actualmente se la define como: “ la parte de la radiometría que tiene como objeto la medición de la energía radiante en cuanto activadora de sensaciones visuales”.

El espectrofotómetro es un aparato diseñado para medir la distribución espectral de la luz reflejada (de las longitudes de onda de luz visible) resultante del estímulo de color de un objeto²⁶. Por tanto, las curvas de emisión de los materiales sometidos a un iluminante concreto²⁸. También mide los factores de reflectancia espectral (R_λ) (distribución de la energía radiante) de un objeto opaco. Si el objeto es transparente se llama transmitancia.

Básicamente tiene como objetivo el comparar, para cada longitud de onda, la energía radiante incidente con la reflejada del objeto o muestra a estudiar.

En el esquema de un espectrofotómetro (figura 11) destinado a medir el color de objetos vemos: la energía radiante procedente de una fuente de luz estándar (ST), nosotros hemos utilizado la D65 y la A, que pasa por medio de un acoplador óptico (AO1) a un monocromador (S) en cuya salida puede seleccionarse bandas estrechas de longitudes de onda, y que a través del acoplador óptico (AO2) y de una rendija, iluminan la muestra test (M). Si se trata de un objeto opaco, como es nuestro caso en particular, se necesita además iluminar una muestra estándar (STD) que sirva de referencia. El sistema detector (D) recibe la energía radiante espectral procedente

de la muestra y del estándar, las relaciona y genera una señal que es transmitida a un ordenador para su análisis y procesamiento.

El estándar de referencia suele ser un blanco patrón, como el óxido de magnesio o sulfato de bario (se prefiere el sulfato de bario pues es más estable que el óxido de magnesio que tiende a amarillarse), a los que se les asigna un factor de reflectancia de valor uno para todo el espectro visible, lo que permite calibrar el detector²⁸. Con respecto a este blanco, se determina el factor de reflectancia de la muestra para cada una de las longitudes de onda en las que se ha dividido el espectro visible. De este modo se obtiene la curva que representa el factor de reflectancia espectral R_λ de la muestra. Una vez se conoce este factor, el ordenador que procesa los datos calcula los valores triestímulos (X,Y,Z) de la muestra mediante las ecuaciones:

$$X = \sum S \bar{x}(\lambda) R; Y = \sum S \bar{y}(\lambda) R$$

$$Z = \sum S \bar{z}(\lambda) R$$

donde S_λ representa el factor de emisión espectral o distribución de energía radiante espectral del iluminante utilizado, $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ son los coeficientes de distribución o funciones de igualación, que caracterizan al sistema visual en lo que respecta a sus propiedades en la mezcla de colores, y R_λ el factor de reflectancia espectral de la muestra. Pues bien, para determinar X, Y, Z se necesita conocer en cada caso R_λ , puesto que los demás valores están tabulados. A partir de estos valores calcula las coordenadas cromáticas CIE_1931 por medio de la expresión:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}; y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

También se pueden calcular las coordenadas CIELAB, o las que se deseen mediante las ecuaciones oportunas; pero se requiere, en cualquier caso, conocer los valores triestímulo de la muestra y del blanco patrón. Obviamente según el iluminante utilizado D65, A, C...(que emite una distribución espectral determinada), se obtendrán las coordenadas cromáticas de la muestra para ese iluminante en concreto. Como ya hemos apuntado, tanto los datos de los iluminantes como los correspondientes a los coeficientes de distribución están tabulados y conforman la base de datos para los cálculos del ordenador.

Un aspecto importante en la medida del color es el concerniente a la geometría de la medida. Los resultados pueden mostrar discrepancias según cómo se ilumine la muestra y se coloque el detector con respecto a ella para la detección de la luz reflejada. En el esquema del espectrofotómetro de la figura 11, tanto la muestra como el blanco de referencia son iluminados normalmente, es decir, con 0° de inclinación, mientras que el detector está colocado de forma que registra la radiación reflejada a 45°. En este caso, diríamos que la geometría de la medida sería 0/45°. Nosotros hemos utilizado la 45/0°.

Resulta importante dar estos datos como recomienda la CIE para examinar una muestra de color. Deben respetarse las condiciones de iluminación y las condiciones del examen⁹⁶, ya que se evitan las posibles discrepancias entre las mismas medidas llevadas a cabo por diferentes aparatos.

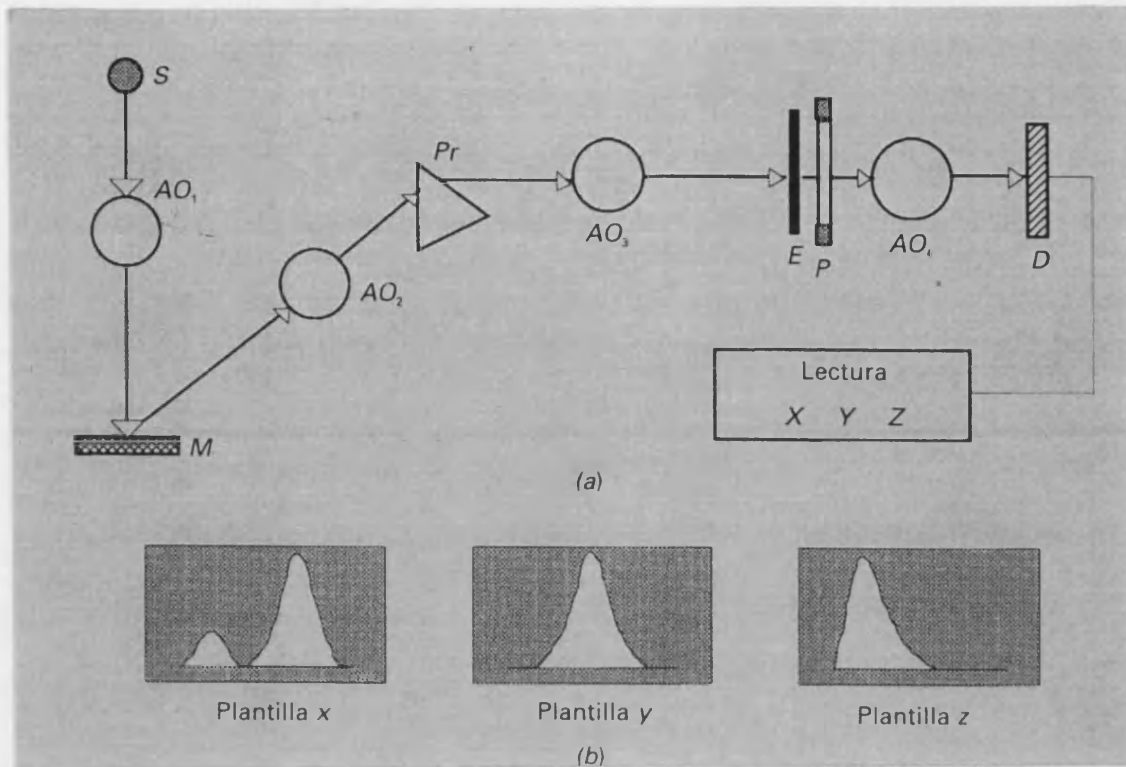


Figura 9. (a) Diagrama esquemático de un colorímetro de plantillas.
 (b) Plantillas que reproducen las funciones de igualación.

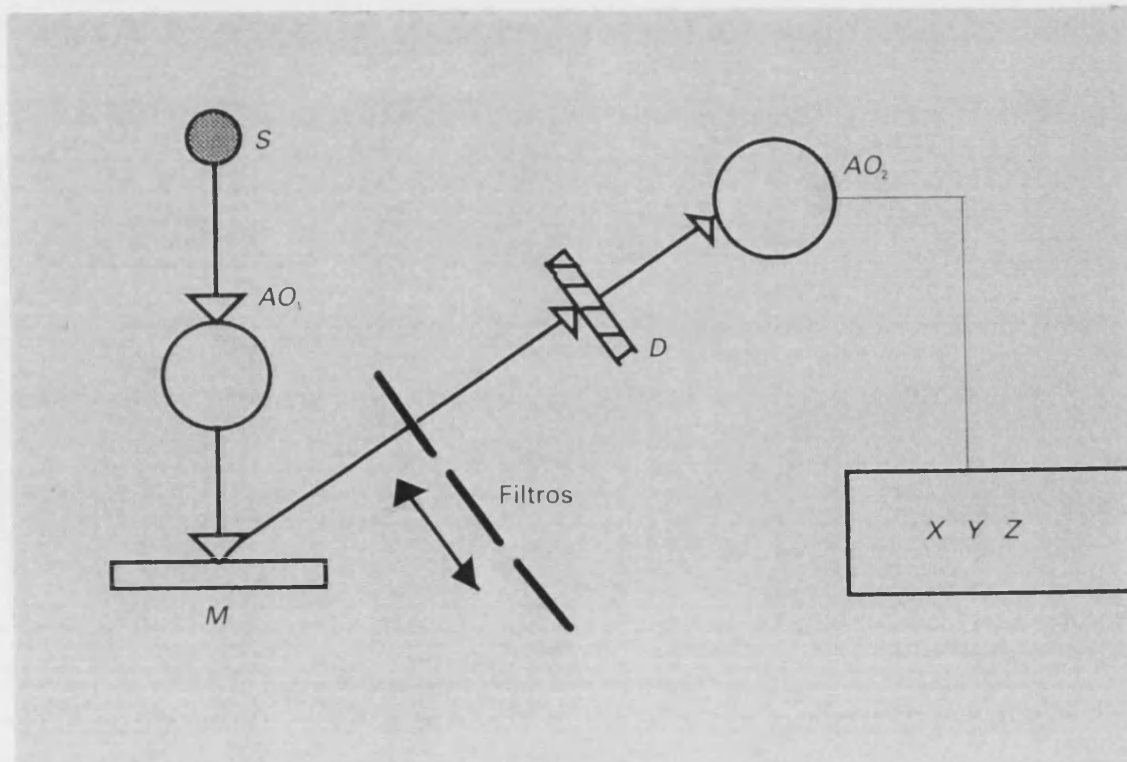


Figura 10. Diagrama esquemático de un colorímetro de filtros.

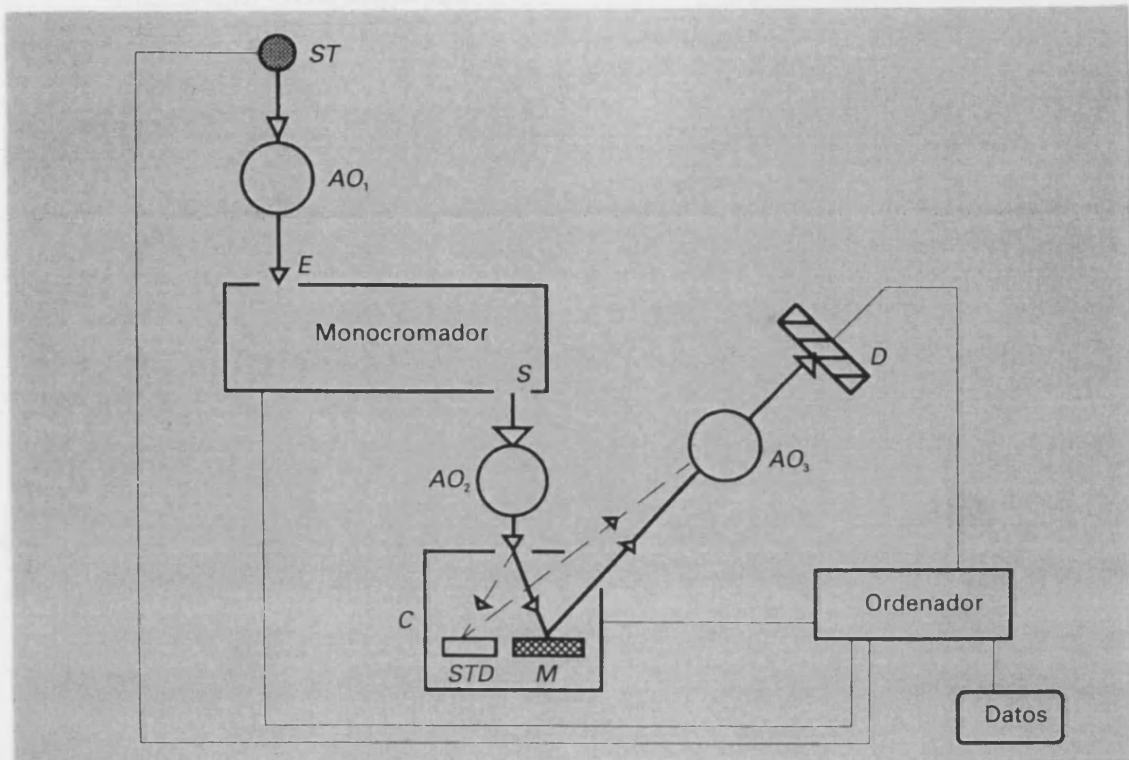


Figura 11. Diagrama esquemático que muestra los componentes principales de un sistema espectrofotométrico para la medición del factor de reflexión espectral de muestras opacas.

LA PORCELANA DENTAL

En el campo odontológico, la porcelana, gracias a sus propiedades estéticas y de biocompatibilidad, ocupa un lugar cada vez más importante. Los materiales cerámicos son utilizados en: implantología, ortodoncia, periodoncia y prostodoncia⁹⁷. Para comprender el comportamiento óptico de las porcelanas dentales, creemos necesario estudiar su composición química y su técnica de manipulación en el laboratorio, lo que nos permitirá conocer los procedimientos, a través de los cuales, tratamos de imitar al máximo los fenómenos ópticos que se producen de un diente natural.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Hablar de porcelana dental es hablar de la física y química del silicio³⁷, del latín *sílex* es el elemento más abundante de la naturaleza, sus derivados y compuestos abarcan elementos tan dispares como el talco o el topacio.

Los tres elementos derivados del silicio que más importancia tienen dentro de la porcelana son:

El sílice o cuarzo (SiO₂). Es el silicio combinado con el oxígeno, constituye el mineral más difundido de la corteza terrestre. Su unidad estructural es el tetraedro de silicio, de una gran estabilidad y apenas atacable por los ácidos, salvo por el ácido fluorhídrico.

El feldespato (Si-O-Si-Al-Si-O) lo constituyen silicatos de aluminio combinados con uno o dos metales. Ocurre, en este caso, que algunos átomos de silicio son sustituidos por aluminio y como en cada sustitución queda una valencia libre, ésta se une a un metal, el potasio, dando lugar a otros compuestos como la ortosa que es un feldespato potásico ($K_2Al_2Si_6O_{16}$), o la albita que es el feldespato sódico ($Na_2Al_2SiO_{16}$) y que actúan como fundentes en la fase vítrea de la porcelana^{98 99 100}. Dentro del grupo de los feldespatos existen unos minerales llamados feldespatoides (nefelina $Si_2Al_2Na_2O_8$, leucita $K_2Al_2Si_8O_{12}$) menos ricos en sílice y actúan dando piroplasticidad a la masa^{101 102}.

El caolín (silicato de alumina hidratado) es la más fina de las arcillas, da plasticidad y se mezcla fácilmente con el agua manteniendo su forma durante los procesos de secado y cocción. Representa un 4% en las porcelanas de alta fusión.

Las porcelanas dentales están formadas básicamente por un vidrio en el que se encuentran partículas más o menos grandes de minerales cristalizados; es decir, una fase vítrea (feldespatos) de estructura atómica no periódica y por lo tanto amorfa que contiene a una fase ordenada periódica y por tanto cristalina (sílice). Cuando se mezcla el feldespato con algún óxido metálico (K, Na, Ca, Al, B) y se cuece a alta temperatura, forma una fase de vidrio capaz de ablandarse y fluir a las temperaturas de cocción de la porcelana¹⁰³. Esta fase vítrea sirve de matriz para el cuarzo, que constituye la fase cristalina, permanece en suspensión en la masa y actúa como endurecedor de la porcelana, estabilizando dicha masa a altas temperaturas. En la fase cristalina el óxido de sílice (SiO_2 , o cuarzo o sílice) interviene en las porcelanas

en una proporción del 52 al 62%, forma con el oxígeno estructuras cristalinas tetraédricas en la que los átomos de oxígeno son comunes a dos tetraedros y esto proporciona gran estabilidad.

Si sustituimos parte del cuarzo por alúmina u óxido de aluminio (Al_2O_3) obtendremos una porcelana aluminosa^{104 105 106}, en la cual la alúmina que se utiliza es el corindón o alúmina alfa, obtenida por conversión en presencia de mineralizadores (óxido de magnesio, potasio y sodio) a 1.700-1.750°C.

En definitiva, una composición tipo de porcelana feldespática convencional contendría^{107 108}:

- * Feldespato (silicato aluminico - potásico) de un 73-85%.
- * Cuarzo (óxido de sílice) en una proporción de 13-25%.
- *Caolín (silicato aluminico) de 0-4%.
- *Colorantes (metales, óxidos, aluminatos y fosfatos) en un 5%.
- *Fundentes: óxidos de sodio, potasio, litio, rubidio, bario, calcio, magnesio, ácido bórico....Se usan como modificadores de cristales, es decir, interrumpen la integridad de la red de SiO_2 , disminuyendo la temperatura de ablandamiento del vidrio al reducir la cantidad de uniones cruzadas con el oxígeno.
- *Opacificadores: circonio, titanio o estaño. Se encuentran en la fase cristalina.

Las cerámicas feldespáticas convencionales se utilizan desde que en 1886 Land^{109 110} realizó la primera corona tipo jacket sobre hoja de platino. Posteriormente Brecker¹¹¹ en 1956 describe la fabricación de las coronas ceramometálicas sobre aleaciones de oro gracias a la puesta a punto por Weinstein de la porcelana de baja fusión (compatible con los metales), y en 1970 sobre metales

no preciosos¹¹².

Las posibilidades estéticas y la biocompatibilidad de la porcelana explica que a partir de 1980 se hayan desarrollado numerosos y nuevos materiales cerámicos y técnicas de elaboración^{113 114 115}. Y todavía más, con las técnicas de adhesión al sustrato dental se ofrece a la profesión nuevas posibilidades terapéuticas. Así aparecen las nuevas cerámicas feldespáticas de alta resistencia como la IPS-Empress en 1990 desarrollada por Wohlwend y P.Schärer^{116 117 118}, tras la idea de Scefelder(1936)¹¹⁹.

Básicamente se trata de una cerámica vítrea¹²⁰ reforzada con leucita, cuyos cristales se obtienen por medio de diferentes ciclos de temperatura. El estudio mediante microscopio electrónico de la pieza en bruto de la cerámica, en el estado en que se comercializa, demuestra que los cristales de leucita se presentan en forma de racimos de uva localizándose en grandes zonas de la fase de vidrio. Posteriormente, tras el tratamiento térmico y su inyección por presión (por el paso forzado a través de un estrecho jito de colado) los cristales se distribuyen por separado de forma más homogénea en la fase de vidrio. Su composición en porcentajes de peso es¹²¹: SiO₂(63), Al₂O₃(17.7), K₂O (11.2), Na₂O(4.6), B₂O₃(0.6), CeO₂(0.4), CaO (1.6), BaO(0.7), TiO₂(0.2).

Su resistencia a la torsión es de 160 a 300 Mpa^{122 123} frente a los 56.5 MPa de la porcelana feldespática convencional; ello es debido a la incorporación de leucita en la fase cristalina, así como de su tratamiento térmico, provocando la interacción entre los diferentes coeficientes de expansión térmica de ésta y de la matriz de vidrio, durante el enfriamiento, la presencia de un cristal con un elevado coeficiente de expansión térmica en una matriz de vidrio con un menor coeficiente,

produce tensiones de presión tangenciales en el vidrio y tensiones de tracción radiales dentro del cristal¹²⁴ .

Junto a sus buenas propiedades mecánicas, el excelente ajuste marginal que podemos obtener ^{125 126} gracias al método de colado por inyección a “la cera perdida” y la posibilidad de conseguir una estética óptima, hacen de esta porcelana una de las más aceptadas en la actualidad cuando se trata de realizar frentes laminados o veneers de porcelana.

TÉCNICA DE LABORATORIO

El diente humano, en la conformación de su color, es policromático ³⁹. La luz penetra a distintas profundidades a través de la capa de esmalte, dentina y cemento y hace que las ondas de luz se entrecrucen formando de esta manera un rango de *Hue* o tono de amplitud poco habitual. Percibimos los tonos de los colores como si “brillasen” desde la profundidad, lo que supone una técnica muy sutil para ser trasladada a las restauraciones de cerámica.

Anticipar unos resultados protéticos satisfactorios supone la posesión, por parte del odonto-estomatólogo, de una experiencia y un conocimiento detallado de los procedimientos de laboratorio. Hay que destacar, también, la importancia de un correcto registro clínico del color y hacer hincapié en la necesidad de una adecuada comunicación entre el odontólogo y el técnico de laboratorio como elemento indispensable para la obtención de calidad en nuestro trabajo.

Antes de comenzar con la técnica de laboratorio propiamente dicha, hay que recurrir al pintor flamenco Van Eyck ¹²⁷(1390-1441) que desarrolló una técnica de pintura denominada de mezcla o sistema “húmedo”. Revisando este método de pintura, vemos que constaba de múltiples capas: las capas más externas son cada vez más traslúcidas con lo que se crea un efecto de profundidad y vitalidad que sería imposible de conseguir con la pintura opaca ²⁹. Desde una perspectiva actual, sabemos que las capas de fondo, media y superior crean un efecto sustractivo de mezcla de colores respecto al resto ^{128 129}.

Estos principios de la técnica de la mezcla de pintura los trasladamos a la técnica de capas de los materiales cerámicos, lo que implica que para obtener efectos naturales de color hay que comenzar aplicando los polvos en tres zonas diferenciadas de la restauración: cuerpo, dentina y porción incisal.

La “pintura de fondo” del ceramista es el opaquer o primera capa de porcelana opaca. Si se trata de una restauración ceramometálica, el opaquer no es una base monótona sino mas bien la proyección del color de la porcelana dentinal o incisal. Los surtidos de colores de opaquer disponibles permiten la introducción de casi todos los matices de color. Su principal función es la de enmascarar el tono grisáceo del metal en la restauración al reflejar y dispersar la mayor parte de la luz incidente por su mayor densidad en óxidos metálicos. Por otra parte, es la capa que asegura la unión metal cerámica. Su aplicación es imprescindible, necesitándose habitualmente dos capas.

Se aplica un opaquer intensivo en la sección cervical dando color al cuello del diente. Las proporciones de la mezcla son de 2/3 del componente más oscuro del color principal más 1/3 del opaquer intensivo. Una vez aplicado el material, se seca y se espesa vibrando, proceso que repetiremos sistemáticamente cada vez que coloquemos una nueva aplicación de cerámica. Seguimos con el opaquer de la zona dentinal que termina en el centro de la dentina incisal, cuya parte crítica se cubre con una mezcla de opaquer gris claro más opaquer intensivo que debe imitar el color dentinario ya existente. En los bordes laterales de la dentina utilizamos los componentes más claros del color principal del opaquer, y por último la sección incisal se prepara acorde con la intensidad del color del borde incisal del diente.

Pasamos ya a la cocción que se realiza a una temperatura aproximada de

980°C durante 10 a 15 minutos con una fase final de vacío.

Posteriormente, aplicaremos la **dentina de cuerpo** o técnica de capas para los colores de cuerpo y porción incisal. En la triada cuerpo-cuello-borde incisal, el color del cuerpo tiene una posición dominante, obteniéndose un núcleo estable que estabilice las masas posteriormente aplicadas; aporta el color principal y determina el efecto de tono global. Los colores de cuello y del borde incisal son agentes de contraste complementarios que, dependiendo de su mezcla y su posición, hacen que el color principal parezca más claro o más oscuro y más o menos brillante, aportando efectos ópticos a la reconstrucción de la porcelana que incluso realzan y transmiten el juego de colores en el grueso del material¹³⁰.

Se aplica esta capa a la misma altura y grosor vestibular del diente adyacente. A continuación, eliminamos con una cuchilla o tiranervios parte de la dentina para confeccionar los surcos y mamelones. Por regla general en el cuello dentinario empleamos las tonalidades más oscuras de la gama de colores dentinarios y se pueden aumentar el contraste añadiendo colores dentinarios intensivos. En la zona incisal se recubre también con la dentina de cuerpo pero matizando con los efectos del color incisal; por ejemplo: blanco amarillento, rosado, violeta o marronáceo. Todo ello, como siempre, aplicado con un pincel, condensado con vibración y secado con chorro de aire caliente.

La porcelana incisal consigue los colores incisales. Los polvos incisales o de esmalte forman el tercer componente de color o la capa de “barniz” que determina, en mayor o menor grado, la translucidez-transparencia del color escogido, según se aplique en el tercio incisal o se extienda la capa hasta la porción cervical de la restauración. Los polvos de este esmalte pueden ser ricos en contrastes y con

límites definidos respecto al color del cuerpo, o pueden integrarse en él de forma suave. Se coloca sobre el borde incisal tras el modelado de surcos en la dentina y de modo que el diente queda sobredimensionado para compensar la contracción que sufre la porcelana.

La porcelana transparente se aplica sobre la capa anterior, habitualmente en la zona del tercio incisal.

Finalmente extraemos el troquel del modelo de modo que podamos conformar los contactos interproximales, ligeramente sobredimensionados, mediante dentina de cuerpo, finalizando de este modo la confección inicial de la corona. En este momento procederemos a la cocción de las capas estratificadas a una temperatura aproximada de 920°C durante 10 o 15 minutos (menor a la temperatura de cocción del opaquer) y con fase final de vacío.

Tras la primera cocción de la porcelana, con su consiguiente contracción, podremos apreciar la forma primaria de la restauración así como la distribución del color, detectándose entonces aquellas zonas que requieren ser modificadas mediante el repasado con fresas y/o la nueva aplicación de cerámica donde sea necesario. En cada corrección de la morfología mediante la adición de porcelana, deberemos efectuar una nueva cocción a 910° C durante 10 o 15 minutos, con fase final de vacío. Una vez se ha conseguido la morfología y el color deseado, tendremos la restauración en fase de bizcocho, la cual deberá ser comprobada en boca.

Ya comprobada en boca del paciente la restauración en fase de bizcocho, y habiéndose realizado todos los ajustes necesarios, procederemos en el laboratorio a **pulir** la superficie de la porcelana mediante gomas, piedra pómez y fieltros.

Finalmente, aplicaremos un líquido de **glaseado** que, tras una última cocción a 910°C, 10 a 15 minutos sin fase final de vacío, aportará el brillo final a la restauración. Este procedimiento se denomina “sobreglaseado”. Existe otra alternativa denominada “autoglaseado”, consistente en llevar la cocción de bizcocho hasta su temperatura de fusión y mantenerla durante un tiempo (inferior al de cocción) con lo cual se produce un flujo de material en superficie que da como resultado una capa externa vítrea con redondeamiento de ángulos (lo que podría variar la oclusión). En general, el glaseado eliminará pequeños defectos estructurales en superficie, aportando una mayor resistencia y disminuyendo la capacidad abrasiva que presenta la porcelana en bizcocho.

En determinados casos podremos conferir un mayor mimetismo a las restauraciones de nuestros pacientes mediante la aplicación de tintes en profundidad o en superficie y conseguiremos el concepto de reconstrucción policromática. Los tintes que tenemos a nuestra disposición se basan en mezcla sustractiva de colores o en la mezcla de los pintores, originadas por la combinación de tres colores primarios: magenta, cian y amarillo, y cuando se mezclan a partes iguales se obtiene un gris oscuro, si se altera la relación de mezcla en favor de alguno de estos colores, el resultado son unos tonos de grises complejos multicoloreados, entre un gris simple (mezcla de negro y blanco) y un gris complejo hay una gran diferencia por el hecho de que este último está enriquecido por un medio más transparente. La adición de un violeta puede neutralizar un naranja o un amarillo muy fuerte, produciendo un aumento de la translucidez, o la adición de gris reduce la saturación cromática¹³¹. Aunque el resultado final es más complicado a causa de los efectos de dispersión y reflexión de la luz según el tamaño de las partículas de porcelana^{30 45}, así las partículas de menor tamaño dispersan menos luz, esta dispersión tiende a aumentar

a medida que el tamaño de éstas aumenta. Cuando el tamaño de la partícula alcanza la longitud de onda de la luz en un valor óptimo, la dispersión vuelve a disminuir aumentando la reflexión para partículas más grandes como la de los pigmentos de 2 a 8 µm. También disponemos de colorantes incisales y polvos para el cuello dental.

En profundidad, los tintes se añaden en las capas internas durante el proceso de estratificación. Permite lograr efectos de color más vitales, estéticos y duraderos aunque éstos son más difíciles de predecir¹³².

En superficie, los tintes se aplican en la fase de glaseado sobre el líquido glaseador. Permite corregir defectos de color detectados en fase de bizcocho, aunque se trata de un maquillaje menos natural y duradero (por desgaste). Sin olvidar que los tintes no deben convertirse en el sustituto de una cuidadosa elección del color.

Si pretendemos que nuestras restauraciones prostodóncicas se aproximen lo máximo al diente natural deberemos también cuantificar la transparencia. Durante la construcción de diferentes capas mediante una coloración y una transparencia distintas se constata la existencia de un efecto acumulativo: la transparencia será tanto más reducida cuanto mayor sea la cantidad de pigmentos utilizada y cuanto mayor sea el grosor de la capa. Existen diferencias técnicas para la construcción por capas⁴¹:

- Técnica I. Mezcla heterogénea de las masas de porcelana con ausencia de estratificación. Esta técnica debería evitarse, pues no produce unos resultados estéticos satisfactorios.

- Técnica II. Estratificación-aplicación ordenada. Transición desde una opacidad

elevada a una opacidad inexistente en una secuencia ordenada de capas de diferente concentración. Dentro de una misma capa, la estratificación es homogénea, pero cada nueva capa aplicada es menos opaca que la subyacente.

- Técnica III. Estratificación “desorden ordenado”. En este caso se empieza, por regla general, con la opacidad máxima, y también se avanza de forma gradual hacia la opacidad cero. De todas formas, pueden existir regiones en las que se rompa este patrón y después de una capa de reducida opacidad se aplique de nuevo otra de elevada opacidad, o en las que una capa transparente se halle situada debajo de otra menos transparente. Esto constituye una aproximación de mayor orientación artística al “desorden ordenado” propio de la naturaleza.

Existen otras variables a tener en cuenta, así como cuanto más lisa sea la superficie de nuestra restauración, mayor será la cantidad de luz que penetre en el interior de ese cuerpo, y la transparencia estará aumentada, por el contrario en una superficie rugosa será mayor la cantidad de luz reflejada y dispersada sin embargo, el fondo de un cuerpo de creciente transparencia ejerce una influencia también creciente sobre su apariencia óptica y favorecerá un incremento de la claridad cromática en la región incisal y una disminución de la claridad cromática en la zona gingival. Las regiones porosas de la porcelana disminuyen la transparencia así como la capacidad de resistencia, por tanto las inclusiones de aire en la masa cerámica ejercen una acción de incremento de la opacidad mayor que la que puede proporcionar cualquier masa de material opaco¹³³.

De ésta manera, es fácil darse cuenta de la importancia que, para una restauración, tiene no sólo la elección del material cerámico adecuado, sino también de la técnica de elaboración del mismo. El efecto estético global de una restauración

depende también, del tamaño, de la forma, la anatomía de superficie, la translucidez real o aparente, la textura lisa o rugosa, el alineamiento, y, además de una correcta armonización de los colores, requisitos todos ellos, esenciales para crear restauraciones de gran calidad estética.

FRENTES LAMINADOS DE PORCELANA.

Están constituidos por una fina lámina de porcelana que recubre parcial o totalmente la cara vestibular de los dientes anteriores y en algunos casos sobrecontornean el borde incisal del diente, alcanzando su vertiente palatina. En la literatura podemos también encontrarlos bajo el nombre de carillas tipo Horn, facetas, o *veneers* de porcelana. Van a ser el centro de nuestro estudio, puesto que por sus características de transparencia y espesor sin alma metálica, su resultado estético final va a verse influenciado por unos factores variables, que analizaremos paso a paso.

En 1938, Charles Picus¹³⁴ dentista de Beverly Hills ideó unas facetas de porcelana que se pegaban temporalmente a la cara vestibular de los dientes anteriores (cuando todavía no existían las técnicas de adhesión dental) y que cumplían los requisitos de estética, comodidad relativa y mantenimiento de la fonética; de esta forma nació la llamada "Sonrisa de Hollywood". Sus pacientes, las estrellas de cine, podían actuar con ellas, pero no comer. Sin un buen método de sujeción a los dientes, estas facetas eran de poca utilidad funcional.

La técnica de adhesión de materiales a la superficie de esmalte dental surge con los estudios de Buonocore¹³⁵ en 1955, quien introduce el grabado ácido, el cual

crea microrretenciones en los prismas del esmalte donde posteriormente las resinas de unión, desarrolladas por Bowen¹³⁶, penetran y crean interdigitaciones una vez polimerizadas mediante luz halógena. Llegados a este punto de la investigación, ya se podía recubrir la cara vestibular de los dientes con composite o material acrílico compuesto (Faunce 1976)^{137 138 139}. Se utilizaban dos técnicas: la directa utilizando carillas prefabricadas, o la técnica indirecta elaborándose sobre un modelo de trabajo en el laboratorio. Estas técnicas no dieron resultados estéticos del todo satisfactorios debido fundamentalmente a los problemas de adaptación marginal¹⁴⁰, cambios de color¹⁴¹, desgastes¹⁴², malos olores, aspecto monocromático y apagado de estas facetas de resina y fracturas a corto plazo de tiempo³. Su uso fue prolífero¹⁴³ durante los años 70 aunque pronto se advirtieron esta serie de inconvenientes, y se dejaron de utilizar, sustituyéndose por un material más resistente y estético: la porcelana dental. Aunque, en 1972 Alain Rochette describió por primera vez la posibilidad de reparar con éxito fracturas de borde incisal con porcelana adherida mediante la técnica de adhesión con resinas de unión^{145 146}, no se volvió a hablar de la utilización de la cerámica hasta que Horn en 1983 propone utilizar láminas completas de porcelana para recubrir la cara vestibular de los dientes anteriores¹⁴⁷. Técnica desarrollada y preconizada principalmente por Simonsen y Calamia^{148 149 150} que es, prácticamente, la que utilizamos actualmente. En nuestro país, las primeras publicaciones aparecen en 1987 gracias a los estudios de Gascón, Torrella y Castañer^{154 155} (figura 12).

INDICACIONES

Podemos establecer, *a priori*, una serie de indicaciones generales^{3 156 157 158}
^{159 160} donde el tratamiento con frentes laminados de porcelana podría ser el
tratamiento protodónico de elección. Las más comunes son:

- *Corrección de alteraciones en la forma y posición de los dientes,
- *Conversión de la morfología en casos de agenesias o trasposiciones,
- *Cierre de diastemas leves o moderados,
- *Fracturas del tercio incisal,
- *Restauraciones amplias de dientes anteriores.

No obstante, a medida que esta técnica se ha ido perfeccionando,
comprobándose su fiabilidad^{161 162 163 164} y coincidiendo con la aparición de nuevos
sistemas cerámicos que poseen propiedades mecánicas de resistencia a la fractura
mejoradas, así como la aparición de adhesivos dentinarios de nueva generación,¹⁶⁵
^{166 167 168} las indicaciones de los frentes laminados han ido ampliándose:

- *Abrasiones de origen parafuncional,
- *Rehabilitaciones de la guía anterior^{169 170 171},
- *Alteraciones del esmalte, y
- *Por último, una indicación de gran controversia es la utilización de frentes laminados para enmascarar las alteraciones del color de los dientes. Es aceptada su eficacia en los cambios de color leves y moderados, pero no así, en las tinciones extremas por tetraciclinas^{172 173} grados 3 y 4 de la clasificación de Jordan, Boksman y Feinmann¹⁷⁴. Algunos autores se inclinan en estos casos por las técnicas de blanqueamiento interno^{156 175 176 177 178}.

Como en toda modalidad de tratamiento protodónico existen una serie de contraindicaciones relativas como son: falta de higiene oral, policaries, respiración bucal y la práctica de deportes de contacto. Existen, así mismo, unas contraindicaciones absolutas en los bruxismos con graves desgastes, parafunciones sin corregir, alteraciones esqueléticas y las graves alteraciones del esmalte.

Las facetas de porcelana nos posibilitan la restauración anatómica y estética de los dientes, son resistentes a la abrasión, a la acumulación de detritus, y a los líquidos orales^{29 155}, son respetuosas con los tejidos gingivales, estéticamente sobresalientes, y además y fundamentalmente requieren una preparación dental mínima. Por otro lado, las perspectivas acerca de su longevidad son excelentes, siempre que se respeten sus indicaciones ^{179 180 181 148 156 152}.

Los inconvenientes o complicaciones que nos puede presentar esta modalidad de tratamiento protodónico son: teñido y desajuste del cemento de composite a nivel de los márgenes, fractura o astillado del borde incisal de la faceta y despegamiento de la misma, requiriendo además una técnica de cementado muy minuciosa y laboriosa.

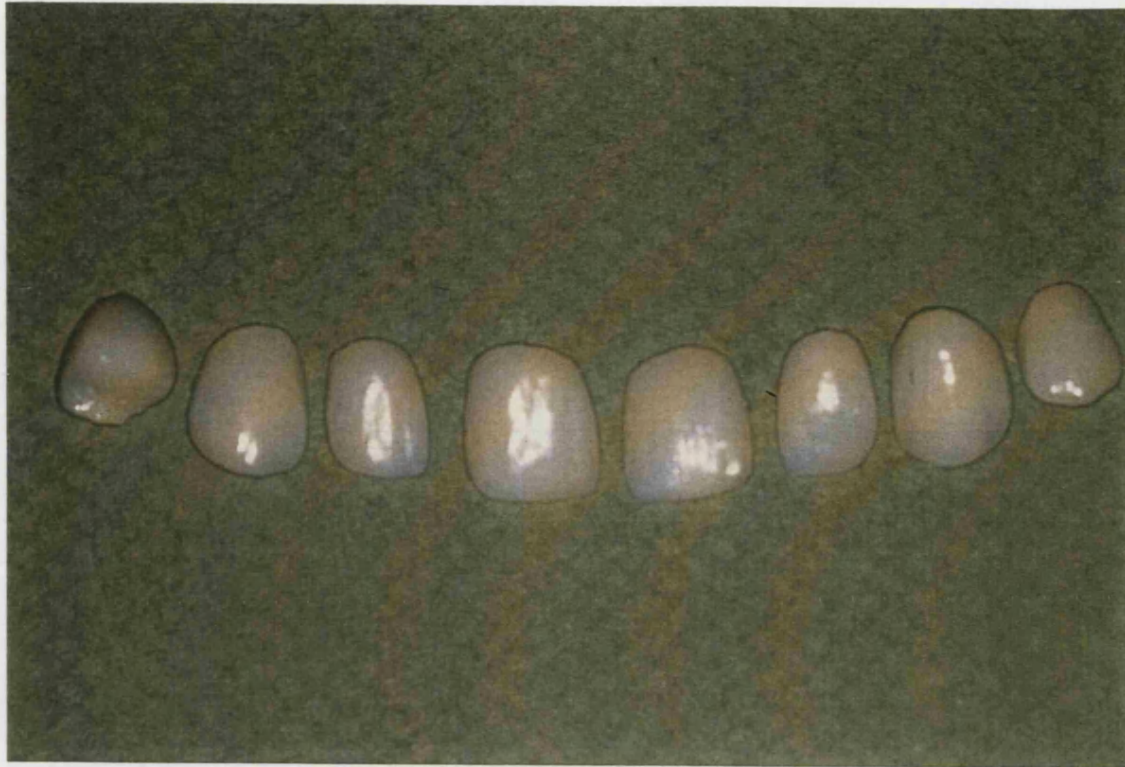


Figura 12. Morfología de la cara vestibular de unos frentes laminados de porcelana.

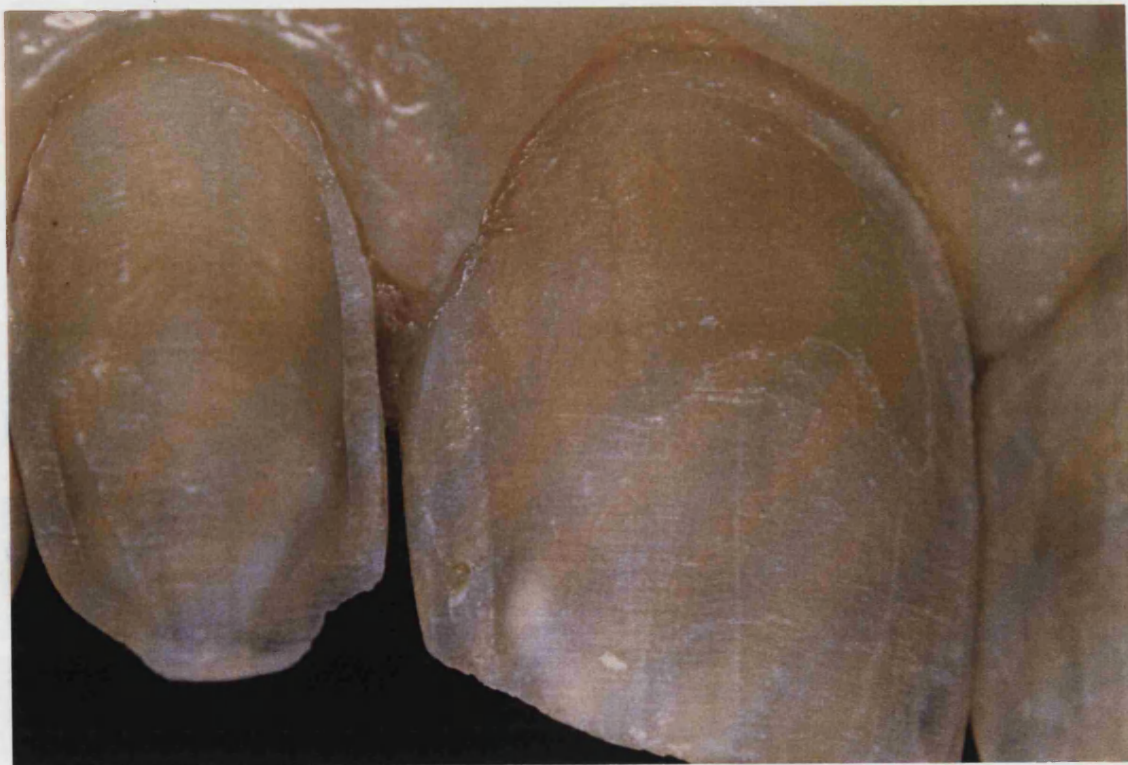


Figura 13. Características del tallado de un diente natural para albergar un frente laminado de porcelana.

FASES CLÍNICAS

1ªFASE: HISTORIA CLÍNICA, EXPLORACIÓN, IMPRESIONES PRELIMINARES, MODELOS DE ESTUDIO.

Siempre que tratemos de estética debemos, durante el interrogatorio inicial, conocer cuáles son las inquietudes estéticas del paciente y qué es lo que espera del tratamiento. Por otro lado, la exploración clínica debe estar basada en analizar las anomalías de forma, tamaño y posición de los dientes del segmento anterior; no menos importante es la apreciación del color dentario así como de las posibles tinciones patológicas de éstos. Un buen diagnóstico en esta primera fase evitará muchos fracasos posteriores, sobre todo estéticos y de respuesta a las expectativas desarrolladas por los pacientes.

A partir de los modelos de estudio, y si el caso está dentro de las indicaciones señaladas anteriormente, podemos hacer un duplicado, sobre el que realizaremos el encerado diagnóstico, para poder valorar el resultado final del tratamiento¹⁸². Si el resultado es satisfactorio, tanto para nosotros como para el propio paciente y tras tomarle fotografías, pasaremos a la siguiente fase.

2ªFASE: PREPARACIÓN DENTARIA, TOMA DE IMPRESIONES, SELECCIÓN DEL COLOR, PROVISIONALES.

PREPARACIÓN DENTARIA

Nuestra preparación dentaria será, como lo es siempre en prostodoncia, lo más conservadora posible. Este tipo de tratamiento es particularmente conservador puesto que reducimos, aproximadamente, de 0.3 a 0.5 mm del espesor de la cara

vestibular de los dientes a tratar, evitando, en lo posible, llegar al tejido dentinario. Los perfiles redondeados y sin ángulos agudos^{154 174}, mejorarán el ajuste de la carilla y evitarán concentración de esfuerzos que puedan ser responsables de su fractura¹⁶⁹. La preparación tendrá suficiente espacio interproximal para poder realizar en el laboratorio modelos desmontables.

El volumen vestibular que se reduce varía en relación al caso clínico a tratar, pues hay situaciones en las cuales no hace falta prácticamente tallar, como en los casos en que los dientes se encuentren lingualizados o tengan un tamaño inferior al normal (microdoncias), y en otras donde éste será muy agresivo (hasta de 1mm), como en los casos de dientes vestibulizados, girovertidos o con tinciones patológicas.

La preparación debe presentar una línea de terminación supra, yuxta o infra-gingival en *chamfer*, e interproximalmente no llegar a romper los puntos de contacto, puesto que posteriormente lo haremos con las tiras metálicas. A nivel incisal, el borde será reducido en espesor pero sin ser rebasado hacia palatino o lingual (figura 13).

Para el tallado podemos utilizar el fresero 4151 Laminate Veneer System® (Brasseler, Inc.) o el fresero para frentes laminados de Anitua de Komet®, con la siguiente pauta³:

a.- Reducción vestibular: la realizaremos con la fresa LVS-1 del fresero 4151 para obtener una reducción de 0,5 mm., o con la fresa LVS-2 si deseamos una reducción de 0,3 mm. La morfología especial de estas fresas garantiza una reducción en surcos de profundidad orientativos. A continuación se procede a homogeneizar la reducción con la fresa LVS-3.

b.- Reducción incisal: se realiza con la fresa LVS-3.

c.- Reducción ocluso-lingual: sólo se lleva a cabo en casos en que se va a realizar un recubrimiento incisal con la faceta.

d.- Acabado de la línea de terminación: se introduce un hilo de retracción a nivel sulcular si deseamos preparaciones subgingivales. Garber y Mintyre¹⁸³ también lo aconsejan aunque la preparación sea yuxtagingival para proteger los tejidos gingivales, y se marca con la fresa LVS-3.

e.- Acabado interproximal: para evitar extender el tallado más allá de los puntos de contacto y permitir al técnico de laboratorio separar los dientes, y en algunos casos, evitar reducciones excesivas, es preferible usar tiras metálicas de pulido de grano grueso¹⁵⁴. Holmes¹⁸⁴ lo que propone es colocar tiras entre los dientes preparados, arrastrándolas en la impresión. Si queremos comprobar que hemos dejado dentina expuesta, utilizamos Dentin Indicator (Ultradent®), que es un gel de color rojo, que se deposita en la superficie tallada, se deja un minuto y luego se procede a su lavado. En la zona de dentina expuesta, queda el color rojo. Para su remoción se utiliza un disolvente que proporciona el fabricante y evita la contaminación por el color. Estas zonas deben ser protegidas con adhesivos dentinarios, pero una vez tomada la impresión, pues hay algunos elastómeros (poliéteres) que pueden reaccionar con ellos distorsionándose.

Existen diferentes tipos de preparación en función de cada caso en particular. Así, Freddman²⁹ distingue seis tipos, que tienen cierta correspondencia con la clasificación propuesta por Albers¹⁸⁵.

TIPO I: Sin preparación dentaria, o preparación mínima. Como indica su nombre la reducción dental es nula o únicamente se tallan las posibles contrasalidas para facilitar una vía de inserción. Los márgenes serán en filo de cuchillo o en *pluma* pero son los más difíciles de realizar en el laboratorio sin que se fracture la porcelana. Es por ello que este tipo de preparación se obtiene acabando la porcelana sobre el diente después de que la faceta se haya cementado. Sin embargo, cabe la posibilidad de que se produzca un fallo cohesivo de la porcelana o de la unión diente-porcelana.

TIPO II: Preparación uniforme que acaba en el borde incisal de forma que el grosor de la porcelana de éste, sea igual que en el resto de la faceta. Algunas veces para controlar mejor la tonalidad, es deseable que la capa de porcelana en el borde incisal sea más gruesa que la que se coloca en una preparación tipo I.

TIPO III: Preparación que se extiende por encima del borde incisal, y termina en el esmalte lingual. Esta indicada para el alargamiento en dientes cortos o fracturas incisales.

TIPO IV: Extensión más allá del borde incisal, similar a la de tipo III, la diferencia estriba en el margen de la porcelana lingual, en la primera es en filo de cuchillo y en la segunda en chaflán o en hombro.

TIPO V: Preparación máxima de la superficie que se va a facetar. Por ejemplo, cuando existen decoloraciones intensas o cuando queremos conseguir un alineamiento de los dientes anteriores

TIPO VI: Se trata de una preparación doble¹⁸⁶, en un primer lugar se talla una preparación tipo I o mínima y se confecciona la carilla, que se cementará después de tallar una preparación máxima o tipo V, quedando de esta forma un espacio libre

entre la faceta y el diente en el que se podrá aplicar una capa de composite opaco.

Pero no todos los autores, están de acuerdo con el tipo “ideal” de tallado^{187 188}
6 159 151 154 156 165 174 185. Según Cuthbirth¹⁵⁵, no hay ninguna preparación ideal, sino que cada caso exige un remodelado específico tras una planificación previa en los modelos de estudio.

TOMA DE IMPRESIONES.

Podemos utilizar tres técnicas:

- **La Wash-Technique**, empleando como material de elección una silicona de adición en tres distintas viscosidades. La masilla que se colocará directamente sobre una cubeta estándar para dentados tipo *Rim-lock*®, tomando una primera impresión con ella bien en los modelos de estudio o directamente en la boca del paciente, interponiendo en ambos casos una lámina de acetato fino para crear un espacio suficiente que permita el depósito del material de consistencia media de la impresión de rebasado. Una vez fraguado el material pasamos a realizar la segunda impresión, para lo cual, colocamos la consistencia media en la cubeta con la masilla y la consistencia fluida se inyecta directamente en los dientes previamente tallados.

- **Con cubeta individual y poliéteres** de dos consistencias, la pesada se coloca en la cubeta y la consistencia ligera la inyectamos en los dientes ya tallados. Estas técnica y la anterior están especialmente indicadas para casos de preparaciones dentarias múltiples.

-Con cubeta parcial anterior a boca cerrada de tipo *Premier®*, utilizando así mismo poliéteres de dos consistencias. En este caso se emplean estas cubetas que abarcan parcialmente las arcadas dentarias, de manera que tienen en su cara interna una redecilla que las divide en dos cámaras, una superior para el maxilar y otra inferior para la mandíbula. La particularidad de esta técnica es que se toma la impresión pidiendo al paciente que “cierre la boca contactando los dientes posteriores” es decir, en máxima intercuspidad u oclusión habitual. Con esta técnica se evita una toma de impresión de la cara antagonista y la toma de registros intermaxilares³. Sin embargo, presenta el inconveniente de que sólo se puede utilizar para una o dos restauraciones, además de no dar ninguna información al técnico de laboratorio del resto de la arcada, forma, tamaño y posición de los dientes vecinos. Nuestra experiencia clínica nos ha demostrado que la técnica más recomendable es la de cubeta individual con poliéteres. Tras la impresión tomaremos un registro de mordida de la zona preparada y en oclusión habitual.

SELECCIÓN DEL COLOR.

Para seleccionar el color de las facetas utilizamos una guía de colores de cerámica. Si no deseamos cambiar el color de los dientes, anotaremos el de los adyacentes sin tallar, o bien lo seleccionaremos antes de comenzar el tallado. Si, por el contrario, deseamos cambiar el color de éstos, escogeremos el que nosotros y el paciente consideremos más adecuado. Es conveniente, así mismo, tomar el color del diente preparado, es decir el color de la dentina, con una guía especial de muñones, pues es importante dar este dato al técnico de laboratorio, para que sepa del color

que tiene que partir para confeccionar la restauración.

ALTERNATIVAS A LOS CUIDADOS TEMPORALES. Provisionales.

En la mayoría de casos no es necesaria la realización de restauraciones provisionales puesto que siendo el tallado poco agresivo, inferior a 0.4 mm y sin exposición dentinaria, no aparecen problemas de sensibilidad a los cambios térmicos, y los problemas estéticos son mínimos.

Por el contrario, si el tallado es superior o el paciente lo desea expresamente, podremos elaborar unos provisionales disponiendo de varias alternativas. Así, Van Gogswaardt¹⁵⁹ propone la realización de facetas de resina acrílica mediante técnicas tradicionales en clínica o en el laboratorio. Rada¹⁸⁹ sugiere la realización de carillas provisionales con resina acrílica fotopolimerizable. Lacy¹⁶⁵ aconseja la confección de facetas de composite que se adhieren provisionalmente al diente grabando dos-tres puntos en el esmalte. Otros autores^{3 190} hacen provisionales a partir de una matriz de plástico realizada sobre un modelo previo al tallado. El cementado lo realizamos sobre el esmalte grabando sólo dos puntos y utilizando cualquier tipo de resina compuesta¹⁹¹, así la remoción posterior es sencilla, ejerciendo una ligera presión con una espátula sobre el borde incisal y removiendo los restos de cemento con curetas, excavadores o fresas de diamante.

PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO.

Tres son los procedimientos actualmente considerados como más adecuados para la elaboración de frentes laminados de porcelana:

1. **Sobre modelo de revestimiento.** En este caso se construirá un modelo

maestro de un material de revestimiento capaz de soportar las altas temperaturas que se alcanzan en los hornos de cerámica. Sobre este modelo se depositarán diferentes capas de porcelanas en función de su transparencia y color, como ya hemos descrito anteriormente, proporcionando buenos resultados estéticos. Esta técnica está indicada, sobre todo, en casos de restauraciones unitarias. Con esta técnica se pueden utilizar las porcelanas de alta resistencia tanto feldespáticas como aluminosas.

2. Sobre lámina de platino. Se aplica sobre el modelo maestro una fina capa de platino que servirá de soporte a la cerámica que en distintas capas se irán colocando sobre la lámina. Proporciona muy buenos resultados estéticos y está indicada en restauraciones unitarias. Empleando con esta técnica de laboratorio las cerámicas feldespáticas y aluminosas convencionales y las de alta resistencia.

3. Cerámica colada por inyección. En este caso se emplea una técnica basada en los principios de colado a la cera perdida. La reconstrucción se modela en cera sobre el modelo maestro, que posteriormente será colado con cerámica en estado plástico. Pudiéndose diferenciar dos técnicas, superficie o de maquillaje y la técnica de capas, estratificación o de recubrimiento.

Con la técnica de maquillaje, se obtiene una restauración en un solo bloque de cerámica, monocolor, necesitando de la aplicación en superficie de capas de colorantes o tinciones para dotarla de las características cromáticas del caso, es decir se maquilla y se glasea, siendo por tanto más subjetiva a la interpretación del técnico de laboratorio. Tiene la ventaja de un mejor ajuste marginal y una mayor resistencia a la fractura, estando indicada principalmente en rehabilitaciones de guía anterior.

En la técnica de capas se modela en cera la reconstrucción reducida o un núcleo de dentina, con un grosor mínimo de 0.8 mm, para terminarla aplicándole capas de cerámica feldespática tradicional. Tiene la ventaja de disponer de 27 colores de cerámica de base, obteniéndose una restauración más estética, pues el color elegido previamente emerge desde su interior. Presenta el inconveniente de necesitar mayor espesor en el tallado, y debido a ello, esta técnica es más indicada para las *jackets*. En los frentes laminados se puede utilizar cuando los tallados son muy agresivos o podemos rebajar el espesor de la carilla tras retirar el revestimiento para terminar colocando las diferentes capas de porcelana feldespática que mejore la estética, lo cual entraña riesgos de fractura durante el proceso de elaboración.

Otra variante de esta técnica, es la utilizada para la fabricación de facetas de porcelana Dicor®, que es la técnica de cerámica colada por centrifugado.

3ª FASE: COLOCACIÓN DE LAS FACETAS DE PORCELANA.

Ésta constituye una de las fases más laboriosa, delicada e importante en el tratamiento mediante frentes laminados. Debemos ser cautos y seguir cada paso con atención y minuciosidad y no pasar al siguiente, hasta no estar satisfechos del anterior, queremos hacer hincapié en la importancia de la prueba del cemento a utilizar, dado que, como corroboraremos más adelante de este estudio, el cemento nos puede modificar el color final de la restauración y una vez realizado el cementado, no podremos volver atrás.

1. Remoción de las restauraciones provisionales, si es que las llevaba. Siempre se debe proceder una vez realizado, a limpiar la superficie tallada con un cepillo o una copa de goma y pasta abrasiva. En los casos que deseemos eliminar de esta

superficie restos orgánicos, deberemos utilizar alcohol y no acetato de etilo, pues éste altera la superficie dentinaria disminuyendo la fuerza de unión de los adhesivos dentinarios¹⁵¹.

2.Prueba de las facetas. Se colocan sobre los dientes preparados y se comprueba el ajuste marginal, la morfología y el color. En esta fase se pueden comprobar diferentes tonos de cemento composite y colocar maquillajes u opaquers de resina composite para hacer una valoración del color final antes del cementado.¹⁹²

¹⁹³ ¹⁹⁴ Estos materiales se eliminarán de la carilla con acetato de etilo. Esta es una fase fundamental para conseguir un buen resultado estético. No se debe pasar al paso siguiente hasta estar seguros del color del composite, maquillajes etc. que vamos a utilizar en el cementado definitivo.

3.Grabado y preparación de la carilla.

a. El grabado se efectúa con ácido hidrofúrico al 10%, que al presentarse en forma de gel, permite su aplicación en la cara interna donde permanecerá de 2 a 3 minutos. Se remueve con un chorro a presión de agua y a continuación se introduce en un baño de ultrasonidos con agua destilada o con bicarbonato sódico al 10% durante 5 minutos.

b. Se terminan de limpiar con acetato de etilo con la ayuda de una esponjilla o por inmersión. Se seca con aire comprimido adquiriendo un aspecto blanco tiza.

c. Se coloca una gota de silano y al minuto se ha producido su evaporación sobre la cara interna de la carilla. Secamos con aire, hasta comprobar que no queda ningún resto de humedad. Posteriormente podemos

aplicar con un pincel una resina de unión, que no polimerizaremos para evitar crear una capa, quitando los excesos con aire.

4.- Aislamiento. Se realizará mediante un dique de goma que aisle las preparaciones de la humedad del resto de la cavidad oral. Existe mucha controversia en este punto, desde autores que lo consideran imprescindible¹⁹⁵, hasta autores que no lo realizan puesto que, según afirman el dique aísla de las sensaciones o mejor comprobación de la estética del cementado^{29 155}. El profesional debe colocarse guantes de goma que no contengan talco para evitar la contaminación de la carilla.

5. Cementado.

a.- Grabado con ácido ortofosfórico, de la superficie de esmalte durante 20 segundos y lavado profuso con agua, durante el mismo tiempo como mínimo que ha permanecido el ácido en contacto con el esmalte

b. Colocación de una tira de acetato tipo Milar que nos aisle el diente de los vecinos, también la usamos para el grabado.

c. Aplicación de un adhesivo a esmalte y dentina, o una resina líquida, sobre la superficie grabada. En caso de utiliza posteriormente maquillajes, no debemos de utilizar resina líquida transparente, pues los disolveríamos.

d. Espatulado de la base y catalizador del composite, o bien utilizando únicamente la base del cemento a base del composite seleccionado, que se aplica con un pincel fino sobre la cara interna de la faceta.

e. Posicionamiento de ésta con la ayuda de un bastoncillo de algodón, se ejerce una ligera presión, para que fluya por los bordes el exceso de

composite; éste se retira con la ayuda de un pincel. Esta operación se repite varias veces, hasta que no fluya más cemento.

f.- Fotopolimerización, que se hace en cervical, interproximal, incisal y zona central desde lingual, durante 20 segundos en cada zona hasta un total de 100-140 segundos en casos con recubrimiento incisal.

g.- Eliminación de los restos groseros de cemento fraguado en los márgenes si los hubiera con una hoja de bisturí nº 12B, y de la zona interproximal con tiras de pulir composite de grano grueso y fino.

6.- Pulido. La fase final de este proceso consiste en meticuloso pulido de los márgenes de la preparación mediante:

a.- Fresas diamantadas: la LVS 5 para zona cervical, la LVS 8 para zona incisolingual, y la LVS 6 para zona interproximal.

b.- Piedras de Arkansas y gomas de pulido de cerámica.

c.- Tira de pulir.

Al paciente se le debe advertir que durante 24 horas no debe ingerir bebidas alcohólicas, ni fumar ni tomar cualquier tipo de bebida que sea susceptible de crear pigmentaciones (café, té, refrescos de cola, etc...) Deberá seguir normas adecuadas de higiene, como son dos cepillados diarios, utilización de seda dental y de pastas dentales que no tengan un alto contenido en flúor, ni clorhexidina. Se le recomendará acudir a la clínica cada 6 meses para revisión; que disminuya o deje de consumir tabaco, y que reduzca la ingesta de bebidas susceptibles de tinción (aunque ello no es muy estricto, pues la cerámica no retiene estas coloraciones, aunque sí tiñen los

márgenes del cemento composite).

La fotopolimerización completa de los composites es un punto crítico en esta técnica, y en general en toda la odontología adhesiva. Es esencial que las lámparas halógenas estén en perfecto estado, por ello debemos comprobar periódicamente que su intensidad es la adecuada.

Creemos que los frentes laminados de porcelana se utilizarán con más frecuencia en la actual década y llegará a ser un procedimiento habitual en la consulta diaria, puesto que son el tratamiento prostodóncico más respetuoso con los tejidos dentales, y con el que podemos conseguir mayor armonía y naturalidad en relación a las encías, dientes naturales presentes, labios, sonrisa; es decir, en el contexto total de la cara, por tanto, mayor estética y belleza.

2. OBJETIVOS

La utilización en la clínica diaria de las restauraciones completas de porcelana obliga a considerar una serie de factores como son: el color de la porcelana y su transparencia, el color de los cementos utilizados y su transparencia y el color de la dentina subyacente. Así pues, deberemos considerar la posibilidad de desarrollar un método práctico que nos permita controlar dichos factores. Por tanto, y para desarrollar nuestro estudio, debemos plantearnos una serie de objetivos que enumeramos a continuación:

1. Estudiar las bases físicas fundamentales del color, su aplicación al campo de la Odontología y en especial al de la porcelana dental.
2. Revisar la sistemática clínica y de laboratorio de la elaboración de los frentes laminados de porcelana, y los factores que determinan el color final de dichas restauraciones.
3. Conocer los métodos colorimétricos existentes en la actualidad para medir el color de los dientes naturales, así como analizar su precisión, eficacia y utilidad.
4. Estudiar la aplicación del espectrofotómetro para el análisis del color *in vitro* de las restauraciones estéticas de porcelana.
5. Medir el color de diferentes supuestos experimentales con discos de porcelana y sustratos de resina compuesta y compararlo con la muestra correspondiente de una guía de cerámica convencional, en este caso la Chromascop® y una guía de color de muñones.

6. Conocer la influencia, por transparencia, del color de la dentina en el color final resultante de las restauraciones completas de porcelana, particularmente, los frentes laminados.
7. Relacionar el espesor de las restauraciones de cerámica con su capacidad de enmascaramiento del color subyacente a nivel dentinario.
8. Comparar el color de las restauraciones de porcelana al colocarlas sobre un sustrato, interponiendo o no una interfase completamente transparente como es la glicerina.
9. Valorar la opacidad y los cambios de color producidos por la utilización de cementos basados en resinas compuestas de distintos colores.
10. Ver la influencia del envejecimiento con el tiempo de los cementos de resina compuesta y su relación con los cambios de color de las restauraciones completas de cerámica.

3. MATERIAL Y MÉTODO

MODELO EXPERIMENTAL

METODOLOGÍA

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Adecuándonos a las directrices del método científico y dentro del apartado de **material y método**, vamos a centrarnos, en primer lugar, en la descripción de los **materiales** empleados para la obtención de un modelo experimental, y en la descripción de la aparatología empleada para la obtención de una serie de mediciones cuyos resultados, posteriormente, analizaremos estadísticamente.

A continuación, estudiamos la **metodología** empleada para la confección de una serie de **sustratos de resina** que servirán de apoyo a **discos de cerámica**, así como el **cemento** basado en resina compuesta utilizado para adherirlos entre sí. Continuaremos describiendo la sistemática de medición del **espectrofotómetro** como aparato de análisis del color.

MODELO EXPERIMENTAL

Nuestra intención es reproducir experimentalmente, *in vitro*, los parámetros y las condiciones reales que se dan en un diente natural cuando es tallado para alojar una restauración estética tipo frente laminado de porcelana.

En primer lugar, y con la intención de imitar el color de la dentina humana, elaboramos unos **discos** que servirán de **sustrato**, base o apoyo al resto de materiales. Utilizamos, para ello, resina compuesta fotopolimerizable. Elegimos la

resina *stumpf-material* de la casa comercial Ivoclar® que se presenta comercializada en forma de jeringas de material compuesto con consistencia de pasta (figura 14). Disponemos de nueve colores distintos abarcando, con bastante exactitud, la gama de colores de la dentina natural. Además, disponemos de una guía con los colores de dicha resina compuesta, según las siguientes graduaciones St1, St2, St3, St4...,St9, permitiéndonos controlar el color del cual partimos en nuestro estudio de una forma estandarizada y por tanto repetible. De entre ellos seleccionamos el color St1 porque es el que mayor prevalencia tiene entre los pacientes que no presentan alteración del color dentinario. También seleccionamos el color St5 puesto que es el color más oscuro de la guía y que más se asemeja a una dentina teñida por ingestión de tetraciclinas, y corresponde al grado 3º de la clasificación de Jordán y Boksman¹⁹⁶.

Los **discos de porcelana** que utilizamos, imitando las carillas, los realizamos con la cerámica IPS-Empress (Ivoclar®) (figura 15). Como ya comentamos en la introducción, básicamente se trata de una cerámica vítrea reforzada con leucita¹²⁰, cuyos cristales se obtienen por medio de diferentes ciclos de temperatura. El estudio mediante microscopio electrónico de la pieza en bruto de la cerámica, en el estado en que se comercializa, demuestra que los cristales de leucita se presentan agrupados en forma de racimos de uva. Posteriormente, tras el tratamiento térmico y su inyección por presión, pasan forzosamente a través de un estrecho jito de colado y los cristales se distribuyen por separado y de forma más homogénea en el volumen de la restauración colada. Su composición en porcentajes de peso es ¹²¹ : SiO₂(63), Al₂O₃(17.7), K₂O(11.2), Na₂O(4.6), B₂O₃(0.6), CeO₂(0.4),CaO (1.6), BaO(0.7), TiO₂(0.2). Su resistencia a la torsión es de 160 a 300 Mpa^{122 123} frente a los 56.5 MPa de la porcelana feldespática convencional; ello

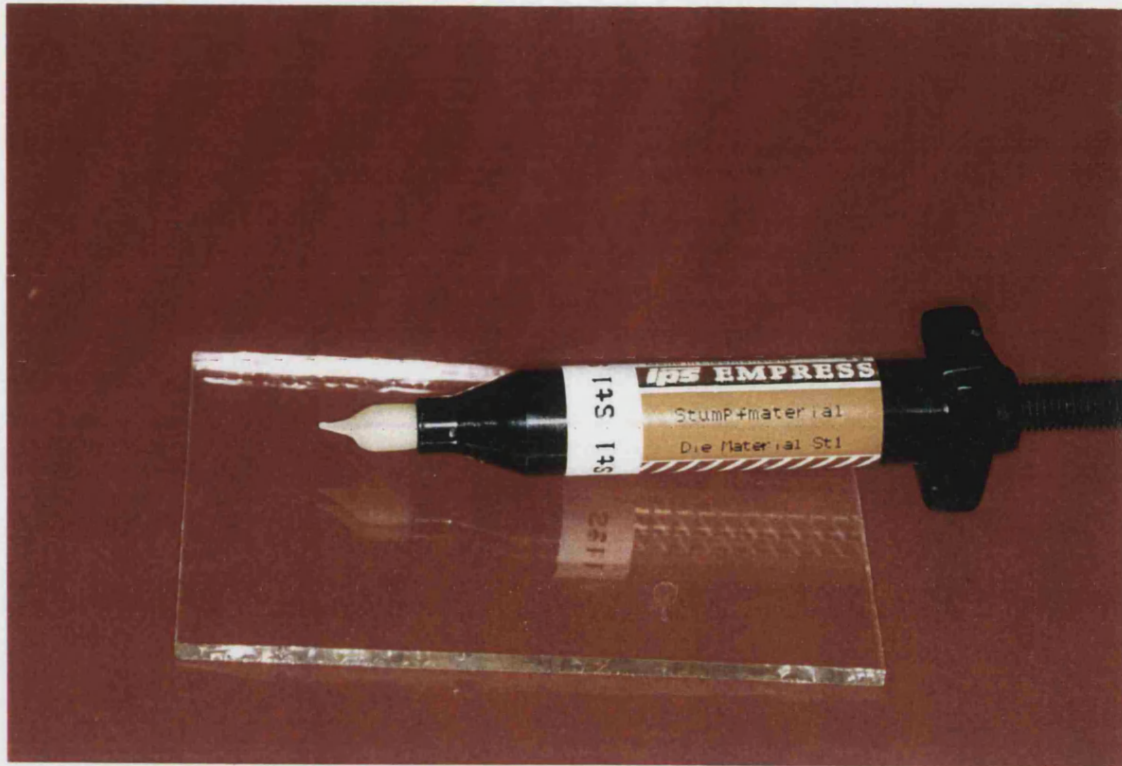


Figura 14. Jeringa de *Stump-material* a base de resina compuesta fotopolimerizable para la elaboración de los sustratos.

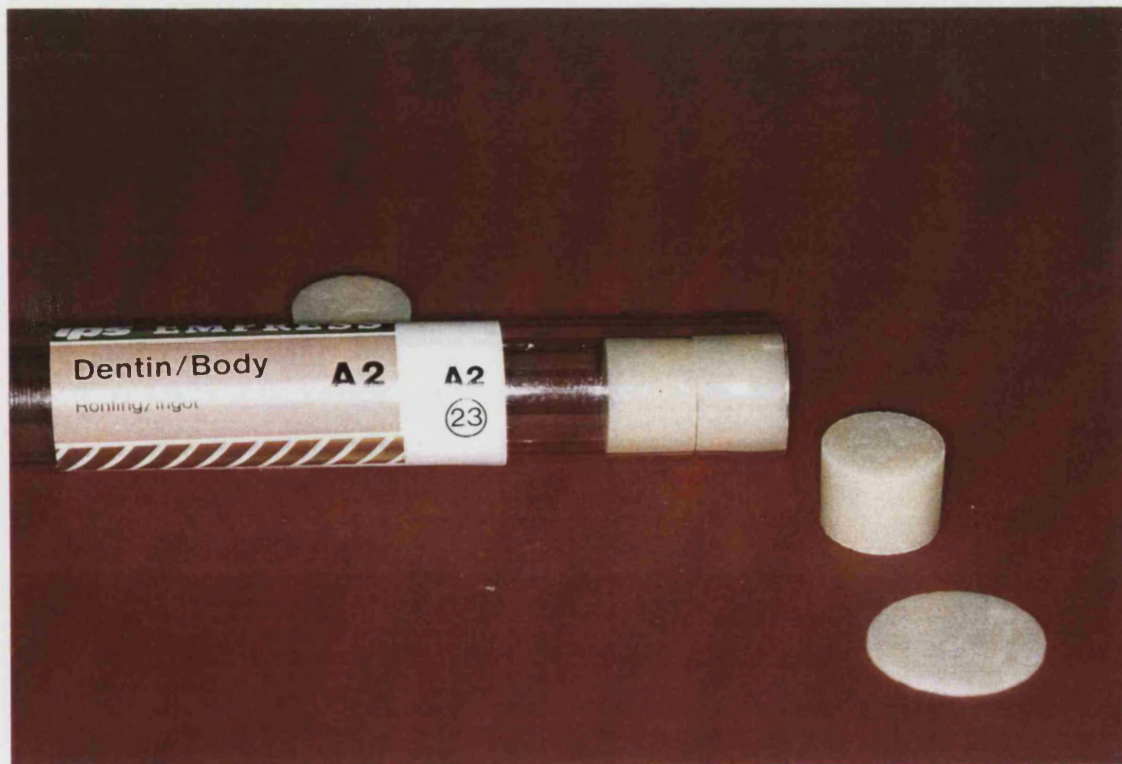


Figura 15. Pastilla de cerámica de color 2A y disco inyectado.

es debido a la incorporación de leucita en la fase cristalina, así como a su tratamiento térmico que provoca la interacción entre los diferentes coeficientes de expansión térmica de ésta y de la matriz de vidrio. Durante el enfriamiento, la presencia de un cristal con un elevado coeficiente de expansión térmica, en una matriz de vidrio con un menor coeficiente, produce tensiones de presión tangenciales y tensiones de tracción radiales dentro del cristal que contribuyen al aumento de resistencia mecánica^{117 124}.

Junto a sus buenas propiedades mecánicas, el excelente ajuste marginal que podemos obtener^{125 126} gracias al método de colado por inyección “a la cera perdida” y la posibilidad de conseguir una estética óptima, hacen de esta porcelana una de las más aceptadas, en la actualidad, cuando se trata de realizar frentes laminados de porcelana.

El **cemento**, basado en resina compuesta, utilizado ha sido el Variolink base® fotopolimerizable de la casa Vivadent. Posee una elevada resistencia a la abrasión, buenas propiedades ópticas, radiopacidad, y una continua liberación de flúor. Su composición se fundamenta en la fórmula del material compuesto microhíbrido Tetric®, cuya pasta base contiene por gramo de peso:

- *0.124 gr.de Isopropildos bis[2(3)-hidroxy-3(2)-(4 fenoxi) propylmetacrilato].
- *0.062 gr. de[2,2(4),4-Trimetilhexametenbis (2-carbamoloxietil)] dimetacrilato.
- *0.062 gr. de Trietilenglicoldimetacrilato.
- *0.100 gr. de Esferosil Silanizado.
- *0.250 gr. de Fluoruro de Iterbio (III).
- *0.400 gr. de Relleno de Vidrio Silanizado.
- *catalizadores, estabilizadores y pigmentos.

El Variolink base® está disponible en tres colores el blanco, con dos opacidades (100 y 100 opaco), el amarillo o universal (200) y el marrón (300).

Para la **silanización** de la cerámica hemos utilizado, como agente adhesivo monocomponente, el Monobond-S®. Se trata de un silano en una solución de agua y etanol y cuya finalidad consiste en producir la unión química entre los iones de silicio de la porcelana y el monómero del cemento a base de resina compuesta.

Cada gramo de Monobond-S® contiene:

*0.01 gr. de 3-Metacriloxipropilo-trimetoxisilano.

*0.99 gr. de una solución 1:1 de agua/etanol, con ácido acético y un pH= 4.

La **resina de unión** utilizada ha sido el agente monocomponente Heliobond®, que es una resina líquida sin relleno y polimerizable con luz halógena. Optimiza la técnica de grabado humectando la porcelana grabada. Cada gramo de resina de unión contiene:

*0.600gr. de Bis-GMA.

*0.400gr. de Trietilenglicoldimetacrilato.

Se utilizó el **ácido fluorhídrico** al 5% IPS Ceramic de Vivadent® para el grabado de los discos de porcelana, ya que es uno de los pocos ácidos existentes capaz de atacar los iones de silicio, disolviéndolos y creando, de esta manera, microporosidades en la superficie de los materiales cerámicos.

El sistema básico utilizado para el análisis del color, ha sido el *Macbeth 1500/PLUS Quick Key Color Measurement System* consistente en un sensor Color-

Eye optical (espectrofotómetro) y un ordenador personal IBM (PC/ XT). Este espectrofotómetro presenta como características:

Una geometría de medida de 45/0 grados;

Un área de apertura de 5 mm;

Un rango espectral de 360-740 nm;

Un intervalo estándar de medida de 20 nm; y

Se calibra con el blanco Macbeth diseñado específicamente para este aparato.

METODOLOGÍA

DISCOS SUSTRATO

Confeccionamos primeramente 50 discos-sustrato de resina compuesta de 15 mm de diámetro y con un espesor de 2 mm, cuya misión va a ser la de reproducir el color de la dentina del diente natural una vez tallado. Consideramos que un espesor de 2 mm reproduce las condiciones ópticas de un diente preparado para recibir una restauración tipo faceta de porcelana. A su vez, con su diámetro de 15 mm van a dar soporte suficiente a los discos de porcelana que van a ser adheridos, mediante cemento a base de resina compuesta, en una de sus dos caras. Para la elaboración de estos discos-sustrato, utilizamos la jeringa de pasta de resina compuesta fotopolimerizable que se corresponde con el color St1 de la guía comercial de la casa Ivoclar®; dicho color es el que hallamos con mayor frecuencia, según nuestra experiencia clínica, entre los dientes tallados y que consideramos sin tinción patológica por sustancias de origen externo, o bien congénita como dentinogénesis imperfecta. Siguiendo las instrucciones del fabricante, aplicamos una pequeña cantidad de pasta entre dos portas separados entre sí dos milímetros por dos cubreportas de este espesor. Si aplicamos entonces una presión constante obtenemos la forma redondeada deseada con el espesor antes especificado. Posteriormente introducimos el conjunto en un horno de luz halógena Spectramat® de la casa

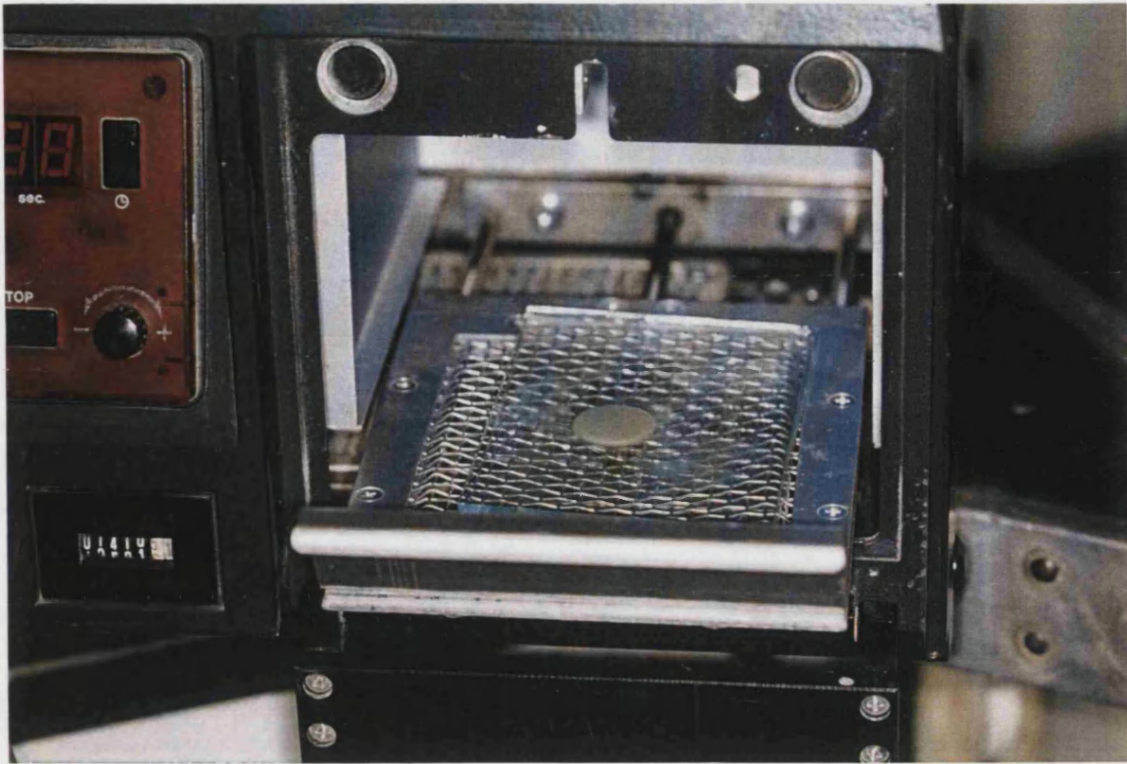


Figura 16. Horno de termo y fotopolimerización para la elaboración de los discosustratos de resina compuesta.



Figura 17. Proceso de fotopolimerización en horno de luz halógena.

Ivoclar®, (figuras 16 y 17) y polimerizamos durante 5 minutos por cada una de sus caras, obteniendo así los discos- sustratos deseados, futuros soportes de los discos de cerámica. A continuación, procedemos a pulir los sustratos de resina por una de sus caras, dejando la cara opuesta rugosa para facilitar y aumentar la superficie de adhesión con respecto al cemento y disco de porcelana que aquí alojaremos.

De esta misma forma, realizamos 10 discos-sustratos de color St5, que corresponde a un color gris oscuro, siendo el que más se asemeja, dentro de la guía disponible, a una dentina teñida por tetraciclinas. Las dimensiones de los discos son iguales a los de color St1 anteriormente descritos.

DISCOS DE PORCELANA

Los discos de porcelana que elaboramos, intentan reproducir con exactitud los parámetros de color y espesor de los frentes laminados de porcelana que utilizamos habitualmente, en clínica, sobre dientes naturales. No así la morfología, puesto que el aparato de medición utilizado (espectrofotómetro) exige que la superficie a analizar sea plana y no convexa como lo es una carilla cementada en la cavidad oral sobre dientes. Para ello, elegimos dos tipos de espesores: uno de aproximadamente 0.3-0.4 mm, dado que es el más empleado cuando deseamos corregir aspectos morfológicos, posicionales o funcionales y no tinciones dentinarias importantes, y otro espesor de 0.8-1 mm, pues consideramos que es este el espesor necesario, *a priori*, para enmascarar una dentina intensamente teñida.

Confeccionamos 50 discos, con cerámica IPS-Empress® de color 2A

siguiendo la guía Chromascop® de porcelana de la casa Ivoclar, de 0.3-0.4 mm de espesor y 15 mm de diámetro para cubrir en su totalidad la ventana rectangular de medición del espectrofotómetro utilizado, y 10 discos más, de las mismas características, pero de aproximadamente 0.8-1 mm de espesor. Este pequeño margen de una o dos décimas de diferencia entre unos y otros discos, estaba directamente relacionado con la manipulación del técnico de laboratorio en la fase de encerado previa al colado, y en el pulido posterior, así como con las contracciones propias de la porcelana, sobre todo, cuando se inyectan volúmenes de cerámica como el descrito. El diámetro de los discos es acorde con la ventana rectangular del espectrofotómetro, cubriendo ésta por completo y evitando así la entrada de cualquier otro tipo de iluminación externa que interfiera en la medición sobre la superficie del disco. La elección del color 2A de la guía, se realizó basándonos en los cánones estéticos más actuales, donde este color claro es el más aceptado por nuestros pacientes.

Entre las dos técnicas disponibles para la confección de carillas mediante la técnica de encerado e inyección, elegimos la técnica de capas o estratificación aunque la modificamos, pues disponemos de 27 colores de cerámica base, que abarcan las guías Chromascop® y Vita®, y por tanto el color de todos nuestros discos será más homogéneo y más exacto con respecto al color elegido de la guía, y más uniforme a lo largo de toda la muestra. Como ya se mencionó, para la técnica de maquillaje sólo disponemos de una cerámica base con dos opacidades, y posteriormente se procede a su maquillaje, aplicando el color de la dentina seleccionado en capas muy finas, de tres a cinco, por tanto es más subjetiva a la interpretación del técnico de laboratorio y la uniformidad de nuestros discos es difícilmente alcanzable.

Para la confección de los discos de porcelana en el laboratorio comenzamos modelando en cera 60 discos, 50 entre 0.3 y 0.4 mm de espesor y 10 discos entre 0.8 y 1 mm, con un diámetro común de 15 mm (figura 18). Individualmente o en grupos de tres discos con sus jitos correspondientes de 2-3 mm. de diámetro por 6-8 mm de longitud, los colocamos sobre un soporte cilíndrico de colados y ajustamos el cilindro de papel sobre la base del cilindro y rellenamos con masa de revestimiento especial, ligado con fosfatos y mezclada al vacío durante 60 segundos. Una hora después retiramos el papel y la base del cilindro, realizando el ciclo de precalentamiento del cilindro en un horno de muflas, alcanzando 850°C de temperatura durante 90 minutos; eliminamos así la cera, tal y como ocurre en el proceso a la cera perdida en coronas coladas metálicas. A continuación, introducimos en la apertura del cilindro la pastilla de cerámica base del color elegido, el 2A, y el vástago de óxido de aluminio.¹⁹⁷ Colocamos el cilindro en el interior del horno IPS-Empress EP500®, (figura 19) horno de inyección con control mediante un microprocesador, que tras seleccionar el programa se activa realizando el proceso de forma totalmente automática. La presión se inicia, también de forma automática, con una fuerza media de 3.5 bars cuando alcanza una temperatura de 1.050°C, mantenida 20 minutos. Esta presión se trasmite sobre un pistón y a su vez, gracias al vástago de óxido de aluminio, se inyecta la pastilla de cerámica, en estado plástico por la temperatura alcanzada, en el interior del cilindro ocupando el espacio virtual dejado por la cera.

Sacamos el cilindro y lo dejamos enfriar a temperatura ambiente, pasando entonces a eliminar el revestimiento cortando de entrada el cilindro con un disco. La pieza de cerámica que extraemos del cilindro de revestimiento se chorrea con perlas de brillo (50-100 micrómetros) a 4 bar de presión y a continuación separamos los jitos de inyección con un disco de diamante. Terminando los discos con fresas

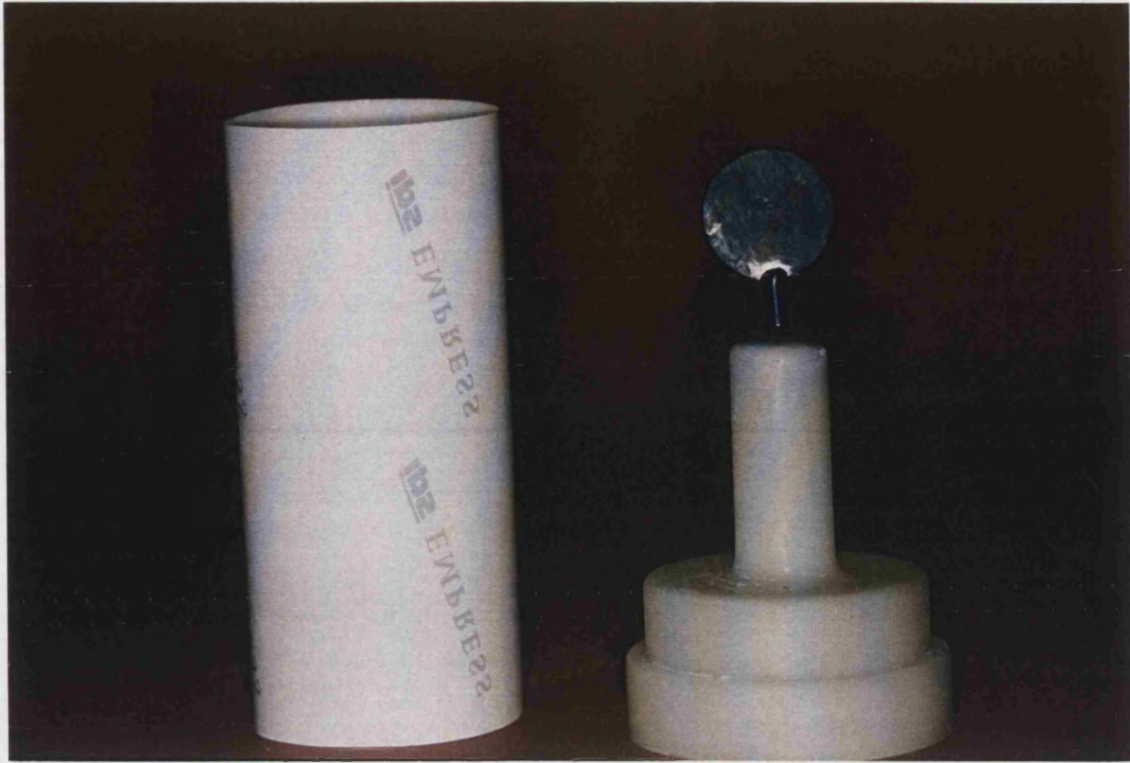


Figura 18. Modelado en cera y puesta en cilindro de revestimiento.

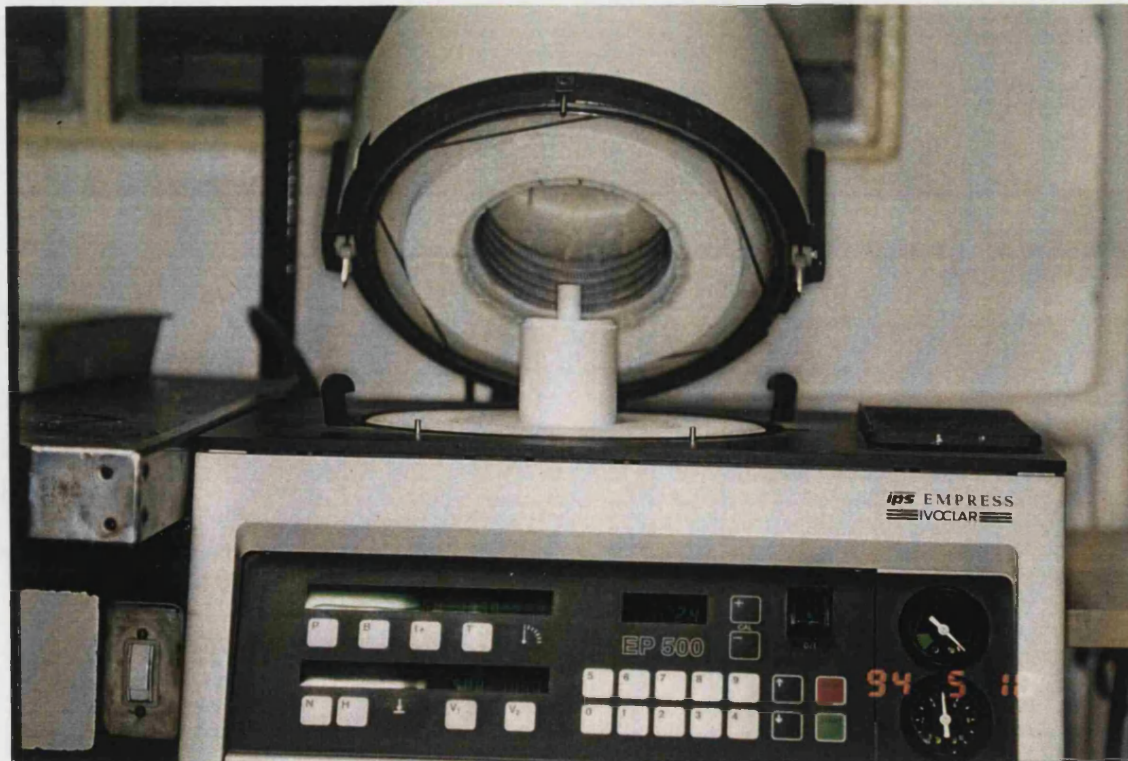


Figura 19. Colocación del cilindro en el interior del horno de inyección por presión.

adecuadas y los limpiamos con un material de chorreado a 1 bar de presión primero y después con agua y acetona o vapor de agua. En este punto modificamos la técnica, pues nos abstuvimos de colocar las capas de porcelana feldespática convencional, puesto que, no deseábamos modelar anatomía alguna, ni obtener características individuales de los discos, y únicamente aplicamos una fina capa de glaseado (figuras 20 y 21) con pasta y líquido de glasear y a su cocción a 890°C de temperatura durante 2 minutos. Ello sólo lo realizamos por uno de los dos lados del disco, puesto que el otro va a ser tratado con ácido fluorhídrico.

A continuación, y antes de cementar nuestros discos sobre sus sustratos, (figuras 22 y 23) realizamos diferentes mediciones del color de los sustratos aislados, de los sustratos adosados a los discos de porcelana e interponiendo una interfase de glicerina, como expondremos a continuación más detalladamente.

En la fase de cementado, en primer lugar grabamos la cara interna de todos los discos de porcelana con el ácido fluorhídrico al 5% durante 1 minuto, con el fin de crear microrretenciones que aumenten la fuerza de adhesión de las resinas de unión (figura 24). Lavamos profusamente con agua y secamos con aire libre de agua y aceite. Inmediatamente pasamos a silanizar las superficies grabadas con el agente silano, aplicándolo con un pincel y dejándolo actuar durante un minuto. Seguidamente secamos con aire. Posteriormente con un pincel, colocamos una fina capa de resina líquida de unión, eliminando los excesos con aire.

Finalmente, cementamos los 50 discos de 0.3-0.4 mm sobre sus correspondiente sustratos St1 y los 10 discos de 0.8-1 mm sobre los sustratos St5 con el cemento a base de composite (figura 25). Utilizamos exclusivamente la pasta base fotopolimerizable dado el escaso grosor de los discos, excluyendo el catalizador que



Figura 20. Discos de cerámica tras la fase de inyección y eliminación de revestimiento.

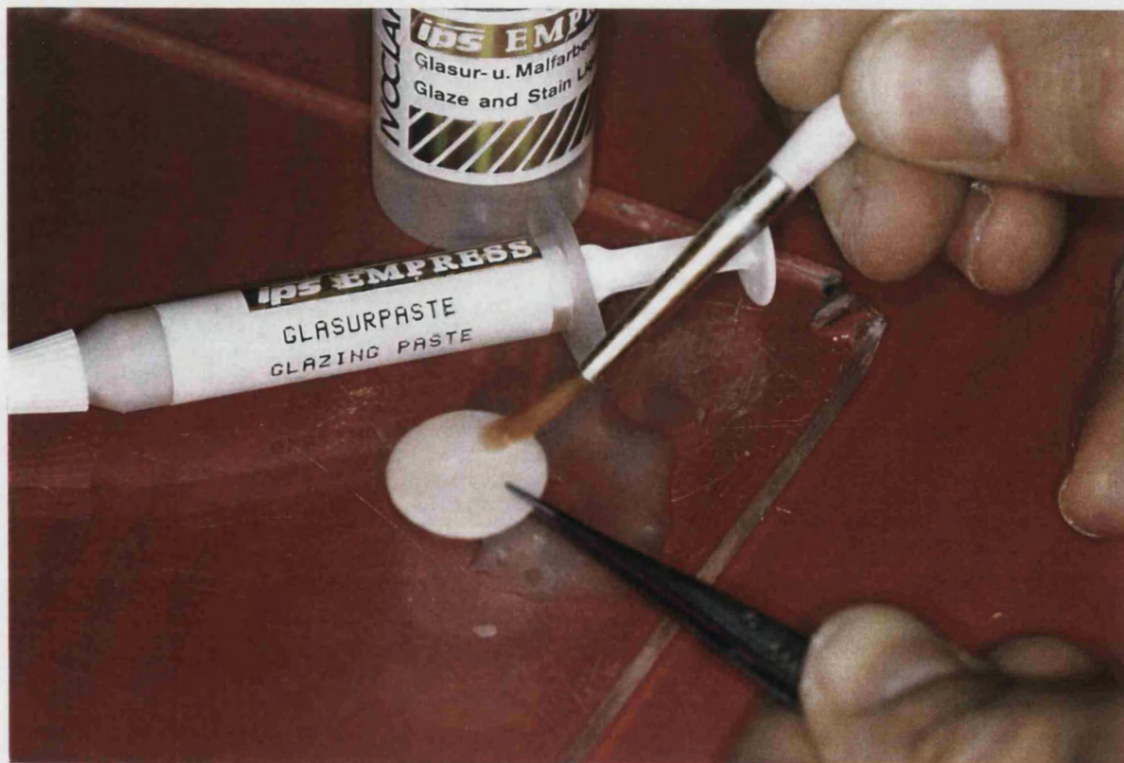


Figura 21. Terminación de los discos de porcelana con la aplicación de una fina capa de gaseado.

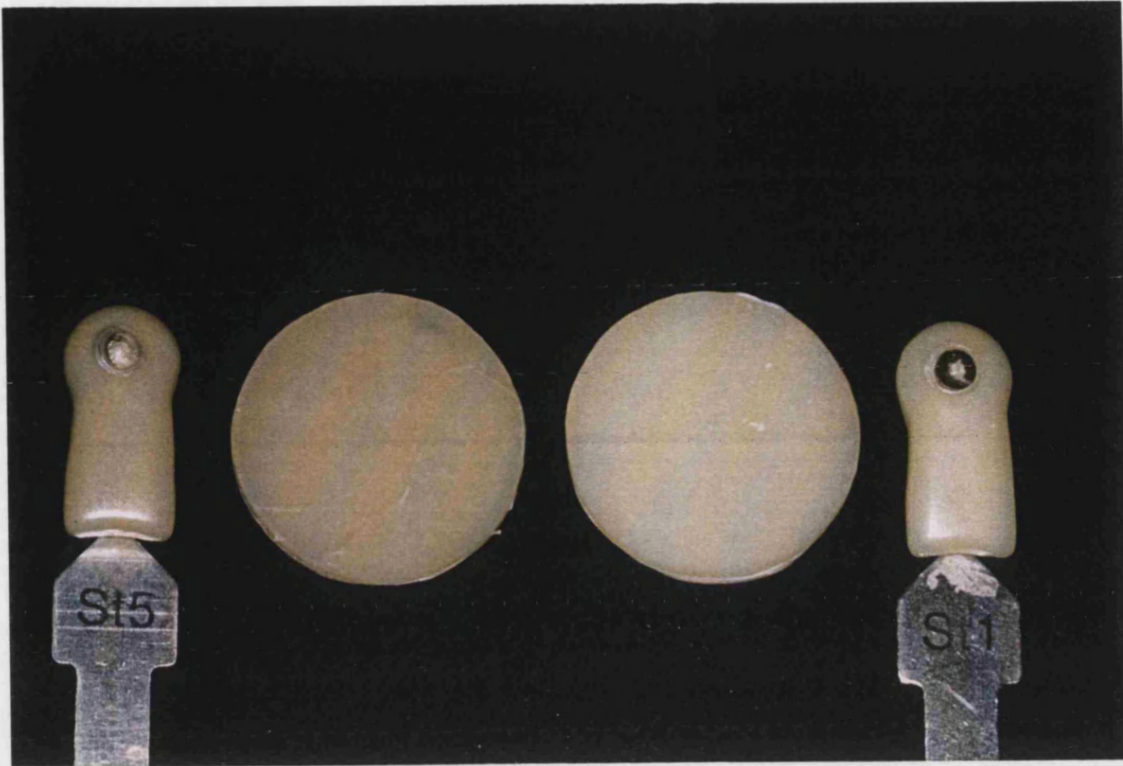


Figura 22. Detalle de los dos sustratos (St1 y St5) con sus correspondientes muestra de la guía de muñones.

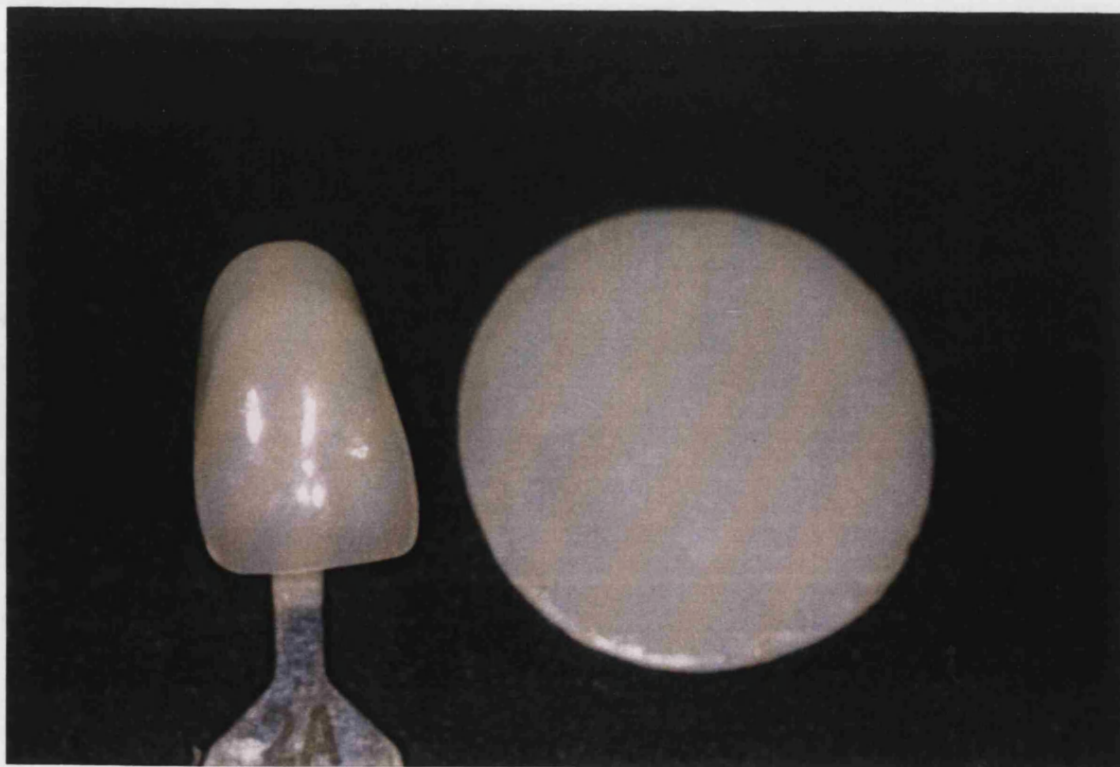


Figura 23. Detalle del disco de porcelana 2A y su muestra correspondiente de la guía de cerámica.

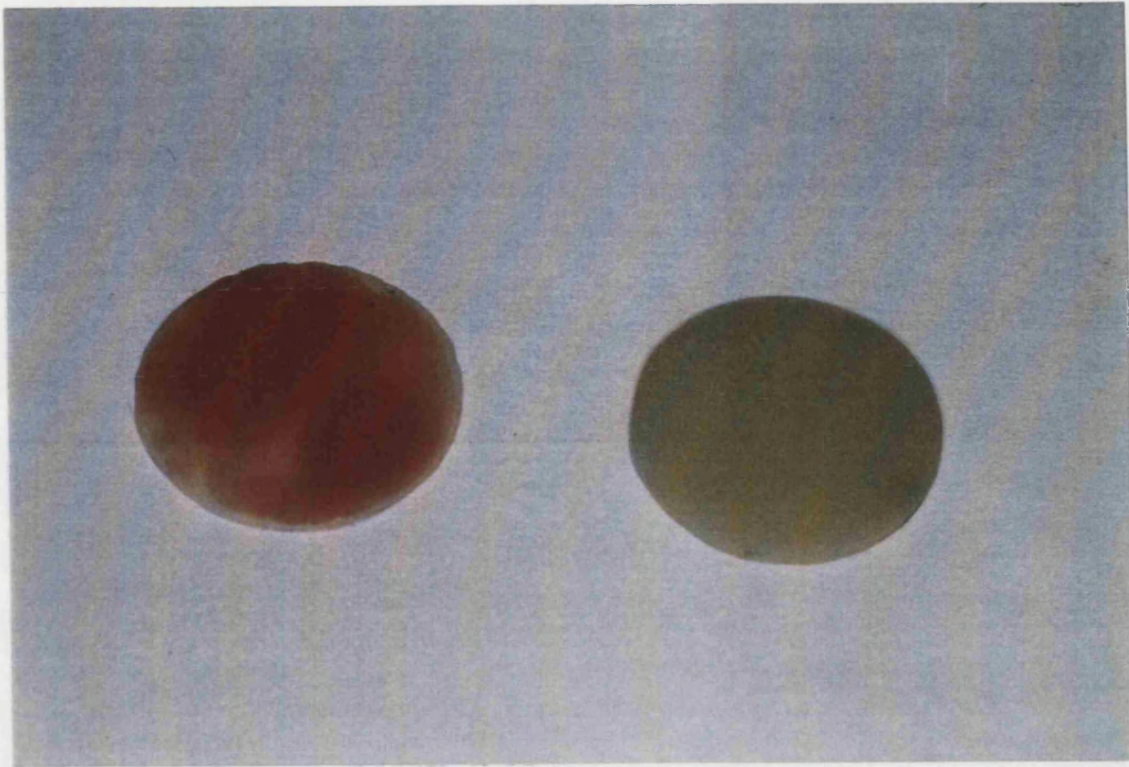


Figura 24. Izquierda: disco de porcelana tras el grabado ácido con el gel de ácido fluorhídrico.
Derecha: sustrato de resina.

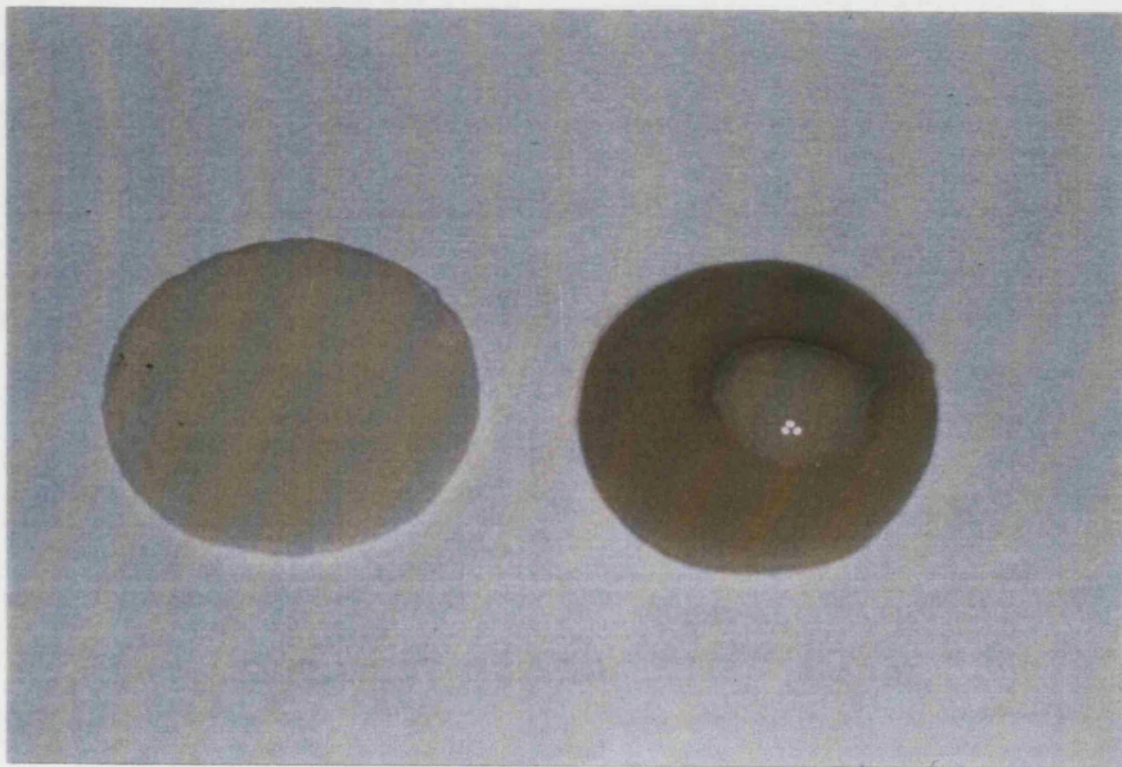


Figura 25. Izquierda: disco de porcelana tras el grabado ácido.
Derecha: sustrato con cemento de resina compuesta antes del cementado.

se reservará para aquellos casos donde el espesor de la restauración haga dudar del alcance de la luz halógena. Reproducimos de esta manera la técnica de cementado de los frentes laminados sobre diente natural. La mitad de ellos fueron cementados con la pasta base de color blanco /100 y la otra mitad con la pasta de color marrón /300, para poder apreciar la posible influencia que pudiesen tener las diferentes coloraciones de los cementos sobre el color final de la restauración.

El cementado lo realizamos interponiendo una cantidad de cemento entre el sustrato y el disco, ya preparado, e inmediatamente aplicamos un peso constante de un kg / cm². En esta situación fraguamos con una lámpara de luz halógena (Vivalux II®) durante un tiempo constante de 1 minuto. Tras retirar el peso completamos la polimerización durante 1 minuto más de tiempo (figuras 26 y 27).

A las 24-48 horas tras el cementado, medimos el color de los 60 discos de porcelana-sustrato. Posteriormente introducimos todos los especímenes convenientemente numerados en suero fisiológico¹⁹⁸ en el interior de una estufa que mantiene una temperatura constante de 36-37 °C imitando la temperatura bucal, y de esta manera reproducir, en lo posible, las condiciones fisiológicas de la cavidad oral. Mantuvimos los especímenes durante un mes de tiempo, pasando, a continuación, a medir de nuevo el color de todos ellos de la forma antes descrita.

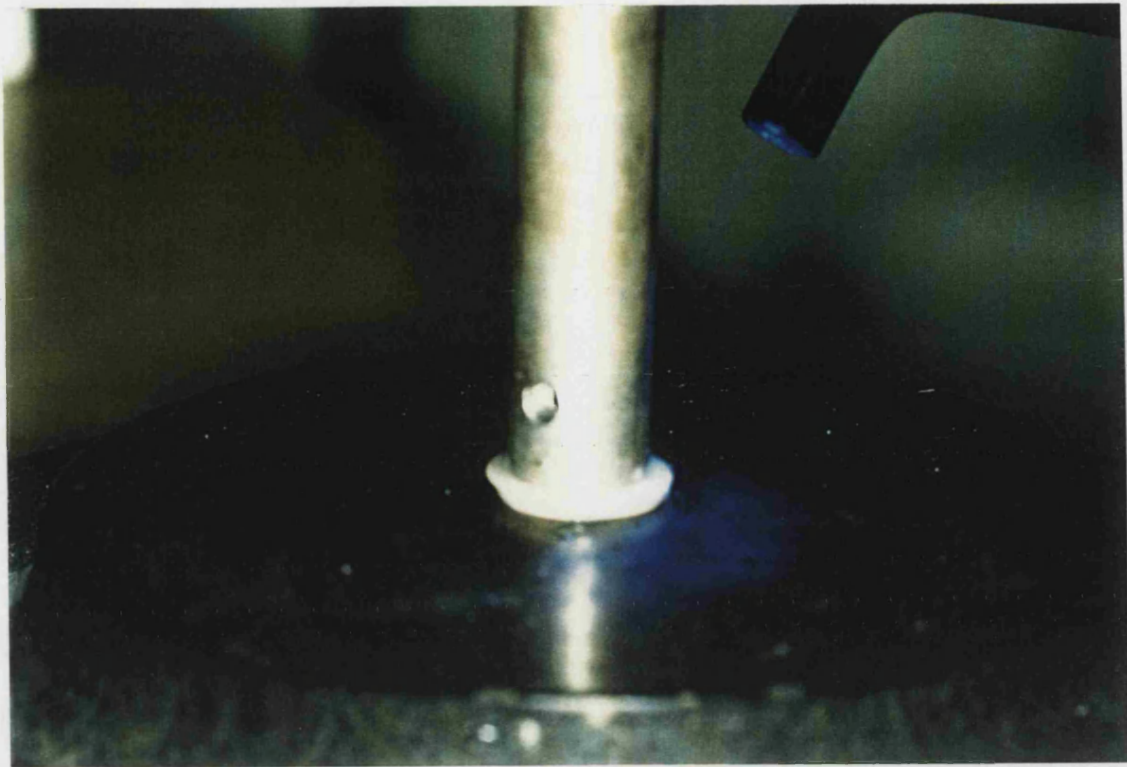


Figura 26. Fase de cementado de los sustratos sobre sus correspondientes discos de porcelana, aplicando una presión constante.

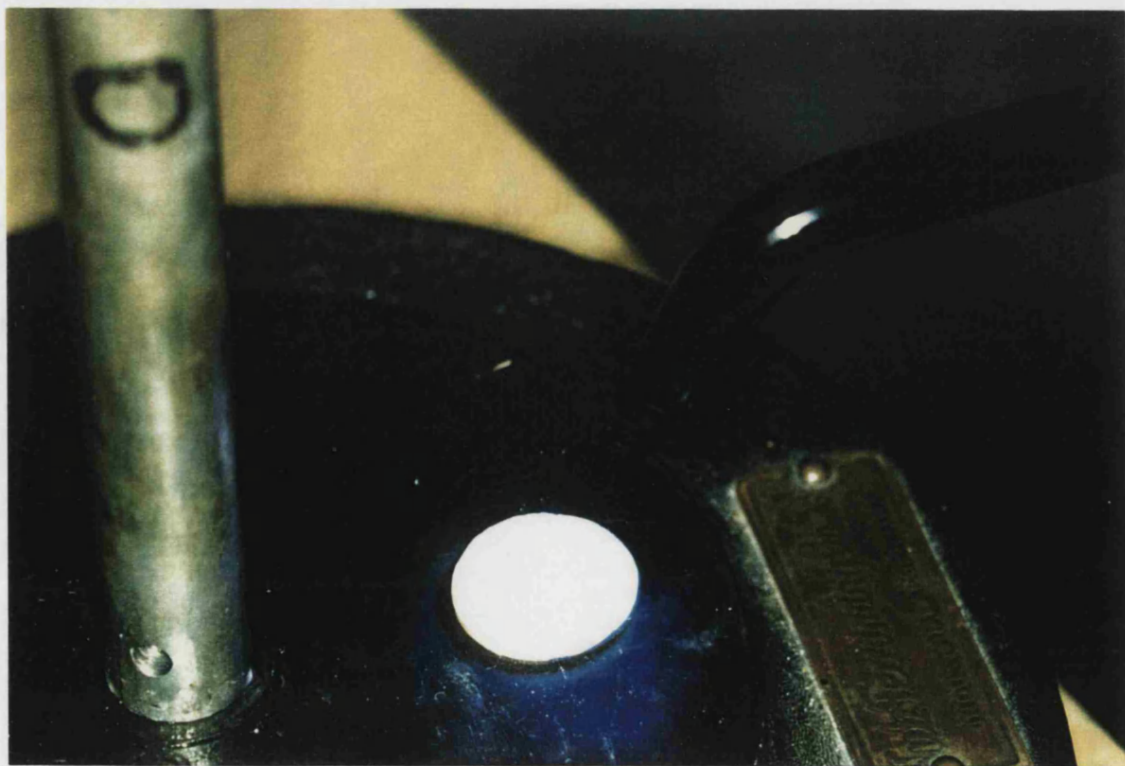


Figura 27. Fotopolimerización complementaria adicional del conjunto sustrato-disco de porcelana.

ANÁLISIS DEL COLOR: ESPECTROFOTOMETRÍA.

Para la realización de las mediciones del color de los discos, aislados o cementados, a lo largo de las diferentes fases de confección de nuestro modelo experimental, utilizamos un espectrofotómetro: *Macbeth 1500/PLUS Quick Key Color Measurement System* (figuras 28 y 29). Dicho sistema informático utiliza como *software* el llamado *Quick-Key*, que permite al operador elegir parámetros individuales de medida como son el tipo de observador estándar, nosotros elegimos el observador de la CIE 2º, que es el recomendable para medir muestras de pequeño tamaño, así como el tipo de iluminante que deseamos utilizar en nuestro trabajo en particular.

El sistema informático utilizado tiene la capacidad de almacenar los datos obtenidos por el espectrofotómetro de la reflectancia espectral de la muestra a estudiar, el ordenador procesa los datos y calcula los valores triestímulo (X,Y,Z) y a partir de ellos calcula las coordenadas cromáticas L*, a* y b* del sistema CIELAB o las coordenadas Y xy del sistema CIE 1931 o las deseadas, como pueden ser, la de los sistemas LCH y FMC-II utilizando las ecuaciones oportunas para cada sistema. A su vez, tiene capacidad para imprimir los datos obtenidos de las mediciones y las curvas espectrofotométricas medidas.

Como ya desarrollamos en la introducción, antes de proceder a realizar las mediciones, hemos de calibrar el sistema con un color blanco llamado patrón, confeccionado con sulfato de bario e incorporado por el fabricante, nosotros hemos utilizado el blanco *Macbeth* además con respecto a él, se determina el factor de

reflectancia de la muestra para cada una de las 20 longitudes de onda en las que se ha dividido el espectro visible, que como sabemos comprende las longitudes de onda de 360 a 740 nm, de este modo podemos obtener la curva que representa los factores de reflectancia espectral de la muestra con respecto al blanco patrón.

La sistemática utilizada para las realizar las mediciones con el espectrofotómetro la describo a continuación: una vez conectado el aparato , colocamos el blanco patrón en la ventana del mismo, en el ordenador marcamos la tecla *Help* y seguidamente *Alt + F₂* para la calibración del aparato con el blanco. Una vez realizada, pasamos a retirar el blanco y a colocar el espécimen de estudio en la ventana, en el ordenador volvemos a pulsar la tecla *Help* y la *F₁*, escribimos el nombre o referencia de la muestra y pulsamos *Enter* , si queremos ver la gráfica en la pantalla pulsamos dos veces *Help* y la barra espaciadora para ver los datos..

A continuación pulsamos la tecla *Esc*, vuelve a medir, otra vez *Help* , *Enter* y para imprimir los datos o las gráficas tecleamos *Pr + Sc*.

De esta manera obtenemos una hoja impresa con los datos de la medición y la gráfica de la curva espectral, la superior corresponde al blanco patrón, y la inferior a la muestra, objeto de estudio. En la parte inferior de la hoja, vemos en primer lugar los nombres del patrón y de la muestra, el iluminante escogido A y los 2 grados que identifican el observador estándar utilizado, bajo nos aparecen los valores de las coordenadas cromáticas L^* , a^* y b^* del patrón y los de la muestra, más abajo de ellos, nos encontramos los valores de la diferencia de L^* (DL^*), diferencia de a^* (Da^*), diferencia de b^* (Db^*), la diferencia cromática (DC) y diferencia de color (DE) existente entre el blanco utilizado como patrón y la muestra. Las diferencias de color de la muestra, con respecto de las guías comerciales 2A, St1 y St5 las

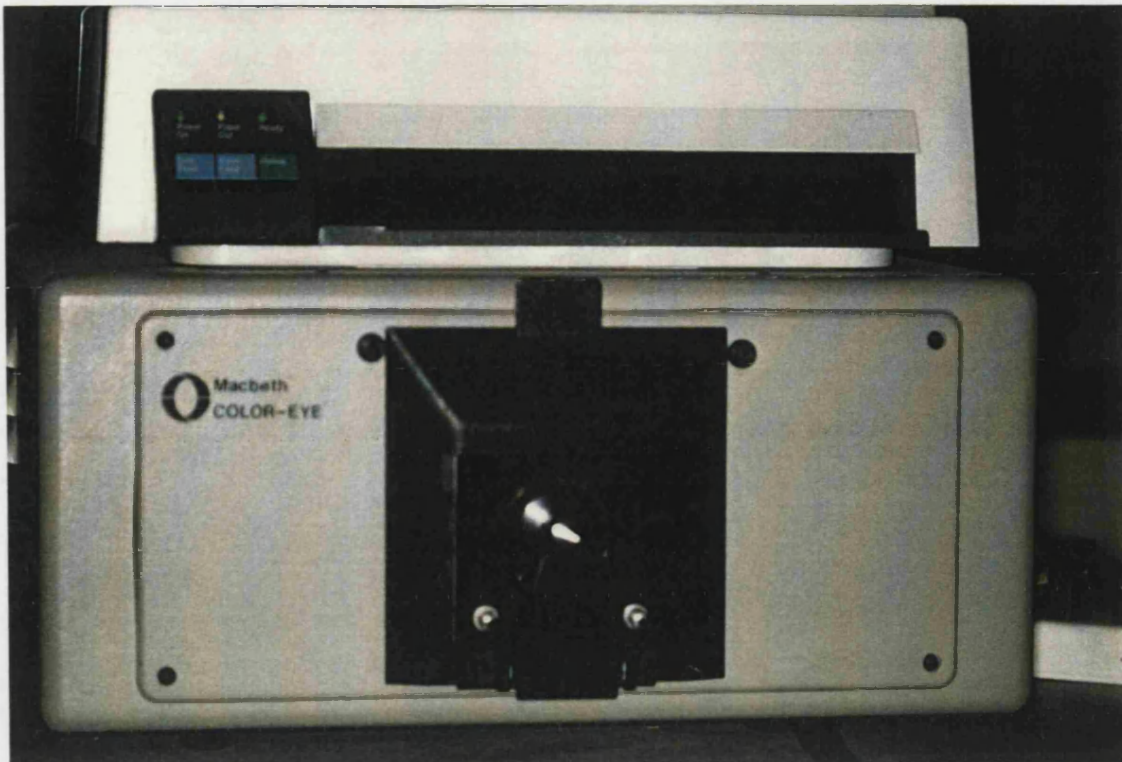


Figura 28. Espectrofotómetro Macbeth 1500/ Plus.

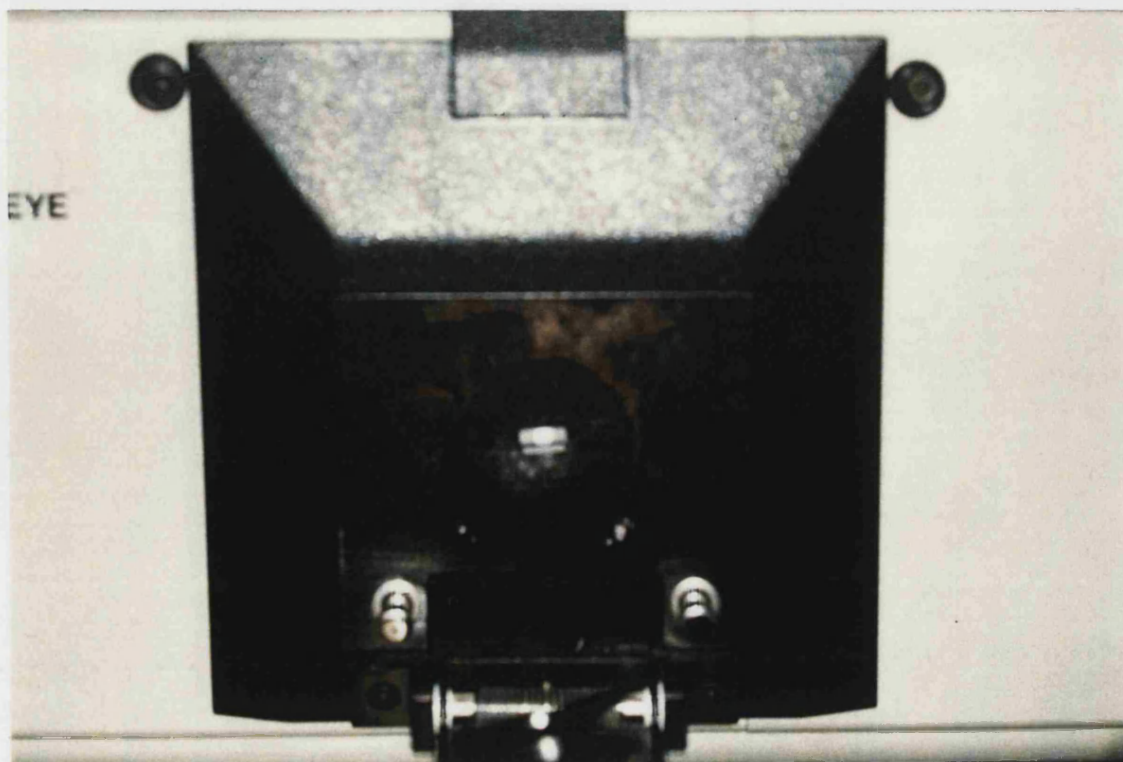
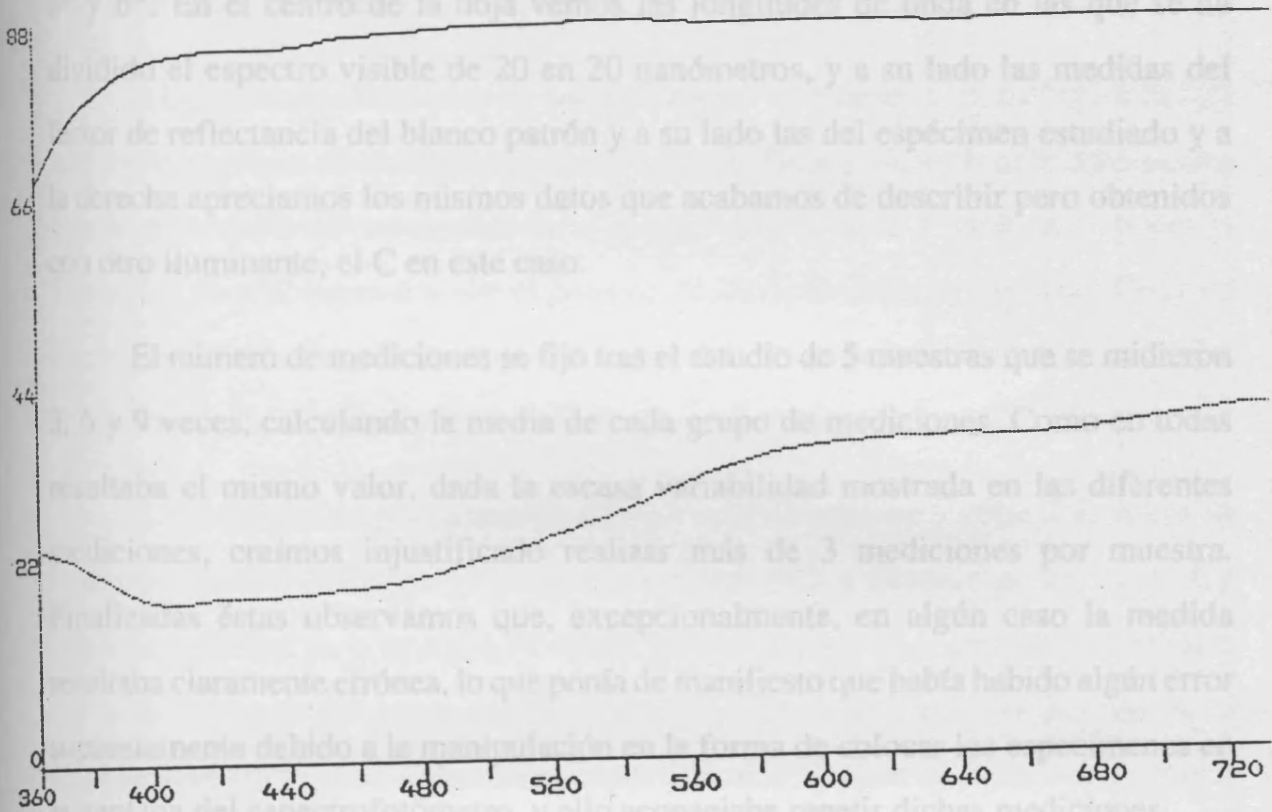


Figura 29. Detalle de la ventana del espectrofotómetro, en la cual colocábamos los especímenes para realizar las mediciones de color.

01/01/1980

PATRONES: blanco MUESTRAS: guia-d4-4



PATRONES

MUESTRAS

Patron: blanco

Muestra: cn2

Iluminante D 2 grados			Iluminante C 2 grados		
Patron	Muestra		Patron	Muestra	
L*	94.55	83.00	L*	94.55	83.02
a*	-0.54	-1.34	a*	-0.57	-2.19
b*	0.89	23.40	b*	0.91	23.66
DL*	-11.55 *		DL*	-11.53 *	
Da*	-0.80 *		Da*	-1.62 *	
Db*	22.51 *		Db*	22.75 *	
DC*	22.52		DC*	22.81	
DE*	25.31		DE*	25.56	
CONFIGURACION					
DREOS					

calcularemos posteriormente, utilizando de esta tabla únicamente los valores de L^* , a^* y b^* . En el centro de la hoja vemos las longitudes de onda en las que se ha dividido el espectro visible de 20 en 20 nanómetros, y a su lado las medidas del factor de reflectancia del blanco patrón y a su lado las del espécimen estudiado y a la derecha apreciamos los mismos datos que acabamos de describir pero obtenidos con otro iluminante, el C en este caso.

El número de mediciones se fijó tras el estudio de 5 muestras que se midieron 3, 6 y 9 veces, calculando la media de cada grupo de mediciones. Como en todas resultaba el mismo valor, dada la escasa variabilidad mostrada en las diferentes mediciones, creímos injustificado realizar más de 3 mediciones por muestra. Finalizadas éstas observamos que, excepcionalmente, en algún caso la medida resultaba claramente errónea, lo que ponía de manifiesto que había habido algún error supuestamente debido a la manipulación en la forma de colocar los especímenes en la ventana del espectrofotómetro, y ello aconsejaba repetir dichas mediciones.

Por tanto realizamos de forma sistemática tres mediciones por espécimen retirando y colocando la muestra en la ventana del aparato en cada medición. Se utilizaron dos tipos de iluminante para cada medición, el iluminante D65 o luz natural y el iluminante A o luz incandescente, puesto que son los más habituales en los gabinetes dentales donde se realizan las tomas de color de los dientes de los pacientes y de las restauraciones de porcelana. Realizando con esta sistemática las diferentes mediciones del color:

1. Las muestras de las guías comerciales, puesto que el trabajo esta realizado bajo los supuestos, que nuestros sustratos son de los colores St1 y St5 de la guía de muñones, y los discos de porcelana son de color 2A de la guía de porcelana , por

tanto si queremos estudiar la diferencia de color con respecto de ellas, deberemos de conocer primero sus valores espectrofotométricos L^* , a^* y b^* .

2. Los sustratos aislados de color St1 y los comparamos con el color St1 de la guía de muñones de la casa comercial Ivoclar®. De los 50, repetimos ocho puesto que la diferencia de color respecto a la guía era excesiva y hacía presuponer la existencia de problemas durante el proceso de manipulación del material. De igual forma, medimos los 10 sustratos de color St5 y los comparamos con su color correspondiente de la guía de muñones.

3. Los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de espesor y color 2A, sobre un único sustrato St1 y otro, del grupo de los oscuros o St5, y de esta manera comprobar la homogeneidad de la muestra de discos de porcelana y por tanto que no influían como factor individual que pudiesen afectar a las mediciones realizadas en el estudio. Debido a que el espectrofotómetro utilizado no tiene la capacidad de medir muestras transparentes, como es el caso de la porcelana dental, las mediciones hubo que realizarlas sobre un sustrato de resina, eligiéndose, al azar, el nº 21. De igual manera hicimos con el sustrato nº 1 del grupo de St5. Posteriormente asignamos de forma aleatoria a cada disco de cerámica de 0.3-0.4 mm de grosor y color 2A, un sustrato de resina St1 y los numeramos, pasando a medir el color de cada disco sobre su correspondiente sustrato sin cementar y sin ninguna interfase entre ellos mas que el espacio virtual ocupado por aire. El método de medición es el antes referido, colocando el conjunto sustrato disco en la ventana del espectrofotómetro y realizando tres mediciones por espécimen. También medimos el color de:

4. Los discos de 0.8-1 mm de espesor y color 2A sobre sus correspondientes sustratos de color St5. Todos los resultados obtenidos de las mediciones de los

diferentes grosores de los discos de porcelana los comparamos con el color 2A previamente medido de la guía de porcelanas Chromascop®.

Así mismo, y antes de cementar nuestros discos sobre sus sustratos asignados, realizamos diferentes mediciones del color interponiendo una glicerina bidestilada Cuve® completamente transparente entre el sustrato de resina y los discos. Comparamos los resultados obtenidos con el 2A de la guía y entre ellos, sin y con interposición de la sustancia transparente referida para ver la influencia que pudiera tener la existencia o no de un espacio virtual de aire entre ambos discos.

Como ya hemos referido, tras el cementado con los dos diferentes tipos de color de cemento, claro y oscuro, realizamos nuevas mediciones de los conjuntos sustratos-discos de porcelana para analizar las diferencias de color que pudieran haberse producido. Tras un período de tiempo de un mes, en condiciones fisiológicas, realizamos nuevas mediciones control para valorar la influencia del envejecimiento del cemento sobre el color final de la restauración.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Una vez desarrolladas las pertinentes mediciones nos encontramos en disposición de analizar estadísticamente los resultados obtenidos, introduciendo los valores L^* , a^* y b^* resultantes de las diferentes mediciones de cada espécimen en hojas de cálculo Quattro Pro de Corel®.

Para realizar la estadística descriptiva configuramos una hoja de cálculo Quattro Pro que recogiera las máximas las características del trabajo como son: el número de muestras o datos situado en la casilla 1-A, el tipo de iluminante en 5-A, tipo de sustrato (dentina) en 5-B, color del disco de cerámica (carilla) en 5-C, espesor del mismo en 5-D, cemento situado en 5-E, la referencia cromática para el cálculo de DE con L^* a^* b^* en las casillas 1-G, 1-H, 1-I respectivamente, para anotar los valores de la guía correspondiente, los valores de L^* de las muestras los anotamos en las casillas a partir de 10-A hasta F, los de a^* los situamos a partir de 10-J hasta O y los de b^* desde 10-S hasta X, e introdujimos las fórmulas matemáticas para obtener de las diferentes medidas de cada muestra, el valor medio o la media, la desviación estándar, la varianza, la diferencia de color y la cromática, ambas, con respecto a los valores L^* , a^* y b^* de la guía, al mismo tiempo obtenemos los mismos parámetros para el conjunto de todos datos, situando la Media general de L^* en 5-J, la de a^* en 6-J y la de b^* en 6-J la desviación estándar general(STD) de L^* en 5-K, la de a^* en 6-K y la de b^* en 7-K, la varianza general (VAR) de L^* en 5-L, la de a^* en 6-L y la de b^* en 7-L, la diferencia de color(DE) en 1-AB con su STD en 3-AB y la cromática (DE ab) en 1-AC con su STD en 3-AC.

Definimos la diferencia de color como el número de colores intermedios sensorialmente distinguibles. Su valor se calcula mediante la fórmula:

$$\Delta E = \sqrt{(L1 - L2)^2 + (a1 - a2)^2 + (b1 - b2)^2}$$

Anotaremos en L*1, a*1 y b*1 los valores de la guía, y en L*2, a*2 y b*2 los valores de la muestra, y la diferencia cromática o de croma, se calcula mediante la misma fórmula pero sin L*, es decir eliminando la luminancia, valorando únicamente a* y b*.

Consideraremos para el presente estudio que una diferencia de color superior a 2 será apreciable por el ojo humano, para la mayoría de la población, que no padezca ninguna alteración en la visión de los colores .

El estudio estadístico analítico se desarrollo con el programa SPSS v6.0 para Windows®, antes de iniciar el estudio se contrastó si las variables consideradas siguen una distribución como variables Normales a partir del estadístico de Kolmogorov-Smirnov, aceptándose la hipótesis de normalidad, pasamos a realizar las siguientes pruebas estadísticas:

El Análisis de la Varianza (ANOVA) es una técnica estadística cuyo objetivo es determinar si existen diferencias significativas en las medias de una variable bajo los diferentes niveles de un factor o de varios factores. La variable dependiente a estudio debe ser continua, mientras que las variables independientes pueden ser de tipo categórico (factores) o continuo (covariables).

El ANOVA de Medidas Repetidas o Intrasujetos es un caso particular en el

que cada sujeto o unidad de la muestra se mide bajo diferentes condiciones experimentales, es decir, para un mismo sujeto se repite una medida bajo distintas situaciones. En nuestro caso el sujeto es cada sustrato, y para cada uno de ellos se miden los índices colorimétricos, L, a, b, bajo distintas circunstancias: sin carilla, con carilla, con carilla cementada, etc. Las ventajas de este tipo de diseño se centran en el control que se tiene sobre las diferencias individuales, permitiendo evaluar el efecto progresivo de cambio (positivo o negativo) de los sujetos. Asimismo, exigen un tamaño muestral más pequeño, reduciéndose el coste de recursos materiales y humanos. Por contra, se desestima la aplicación de ANOVAS de Medidas Repetidas, cuando los niveles del factor pueden provocar efectos duraderos en el individuo o en el caso de que las medidas se tomen con un margen de tiempo elevado, favoreciéndose así la influencia de otros factores incontrolables.

El ANOVA lo hemos utilizado en los casos en que la muestra alcanzaba las 50 unidades experimentales, cuyos estadísticos asociados son la t de Student o la F de Snedecor.

Cuando el tamaño muestral era pequeño, no superando las 10 unidades experimentales se ha procedido a estimar la U de Mann-Whitney, correspondiente a un test no paramétrico, que tiene una mayor potencia en muestras reducidas por no depender su distribución de que los datos verifiquen ninguna hipótesis estadística.

Consideraremos para el presente estudio que existen diferencias estadísticamente significativas cuando los resultados de p-valor sean menores de 0.05, lo que significa que, en estos casos, tendremos un 95% de probabilidades de que se confirme la hipótesis realizada.

4. RESULTADOS

GUÍAS DE COLORES

SUSTRATOS

DISCOS DE PORCELANA

PRUEBAS ADICIONALES

TABLAS

GRÁFICAS

HOJAS DE PROTOCOLO

RESULTADOS

Mediante el estudio espectrofotométrico de los especímenes elaborados para nuestro trabajo, hemos obtenido los valores de las tres coordenadas cromáticas del sistema CIE-Lab*. Como sabemos, L* representa el valor de la luminosidad o claro-oscuro, a* el gradiente de verde (a* valor negativo) a rojo (a* valor positivo) y b* el gradiente de amarillo (b* valor positivo) a azul (b* valor negativo). Una vez realizadas las mediciones, estamos en disposición de calcular, mediante fórmulas matemáticas, la diferencia de color o ΔE y la diferencia cromática o $\Delta E(ab)$ de cada espécimen en las distintas y supuestas situaciones clínicas, con respecto a la guía de color correspondiente: guía de colores de sustratos o guía de colores de porcelana. Las mediciones se realizaron bajo dos tipos de iluminantes conocidos y estandarizados por la CIE: el D65 o luz natural y el A o luz artificial de una bombilla incandescente. Previamente a la exposición de los resultados presentamos un guión, para entender mejor como agrupamos los especímenes del estudio, para realizar las mediciones de color.

1. Medimos, inicialmente, el color de las muestras de las guías comerciales, que hemos utilizado en nuestro trabajo: sustratos de resina de color St1 y St5 de la guía de muñones, y los discos de cerámica con el color 2A de la guía de porcelana; conociendo los valores espectrofotométricos L*, a*, y b* de dichas muestras, tendremos un punto de comparación para establecer las diferencias de color (ΔE) y cromáticas $\Delta E(ab)$ una vez medidos los diversos supuestos experimentales que planteamos.

2. A continuación medimos los sustratos aislados de color St1 y St5 y los comparamos con el color de la guía de muñones correspondiente.

3. Discos de porcelana de espesor 0.3-0.4 mm y color 2A.

3.1. Para comprobar la homogeneidad en el color de la muestra de discos de porcelana realizamos las mediciones de su color, adosados cada uno sobre un único sustrato St1, el nº 21 y sobre el sustrato nº 1 del grupo de St5. De esta manera intentamos comprobar que no hay dispersión en el color de la muestra y por tanto que no influye como factor individual que pudiesen afectar a las mediciones posteriores realizadas.

3.2. Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm sin cementar.

Asignamos de forma aleatoria a cada disco de cerámica de 0.3-0.4 mm de grosor y color 2A, un sustrato de resina St1 y los numeramos, pasando a medir el color de cada disco sobre su correspondiente sustrato sin cementar y sin ninguna interfase entre ellos más que el espacio virtual ocupado por aire.

3.3. Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm cementados con dos tipos de composite. Los 25 primeros con un cemento blanco y los 25 últimos con un cemento marrón. Realizando una primera medición del color recién cementados y otra al mes del cementado.

4. Discos de porcelana de espesor 0.8-1 mm y color 2A.

4.1. Sustratos St5 u oscuros aislados.

4.2. Sustratos St5 con discos de porcelana 8.0-1 mm sin cementar.

Asignamos de forma aleatoria a cada disco de cerámica de 0.8-1 mm de grosor y

color 2A, un sustrato de resina St5 y los numeramos, pasando a medir el color de cada disco sobre su correspondiente sustrato sin cementar y sin ninguna interfase entre ellos más que el espacio virtual ocupado por aire.

4.3.Sustratos St5 con discos de porcelana 0.8-1 mm cementados.

Los 5 primeros con un cemento marrón y los 5 últimos con un cemento blanco. Realizando una primera medición del color recién cementados y otra al mes del cementado.

5.Pruebas adicionales practicadas.

5.1.Analizamos si el tipo de sustrato St1(claro) o St5(oscuro) afecta a la colorimetría al adosarlos a los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de color 2A . Es decir, queremos comprobar si un disco de porcelana fino, es capaz de enmascara un sustrato oscuro (St5) de la misma manera que lo hace con uno claro (St1).

5.2.Pruebas con interfase de glicerina transparente con discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de espesor y color 2A .

Pasamos ya, a mostrar los resultados obtenidos de los especímenes de nuestro estudio, agrupados como acabamos de reseñar:

1. GUÍAS DE COLORES.

Seleccionamos el color 2A de la guía comercial de colores para cerámica Chromascop®, y los colores St1 y St5 de la guía de muñones, por las razones ya

mencionadas. Sus mediciones respectivas nos dieron los siguientes valores:

1.1.-Muestra 2A de la guía Chromascop®.

a) Con iluminante D65: apreciamos una $L^* = 69.1 \pm 0.7$, una $a^* = -1.39 \pm 0.52$ y una $b^* = 12.6 \pm 0.9$.

b) Con el iluminante A: $L^* = 69.68 \pm 0.73$, el valor de $a^* = 1.66 \pm 0.35$ y $b^* = 12.57 \pm 0.85$.

Interpretando la L^* como la luminancia, *value* o claro-oscuro, comprobamos que con ambos iluminantes ésta es prácticamente la misma. Sin embargo, apreciamos que el a^* o grado de rojo-verde tiene un valor negativo con el iluminante D65, por tanto vemos que la muestra de la guía 2A es más verde (que rojo); en cambio, con la luz de una bombilla incandescente o iluminante A, la apreciamos más roja (que verde), pues el valor resultante de a^* es positivo.

Los valores de b^* o grados de amarillo-azul son positivos, es decir, amarillentos con ambos iluminantes y prácticamente los mismos. Si estos valores fuesen negativos, predominaría el tono azul.

1.2.-Muestra St1 de la guía de muñones.

a) Con el iluminante D65: el valor de $L^* = 67.07 \pm 1.65$, el de $a^* = -0.61 \pm 0.04$ y $b^* = 20.46 \pm 0.03$.

b) Con el iluminante A: $L^* = 67.99 \pm 0.52$, $a^* = 3.99 \pm 0.11$ y $b^* = 20.66 \pm 0.15$.

Analizando estos resultados observamos que el valor de L^* es inferior con el

iluminante D65, por lo que decimos que la muestra St1 se ve más oscura con la luz natural (D65) que con la incandescente (A). Igualmente, apreciamos que el valor de a^* es negativo con luz natural, es por tanto más verdoso que con la luz incandescente; y con ambas luces, b^* es similar y de valor positivo, por tanto amarillento.

1.3.-Muestra St5 de la guía de muñones.

a) Con el iluminante D65: obtuvimos una $L^* = 58.95 \pm 2$, $a^* = 2.96 \pm 0.04$ y $b^* = 19.22 \pm 0.34$. Reseñar que el valor de a^* es positivo (rojizo), frente al resto de resultados negativos (verdoso) que siempre hemos obtenido con este iluminante.

b) Con el iluminante A: los valores fueron $L^* = 60.29 \pm 2.02$, $a^* = 6.66 \pm 0.07$ y $b^* = 20.43 \pm 0.34$.

El valor de L^* , así como los valores de a^* y b^* observados con el iluminante D65, son menores que con el A. Por tanto, vemos la muestra St5 con la luz natural más oscura, menos rojiza y menos amarillenta, que con la luz de la bombilla incandescente .

2. SUSTRATOS.

2.1.-Sustrato St1 (claro).

Para realizar el estudio estadístico se ha considerado una población de 50 sustratos St1 con características distintas que, por tanto, se convierten en la unidad de análisis. Para cada uno de estos sustratos se ha procedido a realizar una serie de

mediciones que se describen a continuación:

A cada uno de los 50 sustratos objeto de estudio se les ha medido sus coordenadas cromáticas CIELAB, que denominaremos en el estudio (L_s) para los valores de L^* , (a_s) para los valores de a^* y (b_s) para los valores de b^* . Además obtenemos la diferencia de color que existe entre el color de cada sustrato y el color de la muestra de la guía de muñones St1. La diferencia de color o ΔE o distancia estimada, entre los sustratos y su guía correspondiente, es la euclídea y su valor está recogido en la variable (dis_s) o ΔE .

a) Con el iluminante D65: la medición del color de los 50 sustratos de resina St1 nos dan los resultados que observamos en la tabla 1; obtuvimos un valor medio global de $L^* = 65.8 \pm 0.9$, un valor de $a^* = -2.1 \pm 0.4$ y un valor de $b^* = 17.6 \pm 1.1$. La diferencia de color (ΔE) con respecto a la muestra de la guía de muñones St1 es de 3.6 ± 1.0 y la diferencia cromática, es decir, la $\Delta E(ab)$ es de 3.2 ± 1.1 . Dado que los valores de la guía son para $L^* = 67.07$, $a^* = -0.61$ y $b^* = 20.46$, vemos que las muestras son un poco más oscuras que la guía, con una tonalidad amarillenta y que tiende más hacia el verde.

b) Con el iluminante A: (tabla 2) el valor medio global de $L^* = 66.5 \pm 0.9$, el valor de $a^* = 2.0 \pm 0.6$ y el valor de $b^* = 17.3 \pm 1.1$. Los valores de la guía St1 con este iluminante es de $L^* = 67.99$, $a^* = 3.99$ y $b^* = 20.66$ y por tanto la diferencia de color con respecto a ésta es de $\Delta E = 4.2 \pm 1.1$ y la diferencia cromática $\Delta E(ab)$ es de 3.8 ± 1.2 ; ello indica que con este iluminante también observamos que la muestra es más oscura que la guía, el color es un poco menos amarillo y un poco menos rojo que la guía St1, es decir más desaturado en general.

2.2.-Sustrato St5 (oscuro).

Con respecto a las muestras de los sustratos St5 obtuvimos los resultados siguientes:

a) Con el iluminante D65: $L^* = 56.4 \pm 0.7$, $a^* = -0.5 \pm 0.2$, $b^* = 17.3 \pm 0.4$, con una diferencia de color (ΔE) con respecto a la guía de muñones St5 de 4.1 ± 0.3 y una diferencia cromática $\Delta E(ab)$ de 3.2 ± 0.3 ; puesto que los resultados de la muestra de la guía St5 son $L^* = 58.95$, $a^* = 2.96$, $b^* = 19.22$, observamos que los sustratos de resina con la luz natural se ven más oscuros, un poco menos amarillos (puesto que b^* es menor) y un poco menos rojos (dado que a^* es menor) que la guía de muñones St5, por tanto más desaturado. (tabla 3).

b) Con el iluminante A: los resultados globales de nuestros sustratos St5 estudiados son para $L^* = 57.3 \pm 0.7$, $a^* = 4.2 \pm 0.1$ y $b^* = 17.1 \pm 0.4$, presentando un ΔE con respecto a la guía de 5.2 ± 1.5 y una diferencia cromática $\Delta E(ab)$ de 4.2 ± 1.6 . Dado que los valores de la guía St5 observados con la luz de una bombilla incandescente son $L^* = 60.29$; $a^* = 6.66$ y $b^* = 20.43$, nuestro sustrato es más oscuro, menos amarillo y un poco menos rojo que la guía. (tabla 4).

3. DISCOS DE PORCELANA de espesor 0.3-0.4 mm y color 2A sobre SUSTRATOS St1.

3.1.-Homogeneidad de los discos de porcelana 2A.

3.2.-Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm sin cementar.

3.3.-Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm cementados con dos tipos de composites: 1ª y 2ª medición.

3.1.-Homogeneidad de los discos de porcelana 2A. Para comprobar la homogeneidad de la muestra de los 50 discos de porcelana realizamos las mediciones de color, individualmente de todos ellos, adosados sobre un único sustrato St1, el nº 21 y posteriormente sobre el sustrato nº 1 del grupo de St5, calculando la ΔE y la $\Delta E(ab)$ con respecto de la guía de cerámica 2A, en ambos casos, y de esta manera ver si la dispersión de color de la muestra influían como factor individual que pudiesen afectar a las mediciones realizadas.

A. Sobre un único sustrato St1. Realizamos la medición del color de los discos de porcelana de espesor de 0.3 a 0.4 mm de color 2A sobre un mismo sustrato (el nº 21) obteniendo los siguientes valores:

a) Con iluminante D65: $L^* = 71.2 \pm 0.8$, $a^* = 1.49 \pm 0.8$ y $b^* = 12.9 \pm 0.5$. (tabla 5). Existiendo una $\Delta E = 2.2 \pm 0.6$ y una $\Delta E(ab) = 0.6 \pm 0.3$ con respecto a la guía 2A.

b) Con iluminante A: los resultados obtenidos cuando estas mismas mediciones las realizamos con el iluminante A, fueron, valor de $L^* = 71.7 \pm 0.8$, a^*

= 1.8 ± 0.1 y $b^* = 12.9 \pm 0.5$, con una $\Delta E = 2.2 \pm 0.7$ y una $\Delta E(ab) = 0.5 \pm 0.3$. con respecto de la guía 2A. (tabla 6).

Los estudios estadísticos descriptivos considerados son la media aritmética, desviación típica, percentil al 5%, percentil al 95% (ambos identifican el intervalo de confianza al 95% que, bajo la hipótesis de normalidad de las mediciones, debe de incluir a prácticamente la totalidad de la muestra) mínimo, máximo, rango (diferencia entre máximo y mínimo) y número de casos válidos. Observándose que las mediciones para las variables consideradas desviación típica, mínimo, máximo y rango están muy cercanas (desviación estándar baja) no apreciándose diferencias importantes, por lo que aceptamos la homogeneidad de los discos de porcelana.

B) Sobre sustrato St5.

Así mismo, tomamos un mismo sustrato St5, (el nº1) y sobre éste superpusimos todas las carillas de 0.3-0.4 mm y color 2A, midiéndose los valores L^* , a^* y b^* , y calculando la diferencia de color con respecto de la guía 2A de porcelana.

a) Con iluminante D65: la tabla 7 muestra los principales estadísticos asociados a estas variables cuando las mediciones se han realizado con el iluminante D65 de $L^* = 68.3 \pm 1.3$, $a^* = -1.4 \pm 0.3$, $b^* = 10.9 \pm 0.6$ y una diferencia de color $\Delta E = 2.3 \pm 0.6$ con respecto a la muestra 2A de la guía de porcelana, y de una $\Delta E(ab) = 1.8 \pm 0.6$.

b) Con el iluminante A: con la luz de una bombilla incandescente los resultados han sido de $L^* = 68.9 \pm 1.5$, $a^* = 1.4 \pm 0.1$ y $b^* = 10.8 \pm 0.7$; la $\Delta E = 2.4 \pm 0.7$ y la $\Delta E(ab) = 1.8 \pm 0.6$ respecto de la guía 2A (tabla 8).

Se observa que las mediciones para las cuatro variables consideradas (desviación típica, mínimo, máximo y rango) están muy cercanas (desviación estándar baja), no apreciándose diferencias importantes. Por tanto aceptamos la homogeneidad de las carillas o discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de espesor y color 2A y su no incidencia dentro del estudio como factor que pueda afectar las mediciones realizadas, exactamente igual como ocurre cuando estos discos son medidos sobre el sustrato claro o St1.

3.2.-Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm sin cementar.

La medición del color de los 50 sustratos de resina St1 aislados nos dieron los resultados antes referidos en el apartado 2.1. Posteriormente, como ya hemos comentado, asignamos de forma aleatoria a cada disco de cerámica de 0.3-0.4 mm de grosor y color 2A, un sustrato de resina St1 y los numeramos, pasando a medir el color de cada disco sobre su correspondiente sustrato sin cementar y sin ninguna interfase entre ellos más que el espacio virtual ocupado por aire. Realizamos las mediciones del color con el espectrofotómetro obteniendo:

a) Con iluminante D65: una $L^* = 70.5 \pm 1.3$, $a^* = -1.5 \pm 0.4$ y $b^* = 12.9 \pm 1$. Con una diferencia de color con respecto a la guía 2A de cerámica de $\Delta E = 1.8 \pm 1.1$ y una $\Delta E(ab) = 0.8 \pm 0.7$. (tabla 9). Puesto que como sabemos la guía presenta unos valores de L^* o luminancia de 69.1; a^* o gama de rojo-verde de 1.39 y b^* o gama de amarillo-azul de 12.6, la L^* es un poco superior en nuestro conjunto sustrato + disco de porcelana y por tanto un poco más claro que la guía. Los valores de a^* y b^* son similares en ambos casos.

El estudio estadístico que hemos realizado es el ANOVA de medidas

repetidas. Sobre la misma muestra experimental se ha repetido una misma medición, (la distancia o diferencia de color o ΔE entre la colorimetría estimada o color de los especímenes estudiados y el color de la guía), pero bajo situaciones distintas, según los dos tipos de iluminantes utilizados. Los principales resultados del estudio estadístico analítico con el iluminante D65 se muestran a continuación:

La distancia o diferencia de color entre los especímenes estudiados y la de la guía 2A es inferior en el caso de añadir una carilla al sustrato, si lo comparamos con la diferencia de color observada para el sustrato aislado con su correspondiente guía de muñones St1. Se han encontrado pues, diferencias significativas con un p-valor de 0.000 y por tanto < 0.05 . Las medias de ΔE son de 1.82 para el disco de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A y de 3.59 para el sustrato St1 respectivamente. Por tanto, la aplicación de una carilla sobre el sustrato parece modificar las mediciones de color de éste, acercándolas a la del patrón o guía 2A. El elevado valor de la distancia o diferencia de color ΔE , aplicando también el análisis de la varianza en el caso del sustrato sólo, se debe a la discrepancia que existe entre los valores de a^* y b^* de la muestra respecto del patrón o guía de muñones St1 (tabla 1).

Además, la distancia o diferencia de color que hay entre la guía 2A y los discos de porcelana adosados a los sustratos sin cementar, es significativamente distinta de cero, ya que el p-valor es < 0.001 y es estadísticamente diferente a la muestra 2A de la guía de porcelana.

b) Con el iluminante A: los resultados vemos que son $L^* = 70.9 \pm 1$, $a^* = 1.7 \pm 0.3$ y $b^* = 12.8 \pm 1.1$ y una diferencia de color con respecto a los valores de la guía de cerámica 2A medida así mismo con este iluminante, $\Delta E = 1.7 \pm 1$ y $\Delta E(ab)$

= 0.8 ± 0.9 .(tabla 10). Y puesto que los valores de la guía son $L^* = 69.68$, $a^* = 1.66$ y $b^* = 12.57$ observamos que nuestro conjunto sustrato más cerámica es más claro también que la guía 2A, como ocurre con la luz natural, y las tonalidades representadas por a^* y b^* son prácticamente iguales que la muestra de la guía. Los valores en este caso son prácticamente iguales con ambos iluminantes.

Los principales resultados del análisis estadístico con el iluminante A se muestran a continuación:

La distancia o diferencia de color entre la colorimetría estimada (o especímenes estudiados) y el color 2A de la guía, es inferior en el caso de añadir una carilla al sustrato si la comparamos con la diferencia de color observada para el sustrato sólo con respecto a la guía St1 con un p-valor = 0.000. Las medias de las diferencias de color son de $\Delta E = 1.73$ para los discos de porcelana adosados a los sustratos y $\Delta E = 4.24$ para los sustratos aislados respectivamente.

El elevado valor de la distancia en el caso de sustrato sólo se debe a la discrepancia que existe entre los valores de L^* , a^* y b^* en la muestra respecto de la guía, aplicando también el análisis de la varianza o ANOVA y destacando especialmente los cambios en a^* y b^* que son porcentualmente superior al de L^* . (tabla 2).

También la distancia o diferencia de color que hay entre la guía 2A y los discos de porcelana adosados a los sustratos, es significativamente distinta de cero, y el p-valor es < 0.001 y por tanto con una diferencia estadísticamente significativa entre ambos con el iluminante A, como también apreciamos con el D65.

3.3.-Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm cementados con dos tipos de composites: 1ª medición.

Los 25 primeros sustratos de resina y discos de porcelana los cementamos con un cemento de composite de color blanco y los 25 últimos con el cemento de composite marrón. Realizando una primera medición del color recién cementados.

A. Cemento de composite blanco.

a) Con iluminante D65: los resultados aparecidos tras el cementado de los 25 primeros sustratos (tabla 11) con su correspondiente disco de porcelana, con un cemento de composite de color blanco, han sido de $L^* = 68.3 \pm 2.1$, $a^* = -1.5 \pm 0.3$ y $b^* = 12.7 \pm 0.9$ y una diferencia de color con respecto a la muestra 2A de la guía de cerámica de $\Delta E = 2.3 \pm 0.8$ y una diferencia cromática de $\Delta E(ab) = 0.8 \pm 0.4$. Puesto que como ya sabemos los valores de la guía son $L^* = 69.1$, $a^* = -1.39$ y $b^* = 12.6$, observamos que el conjunto sustrato St1 + cemento blanco + carilla de 0.3-0.4 mm es un poco más oscuro dado que la luminosidad es menor que la de la muestra de la guía y que del sustrato adosado a la carilla, antes de cementarlos. Sin embargo, los valores de a^* y b^* en los tres casos son similares.

B) Con el iluminante A: (tabla 12) los valores obtenidos fueron $L^* = 69 \pm 2$, $a^* = 1.6 \pm 0.4$ y $b^* = 12.6 \pm 0.9$, con una diferencia de color con respecto de la guía de porcelana 2A de $\Delta E = 2.3 \pm 0.8$ y una $\Delta E(ab) = 0.9 \pm 0.5$. Dado que los valores de la guía son $L^* = 69.68$; $a^* = 1.66$ y $b^* = 12.57$, L^* ha decrecido discretamente, por lo que, tras el cementado, se ha vuelto un poco más oscuro y los valores de a^* y b^* son prácticamente los mismos.

B. Cemento de composite marrón.

A) Con iluminante D65: analizando los resultados de los 25 últimos conjuntos sustrato + disco de cerámica cementados con el composite oscuro, con la luz D65 o natural (tabla 11) observamos que $L^* = 66.2 \pm 1.3$, $a^* = -0.9 \pm 0.2$ y $b^* = 13.6 \pm 1.2$; con una diferencia de color con respecto a la guía de porcelana 2A de $\Delta E = 3.3 \pm 1.3$ y una diferencia cromática de $\Delta E(ab) = 1.4 \pm 0.9$. Como ya sabemos los valores de la guía son $L^* = 69.1$, $a^* = -1.39$ y $b^* = 12.6$; por tanto, se ha producido un decremento de L^* y un incremento de a^* y b^* , el disco de cerámica cementado con el composite marrón a su correspondiente sustrato, es más oscuro y se ha saturado un poco más en general en valores absolutos, adquiriendo una tonalidad más amarillenta y un poco más rojiza o menos verdosa, que el color 2A de la guía. Y comparando los resultados antes de cementar, observamos que éstos son muy parecidos a lo que ocurre con la guía.

El estudio estadístico analítico nos muestra que el valor de la diferencia de color ΔE entre los discos adosados a los sustratos con respecto a la guía 2A (dis_sc) y el valor de la diferencia de color de estos mismos discos de porcelana cementados sobre los sustratos con respecto a la misma guía 2A (dis_scm) discrepan significativamente puesto que obtenemos una p-valor = 0.000, que es < 0.05 , y además esta discrepancia depende del tipo de cemento. Es decir, la presencia en general de un cemento modifica los valores colorimétricos y esta modificación es distinta para cada tipo de cemento. Para el cemento blanco el contraste de igualdad entre dis_sc y dis_scm se acepta con un p-valor de 0.057, por tanto no existe diferencia estadísticamente significativa, aunque debemos reseñar que el valor de igualdad está en el límite de 0.05, mientras que para el cemento oscuro la hipótesis

de igualdad se rechaza con un p-valor de 0.001 que si es < 0.05 . Por tanto es el cemento oscuro el que en mayor medida modifica los valores colorimétricos y esta modificación se debe fundamentalmente a la discrepancia del índice a^* entre los discos cementados con los dos tipos de composite.

La gráfica 2 recoge estos resultados, anotando en el eje de abscisas la media de la diferencia de color o ΔE de los sustratos con respecto a la guía St1 (dis_s) y en el eje de ordenadas situando las medias de las ΔE de los sustratos con sus discos de porcelana correspondientes, con respecto de la guía 2A y en sus diferentes situaciones, adosados (dis_sc), recién cementados (dis_scm) y transcurrido un mes desde el cementado (dis_cm2), (resultados que describiremos posteriormente). En la gráfica se observa el decremento de la distancia o ΔE media cuando añadimos al sustrato una carilla (dis_sc); así como el incremento, cuando la carilla es cementada al sustrato (dis_scm), y la variación de esta diferencia según el tipo de cemento blanco o marrón.

b) Con el iluminante A: (tabla 12) los valores que apreciamos fueron $L^* = 66.9 \pm 1.2$, $a^* = 2.3 \pm 0.3$ y $b^* = 13.5 \pm 1.4$; con una $\Delta E = 3.3 \pm 1.4$ y $\Delta E(ab) = 1.6 \pm 1.0$ con respecto a la guía de porcelana 2A, cuyos valores ya conocemos de $L^* = 69.68$, $a^* = 1.66$ y $b^* = 12.5$. Por tanto el valor o luminosidad ha disminuido, es más oscuro tras el cementado y la tonalidad del conjunto sustrato St1 + cemento marrón + carilla 0.3-0.4 mm es más amarillento y rojizo que el de guía y que el del conjunto sustrato + carilla sin interponer cemento alguno.

Los valores de la diferencia de color ΔE entre los discos adosados a los sustratos (dis_sc) y los mismos discos de porcelana cementados sobre los sustratos (dis_scm) discrepan significativamente puesto que obtenemos un p-valor 0.000 que

es <0.05 , además esta discrepancia depende del tipo de cemento. Es decir, la presencia en general de un cemento modifica los valores colorimétricos y esta modificación es distinta para cada tipo de cemento, igual como ocurría con el iluminante D65. Para el cemento blanco el contraste de igualdad entre dis_sc y dis_scm se acepta con un p-valor de 0.053 por tanto > 0.05 no existiendo diferencia estadísticamente significativa, mientras que para el cemento oscuro la hipótesis de igualdad se rechaza con un p-valor de 0.000 que es <0.05 , existiendo diferencia estadísticamente significativa. Por tanto es el cemento oscuro el que en mayor medida modifica los valores colorimétricos y esta modificación se debe fundamentalmente a la discrepancia del índice a^* y L^* entre los discos cementados.

La gráfica 3 recoge estos resultados, es similar a la gráfica 2, pero con los valores obtenidos con el iluminante A; en el eje de abscisas anotamos la media de la diferencia de color o ΔE de los sustratos con respecto a la guía St1 (dis_s) y en el eje de ordenadas situamos las medias de las ΔE de los sustratos con sus discos de porcelana correspondientes de 0.3-0.4 mm y de color 2A, en sus diferentes situaciones, adosados (dis_sc), recién cementados (dis_scm) y transcurrido un mes del cementado (dis_scm2) (aunque todavía no hemos descrito estos resultados), con respecto de la guía 2A. En ella se observa el decremento de la distancia o ΔE media cuando añadimos al sustrato una carilla (dis_s), así como el incremento cuando la carilla es cementada al sustrato (dis_scm) y la variación de esta diferencia según el tipo de cemento. Destaca que la peor situación se da con el sustrato sólo (distancia media 4.24).

3.3.-Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm cementados con dos tipos de composites: 2ª medición tras un mes del cementado.

A. Cemento de composite blanco.

Estas mismas mediciones las repetimos transcurrido un mes de tiempo y mantenidos los especímenes en condiciones fisiológicas. Se observaron los siguientes resultados:

a) Con el iluminante D65: los valores que obteníamos para las supuestas facetas cementadas con el composite blanco (tabla 13), eran para $L^* = 66.7 \pm 1.3$, $a^* = -1.6 \pm 0.3$, $b^* = 12.7 \pm 1$ y con una diferencia de color con respecto a la guía 2A de porcelana de $\Delta E = 2.7 \pm 1.2$ y una $\Delta E(ab) = 0.9 \pm 0.5$. Y comparando los resultados del mes anterior apreciamos que nuestras carillas se han vuelto más oscuras, pues L^* ha disminuido todavía más, pero los valores para a^* y b^* han permanecido prácticamente constantes.

b) Con el iluminante A: o luz artificial de lámpara incandescente (tabla 14) los valores que hemos obtenido son $L^* = 67.2 \pm 1.3$, $a^* = 1.4 \pm 0.4$ y $b^* = 12.6 \pm 1$; con una $\Delta E = 2.8 \pm 1$ y $\Delta E(ab) = 1.0 \pm 0.6$ con respecto de la guía 2A de porcelana. Observamos lo mismo que con la luz natural de día, es decir, nuestros conjuntos sustrato + cemento blanco + disco de porcelana únicamente se han oscurecido más que en la primera medición, un mes antes, pues la luminosidad o L^* ha decrecido, y los valores de a^* y b^* permanecen prácticamente iguales.

B. Cemento de composite marrón.

Los discos de cerámica cementados en sus correspondientes sustratos con el

composite marrón nos dieron como resultados en esta segunda medición:

a) Con el iluminante D65: (tabla 13) un valor de $L^* = 65.6 \pm 1.3$, $a^* = -1.1 \pm 0.3$, $b^* = 13.6 \pm 1.3$ y una diferencia de color con respecto la guía 2A de $\Delta E = 3.8 \pm 1.4$ y $\Delta E(ab) = 1.4 \pm 0.8$. Conocidos los valores de $L^*a^*b^*$ de la guía, apreciamos el descenso de L^* , por lo que nuestras facetas se han oscurecido, los valores de a^* y b^* han aumentado con respecto a la guía, por tanto, se han saturado más en general, en valores absolutos. Y comparandolas con un mes antes apreciamos lo mismo.

El análisis estadístico comparativo realizado de la colorimetría de los especímenes recién cementados y al cabo de un mes (gráfica 2) nos muestran que: transcurrido un mes de la cementación se observan discrepancias significativas o diferencias estadísticamente significativas en la diferencia de color ΔE entre los discos de porcelana cementados (dis_scm) y los discos de porcelana tras el mes del cementado (dis_scm2), ya que el p-valor es 0.000 y por tanto <0.05 , siendo el valor total (la suma del cementado blanco y oscuro) de la primera ($\Delta E = 2.8$) inferior en media al de la segunda ($\Delta E = 3.28$). Por ello, entendemos que al mes del cementado el color de los discos se aleja más respecto del color de la guía 2A que recién cementados, este alejamiento se debe principalmente al descenso del valor medio total de L^* , es decir se han vuelto más oscuros.

Tanto para el cemento blanco p-valor de 0.013 por tanto <0.05 , como para el oscuro o marrón p-valor de 0.003 también <0.05 se dan estas diferencias entre ambas variables, aunque vuelve a ser en el cemento oscuro donde éstas son más acusadas. Otra vez es el índice a^* el que provoca el incremento, al cabo de un mes, de la distancia entre los discos cementados. Además se observa un decremento

significativo también en el valor de L^* , siendo mas oscuros los discos de porcelana al mes del cementado (L_{scm2}) frente a los discos de porcelana recién cementados (L_{scm}).

También se han realizado una serie de gráficas en las cuales apreciaremos la evolución individualizada de cada sustrato y disco correspondiente numerados del 1 al 50 en diferentes situaciones, es decir, sustrato con su correspondiente disco de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A adosado(dis_{sc}), sustrato con su correspondiente disco de porcelana recién cementado(dis_{scm}) y tras un mes del cementado(dis_{scm2}), independientemente del tipo de cemento.

La gráfica 4 nos relaciona las diferencias de color o distancia o ΔE de cada sustrato St1 con sus correspondientes discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de color 2A adosados con respecto a la guía de porcelana 2A situados en dis_{sc} (en el eje de ordenadas) y distancia o ΔE de cada sustrato con su correspondiente disco recién cementado con respecto a la guía de porcelana 2A situado en dis_{scm} (en el eje de abscisas). Con el iluminante D65.

La gráfica 5 nos relaciona las diferencias de color o distancia o ΔE de cada sustratos St1 con sus discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de color 2A cementados con respecto a la guía de porcelana 2A situados en dis_{scm} (en el eje de ordenadas) y la ΔE de estos mismos sustratos con sus correspondientes discos tras un mes de su cementación con respecto a la guía de porcelana 2A situados en dis_{scm2} (en el eje de abscisas).Independientemente del tipo de cemento utilizado.

Así se puede observar, bajo el iluminante D65, qué sustratos St1 con discos de porcelana muestran en general una distancia o diferencia de color elevada con

respecto de la guía 2A, como son el nº 50, el nº 47 o el nº 41 y cuáles la muestran muy reducida como son los sustratos nº 31 o el nº 21.

b) Con el iluminante A: (tabla 14) encontramos, transcurrido el mes, un valor de $L^* = 66.7 \pm 0.4$, $a^* = 1.9 \pm 0.5$, $b^* = 13.3 \pm 1.2$, con una $\Delta E = 3.9 \pm 1.3$ y una $\Delta E(ab) = 1.55 \pm 0.94$ respecto de la guía de cerámica 2A, por lo que apreciamos un decremento de L^* , es decir, ahora son más oscuras, el valor de a^* es mayor y positivo (esta más en la gama el tono del rojo que del verde), y b^* también es superior que el de la guía, por lo que es más amarillo. Comparando estos resultados con los apreciados un mes antes observamos que son similares.

Hemos realizado el análisis comparativo de la colorimetría tras la cementación de los especímenes y al cabo de un mes con el iluminante A. Los resultados (gráfica 3) muestran que: transcurrido un mes de la cementación, igual como ocurre con el iluminante D65, se observan discrepancias significativas en la diferencia de color ΔE entre los discos de porcelana cementados (dis_scm) y los discos de porcelana tras el mes del cementado (dis_scm2), ya que el p-valor es 0.000 y por tanto <0.05 , siendo el valor total ($\Delta E = 2.81$, de la suma de las ΔE del cemento blanco más del oscuro) de la primera, inferior en media al de la segunda ($\Delta E = 3.29$). Tanto para el cemento blanco, con un p-valor de 0.024 por tanto <0.05 , como para el oscuro, con un p-valor 0.001 también <0.05 , se dan estas diferencias estadísticamente significativas entre ambas variables, aunque vuelve a ser en el cemento oscuro donde éstas son más acusadas.

Son los índices L^* y a^* los que provocan el incremento al cabo de un mes de

la distancia, entre los discos cementados, disminuyendo en valor absoluto al cabo de un mes. También se han realizado una serie de gráficas, como para el iluminante D65, en las cuales apreciamos la evolución individualizada de cada sustrato y disco correspondiente numerados del 1 al 50 en diferentes situaciones, es decir, sustrato con su correspondiente disco de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A adosado (dis_sc), sustrato con su correspondiente disco de porcelana recién cementado (dis_scm) y tras un mes del cementado (dis_scm2), independientemente del tipo de cemento.

La gráfica 6 nos relaciona las diferencias de color o distancia o ΔE de cada sustrato St1 con sus correspondientes discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de color 2A adosados, con respecto a la guía de porcelana 2A situados en dis_sc (en el eje de ordenadas) y distancia o ΔE de cada sustrato con su correspondiente disco recién cementado con respecto a la guía de porcelana 2A situado en dis_scm(en el eje de abscisas). Independientemente del cemento utilizado y con el iluminante A.

La gráfica 7 nos relaciona las diferencias de color o distancia o ΔE de cada sustratos St1 con sus discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de color 2A cementados con respecto a la guía de porcelana 2A situados en dis_scm (en el eje de ordenadas) y la ΔE de estos mismos sustratos con sus correspondientes discos, tras un mes de su cementación, con respecto a la guía de porcelana 2A situados en dis_scm2 (en el eje de abscisas). Independientemente del tipo de cemento utilizado, con el iluminante A.

Siguiendo estas gráficas, podemos apreciar qué sustratos muestran en general una diferencia de color con respecto de la guía 2A o distancia elevada, como son el sustrato más disco de porcelana nº 50, el nº 2 y el nº 47 y qué sustratos

muestran una distancia o ΔE muy reducida como son, el nº 31 o el nº 21.

Los resultados obtenidos los podemos resumir, representando las coordenadas CIELAB en un plano como veremos a continuación :

La gráfica 8a, es un diagrama a^* , b^* o C^* (croma), H^* (tono), para una L^* fija, muestra la evolución del color (en coordenadas a^* y b^*) a través de las diferentes situaciones experimentales: sustratos aislados (St1), sustrato más disco de porcelana 2A adosado (St1+2A), sustrato más disco cementado con composite claro (St1+2A+Vc), o con composite oscuro (St1+2A+Vo) recién cementados, y transcurrido un mes (St1+2A+Vo) 2ª, con ambos iluminantes, el D65 (representados todos sus valores por cuadrados) y el A (representados por círculos). Apreciamos que, partiendo de un fondo St1 separado de la guía 2A, nos acercamos a ella al añadir el disco de porcelana y el cemento.

En la gráfica 8b hemos ampliado la escala para observar mejor los cambios que no se apreciaban en la anterior. Observamos, como todos los valores de St1+2A (cuadrado negro), St1+2A+Vc (cuadrado rojo) y St1+2A+Vc 2ª (cuadrado amarillo), están muy próximos a la guía 2A (cuadrado blanco), y sin embargo los valores de St1+2A+Vo (cuadrado verde) y St1+2A+Vc 2ª (cuadrado violeta), están más alejados de la guía 2A, con el iluminante D65 y lo mismo apreciamos con el iluminante A (círculos). Por lo que deducimos, que el sustrato claro St1 no afecta prácticamente al color de la carilla y tampoco el cemento claro (Vc). Sin embargo el cemento oscuro empeora la reproducción del color deseado.

En la gráfica 8c, se representa, L^* o lumimancia en función de C^* o croma o saturación. Con estas gráficas, se obtiene, pues, la representación completa de un

color en el espacio CIELAB. En esta gráfica 8c observamos que todos nuestros especímenes de sustrato St1 o claro, se encuentran por debajo del valor de la guía, excepto St1+2A (cuadrado negro), que está por encima, deduciendo que el cambio de color se reduce fundamentalmente a un cambio en la luminancia, y como sus valores son menores, son por tanto, más oscuros, con ambos iluminantes. Y el croma o saturación ha variado discretamente, dado que todos los valores están situados por el eje de ordenadas en -15 con el iluminante D65 y los resultados son muy similares con el A.

4. DISCOS DE PORCELANA de espesor 0.8-1 mm y color 2A sobre SUSTRATOS St5.

4.1.-Sustratos St5 u oscuros.

4.2.-Sustratos St5 con discos de porcelana 0.8-1 mm sin cementar.

4.3.-Sustratos St5 con discos de porcelana 0.8-1 mm cementados con dos tipos de composites: 1ª y 2ª medición.

4.1.-Sustratos St5.

Los resultados que obtuvimos al realizar el estudio del color con el espectrofotómetro de los diez sustratos St5 (oscuros) aislados, fueron, como ya hemos descrito en el apartado de sustratos:

a) Con el iluminante D65: apreciamos (tabla 3) una luminosidad o *value*, $L^* = 56.4 \pm 0.7$, gama de tono rojo-verde o $a^* = 0.5 \pm 0.2$ y para la gama de amarillo-azul o $b^* = 17.3 \pm 0.4$; con una diferencia de color con respecto a la guía de muñones St5 de $\Delta E = 4.1 \pm 0.6$, y una diferencia cromática $\Delta E(ab) = 3.2 \pm 0.3$.

Puesto que los valores de dicha guía, medida con este mismo iluminante, nos da como resultados una $L^* = 58.95$, $a^* = 2.96$ y $b^* = 19.22$, nuestros sustratos son más oscuros, un poco menos rojizos y menos amarillos, puesto que a^* y b^* son menores que los de la guía.

Los estudios estadísticos descriptivos considerados (tabla 3) son la media aritmética, desviación típica, percentil al 5%, percentil al 95% (ambos identifican el intervalo de confianza al 95% que, bajo la hipótesis de normalidad de las mediciones, debe de incluir a prácticamente la totalidad de la muestra), mínimo, máximo, rango (diferencia entre máximo y mínimo) y número de casos válidos.

b) Con el iluminante A: los resultados obtenidos (tabla 4) fueron $L^* = 57.3 \pm 0.7$, $a^* = 4.2 \pm 0.2$, $b^* = 17.7 \pm 0.4$ y una $\Delta E = 5.2 \pm 0.2$; un $\Delta E(ab) = 4.2 \pm 1.6$ con respecto a la guía St5 cuyos valores son $L^* = 60.3$, $a^* = 6.7$ y $b^* = 20.4$; por tanto, nuestros sustratos eran más oscuros, menos rojos y menos amarillos que la guía. Los estudios estadísticos descriptivos considerados son los mismos que acabamos de referir.

4.2.-Sustratos St5 con discos de porcelana 0.8-1 mm sin cementar.

Asignamos de forma aleatoria a cada disco de cerámica de 0.8-1 mm de grosor y color 2A, un sustrato de resina St5 y los numeramos, pasando a medir el color de cada disco sobre su correspondiente sustrato sin cementar y sin ninguna interfase entre ellos mas que el espacio virtual ocupado por aire.

Los resultados obtenidos son:

a) Con el iluminante D65: encontramos valores (tabla 15) de $L^* = 68.8 \pm 0.3$,

$a^* = -1 \pm 0.1$, $b^* = 13.7 \pm 0.5$ y la diferencia de color con la muestra de la guía de cerámica 2A es de $\Delta E = 1.3 \pm 0.5$, y una $\Delta E(ab) = 1.2 \pm 0.5$, cuyos valores conocemos y son: $L^* = 69.1$, $a^* = -1.4$ y $b^* = 12.6$. Estos resultados implican que nuestros especímenes son un poco más oscuros, pues L^* ha descendido, a^* o gama de rojo-verde ha permanecido prácticamente igual, y b^* ha aumentado, siendo un poco más amarillentos.

b) Con el iluminante A: (tabla 16) observamos unos valores de $L^* = 69.5 \pm 0.3$, $a^* = 2.4 \pm 0.2$, $b^* = 13.8 \pm 0.6$ y una $\Delta E = 1.5 \pm 0.5$ y una $\Delta E(ab) = 1.5 \pm 0.6$ en relación a la guía de porcelana 2A, cuyos valores conocemos. Así apreciamos que nuestros especímenes, estudiados con este iluminante, los vemos con la misma claridad, dado que ambos valores de L^* son prácticamente iguales, y un poco más rojizos y más amarillos, dado que a^* y b^* son superiores que la guía.

Los estudios estadísticos descriptivos considerados (tablas 15 y 16) son la media aritmética, desviación típica, percentil al 5%, percentil al 95% (ambos identifican el intervalo de confianza al 95% que, bajo la hipótesis de normalidad de las mediciones, debe de incluir a prácticamente la totalidad de la muestra) mínimo, máximo, rango (diferencia entre máximo y mínimo) y número de casos válidos.

Dado el bajo tamaño muestral se ha procedido a estimar la U de Mann-Whitney, correspondiente a un test no paramétrico. Para ambos iluminantes D65 y A se aprecian diferencias significativas entre los valores de la distancia colorimétrica o diferencia de color para sustrato St5 aislado *versus* sustrato St5 con carilla de 0.8-1mm de con p-valor = 0.0051 por tanto < 0.05 , y entre el sustrato adosado a la carilla y la muestra 2A de la guía de porcelana con un p-valor < 0.001 , menor por tanto de 0.05.

4.3.-Sustratos St5 con discos de porcelana 0.8-1 mm cementados con dos tipos de composite: 1ª medición.

A continuación practicamos las mediciones habituales de los sustratos St5 más los discos de porcelana cementados. Los cinco primeros con el cemento de composite marrón y los cinco últimos con el blanco, practicando las mediciones con los dos iluminantes conocidos, a las 24-48 horas y transcurrido un mes de tiempo.

A. Cemento de composite marrón.

a) Con iluminante D65: obteniendo los resultados para los cinco primeros especímenes (tabla 17) de $L^* = 64.4 \pm 1.0$, $a^* = -0.7 \pm 0.1$, $b^* = 10.9 \pm 0.6$ y una $\Delta E = 5.1 \pm 0.8$ y una $\Delta E(ab) = 1.8 \pm 0.4$ con respecto de la guía 2A de cerámica. Estos resultados apuntan a que nuestros especímenes son ahora, tras el cementado, más oscuros y menos saturados en general que el valor de la guía 2A, pues el valor de L^* a^* y b^* ha decrecido. Y comparando estos resultados con los de antes del cementado observamos algo parecido, las muestras son más oscuras, L^* es inferior, y menos verdes y menos amarillos, puesto que los valores de a^* y b^* son también menores.

b) Con el iluminante A: (tabla 18) apreciamos los valores de $L^* = 64.9 \pm 0.9$, $a^* = 2.0 \pm 0.2$, $b^* = 11.1 \pm 0.7$ y una diferencia de color de $\Delta E = 4.5 \pm 1.5$ y una diferencia cromática de $\Delta E(ab) = 1.5 \pm 5.5$ con respecto de la guía 2A de porcelana, por lo que el conjunto sustrato St5 + cemento marrón + disco de cerámica de 0.8-1 mm color 2A es más oscuro, menos amarillo y más rojo que la muestra de la guía. Comparando los resultados antes y después del cementado, apreciamos que ahora las muestras son más oscuras por el descenso de L^* . El valor de a^* es prácticamente

el mismo, por lo que la gama rojo-verde permanece prácticamente igual, y el valor de b^* ha decrecido; son, por tanto, menos amarillas que antes del cementado. Comparando estos resultados con los obtenidos con el iluminante D65, sólo apreciamos un aumento negativo de a^* , es decir que vemos nuestras muestras un poco más verdes con la luz natural que con la luz artificial.

B. Cemento de composite blanco.

a) Con iluminante D65: los resultados encontrados al practicar la medición de los cinco últimos especímenes: sustrato St5 + cemento blanco + disco de porcelana de 0.8-1 mm de color 2A, (tabla 17) fueron $L^* = 64.9 \pm 0.6$, $a^* = -0.9 \pm 0.1$, $b^* = 11 \pm 0.2$, con una diferencia de color con respecto de la guía 2A de porcelana de $\Delta E = 4.5 \pm 0.5$ y una $\Delta E(ab) = 1.7 \pm 0.3$. Por tanto, nuestros especímenes son más oscuros, más desaturados en general (menos verdes y menos amarillos) que la muestra de la guía 2A, pues han descendido todos los valores L^* , a^* y b^* con respecto a ésta. Y comparándolos con los resultados obtenidos antes del cementado, observamos que los especímenes ahora son, también, más oscuros y menos amarillos por la disminución de L^* y b^* , siendo la gama rojo-verde casi igual, ya que el valor de a^* es similar.

b) Con el iluminante A: (tabla 18) los resultados fueron $L^* = 65.4 \pm 0.6$, $a^* = 1.8 \pm 0.1$, $b^* = 11.2 \pm 0.2$, y una $\Delta E = 4.5 \pm 0.6$ y una $\Delta E(ab) = 1.4 \pm 0.2$ con respecto a la guía 2A. Apreciamos que los especímenes cementados son más oscuros, menos amarillos y ligeramente más rojos que los de la muestra de la guía 2A. Y comparando estos resultados con los obtenidos antes del cementado, observamos que los especímenes son ahora más oscuros a causa del decremento de L^* , menos rojos y menos amarillos debido al descenso de a^* y b^* .

Si comparamos los resultados entre ambos iluminantes, destacamos que con la luz natural los especímenes estudiados son un poco más oscuros, el tono amarillento es prácticamente igual, y la gama rojo-verde ha variado. Con este iluminante el valor de a^* es negativo, por tanto verdoso, y con el iluminante A el valor es positivo, por tanto rojizo.

Con el test no paramétrico de la U de Mann-Whitney, para el estudio con ambos iluminantes, se aprecian diferencias significativas entre los valores de la distancia colorimétrica o ΔE para los sustrato St5 con discos de porcelana de 0.8-1 mm y color 2A adosadas *versus* sustratos con los mismos discos cementados, con una p-valor = 0.005 y por tanto < 0.05 , independientemente del tipo o color de cemento.

4.3.-Sustratos St5 con discos de porcelana 0.8-1 mm cementados con dos tipos de composites: 2ª medición tras un mes del cementado.

A. Cemento de composite marrón.

Transcurrido el mes, volvimos a realizar las mediciones nuevamente, obteniendo, para los cinco primeros especímenes o conjuntos sustrato St5 + cemento marrón + carilla de 0.8-1 mm de espesor y color 2A los resultados siguientes:

a) Con el iluminante D65: (tabla 19) obtuvimos unos resultados de $L^* = 65 \pm 1.4$, $a^* = -0.4 \pm 0.3$, $b^* = 11.9 \pm 0.4$ y una diferencia de color $\Delta E = 4.3 \pm 1.4$ y una diferencia cromática $\Delta E(ab) = 1.3 \pm 0.2$ con respecto a la muestra 2A de la guía de porcelana, cuyos valores conocemos; por ello deducimos que nuestros

especímenes son más oscuros, menos verdosos y menos amarillos que la guía. Si comparamos estos resultados actuales con los obtenidos un mes antes, sólo apreciamos un aumento en el valor de b^* , ahora son un poco más amarillos que antes; el resto de valores permanecen casi iguales.

b) Con el iluminante A: (tabla 20) obtuvimos unos resultados de $L^* = 65.6 \pm 1.4$, $a^* = 2.4 \pm 0.2$, $b^* = 12.2 \pm 0.4$, una $\Delta E = 4.2 \pm 1.4$ y una $\Delta E(ab) = 1.0 \pm 0.1$ con respecto de la guía 2A; por tanto, nuestros especímenes son más oscuros, el valor de L^* ha disminuido, y son más rojos pues el valor de a^* es superior que el de la guía. Comparandolos con los resultados del mes anterior vemos que han aumentado discretamente los valores estudiados L^* , a^* y b^* . Comparando estos resultados con los obtenidos con la luz natural apreciamos que estos mismos especímenes, con la luz artificial los vemos un poco más claros pues L^* ha aumentado moderadamente, el valor de a^* es superior y positivo, o sea tiene un tono más rojizo que verde y son discretamente más amarillos pues b^* es ligeramente superior.

B. Cemento de composite blanco.

Para los cinco últimos especímenes o conjuntos sustrato St5 + cemento blanco + disco de porcelana de 0.8-1 mm de espesor y color 2A, obtuvimos en la segunda medición, transcurrido el mes, los siguientes resultados:

a) Con el iluminante D65: (tabla 19) unos valores de $L^* = 65.2 \pm 0.7$, $a^* = -0.5 \pm 0.1$, $b^* = 11.9 \pm 0.4$ y una diferencia de color $\Delta E = 4.1 \pm 0.7$ y una diferencia cromática $\Delta E(ab) = 1.2 \pm 0.2$ con respecto de la guía de porcelana 2A. Por ello, nuestros especímenes son más oscuros, menos verdes y un poco menos amarillos

que la muestra de la guía. Comparando estos resultados con los del mes anterior observamos que ahora nuestros supuestos frentes laminados son similares, pues los valores estudiados prácticamente no han variado.

La gráfica 9 recoge los resultados de todo el estudio estadístico descriptivo con el iluminante D65, en el eje de abscisas anotamos la media de la diferencia de color o ΔE de los sustratos con respecto a la guía St5 (dis_s) y en el eje de ordenadas situamos las medias de las ΔE de los sustratos con sus discos de porcelana correspondientes de 0.8-1 mm de color 2A, en sus diferentes situaciones: adosados (dis_sc), recién cementados (dis_scm) y transcurrido un mes del cementado con ambos tipos de composite (dis_scm2), con respecto de la guía 2A. En ella se observa el decremento de la distancia media cuando añadimos al sustrato una carilla, así como el incremento cuando la carilla es cementada al sustrato. No existe variación según el tipo de cemento. Las segundas mediciones realizadas tras un mes del cementado, muestran una disminución de la diferencia de color media respecto de las primera, aunque estadísticamente no significativas.

Se ha procedido a estimar la U de Mann-Whitney, no existiendo diferencias estadísticamente significativas según el tipo de cemento ni se han observado diferencias significativas tras la cementación entre la diferencia de color de la primera y la segunda medición.

También hemos realizado una serie de gráficas, en las cuales apreciaremos la evolución individualizada de cada sustrato St5 y disco correspondiente numerados del 1 al 10 en diferentes situaciones y bajo el iluminante D65, es decir, sustrato con su correspondiente disco de porcelana de 0.8-1 mm y color 2A adosado (dis_sc), sustrato con su correspondiente disco de porcelana recién cementado (dis_scm) y

tras un mes del cementado (dis_scm2), independientemente del tipo de cemento.

La gráfica 10 nos relaciona las diferencias de color o distancia o ΔE de cada sustrato St5 con sus correspondientes discos de porcelana de 0.8-1 mm de color 2A adosados con respecto a la guía de porcelana 2A situados en dis_sc (en el eje de ordenadas) y distancia o ΔE de cada sustrato con su correspondiente disco recién cementado con respecto a la guía de porcelana 2A situado en dis_scm (en el eje de abscisas). Con el iluminante D65. Independientemente del tipo de cemento utilizado.

La gráfica 11 nos relaciona las diferencias de color o distancia o ΔE de cada sustratos St5 con sus discos de porcelana de 0.8-1 mm de color 2A cementados, con respecto a la guía de porcelana 2A. Se representan en dis_scm (en el eje de ordenadas) y la ΔE de estos mismos sustratos, con sus correspondientes discos, tras un mes de su cementación, con respecto a la guía de porcelana 2A y situados en dis_scm2 (en el eje de abscisas). Con el iluminante A. Independientemente del tipo de cemento utilizado.

Así se puede observar, bajo el iluminante D65, qué sustratos St5 con discos de porcelana muestran en general una distancia o diferencia de color con respecto a la guía 2A de porcelana elevada como es el nº 4 y cuáles la presentan mínima como son los sustratos nº 1, el nº 6 o el nº 3.

b) Con el iluminante A: (tabla 20) obtuvimos unos valores de $L^* = 65.8 \pm 0.7$, $a^* = 2.3 \pm 0.1$, $b^* = 12.2 \pm 0.3$, con una $\Delta E = 3.9 \pm 0.7$ y una $\Delta E(ab) = 0.9 \pm 0.1$ con respecto de la guía 2A, cuyos valores, como ya sabemos, son $L^* = 69.7$, $a^* = 1.7$ y $b^* = 12.6$, por lo que nuestros especímenes son más oscuros, pues L^* ha disminuido, son un poco más rojizos, pues a^* ha aumentado, y el valor de b^* es

prácticamente el mismo. Comparando estos resultados con los del mes anterior apreciamos que el claro-oscuro es similar, y que a^* y b^* han aumentado sucintamente, ahora son un discretamente más amarillos y rojos que antes. Comparando estos resultados con los obtenidos con la luz diurna, observamos que con la luz artificial los especímenes aparecen también con un claro-oscuro similar, pues el valor de L^* es prácticamente igual, más rojizos, pues el valor de a^* es positivo, e igual de amarillos, pues el valor de b^* es próximo.

La gráfica 12 recoge los resultados de todo el estudio estadístico descriptivo con el iluminante A. En el eje de abscisas anotamos la media de la diferencia de color o ΔE de los sustratos con respecto a la guía St5 (dis_s) y en el eje de ordenadas situamos las medias de las ΔE de los sustratos con sus discos de porcelana correspondientes de 0.8-1 mm de color 2A, en sus diferentes situaciones, adosados (dis_sc), recién cementados (dis_scm) y transcurrido un mes del cementado con ambos tipos de composite (dis_scm2), con respecto de la guía 2A. En ella se observa se observa el decremento de la distancia o diferencia de color media cuando añadimos al sustrato una carilla, así como el incremento cuando la carilla es cementada al sustrato. No existe variación según el tipo de cemento. Las segundas mediciones, realizadas tras un mes del cementado, muestran una ligera disminución en la distancia respecto de las primeras, pero no significativa estadísticamente.

Se ha procedido a estimar la U de Mann-Whitney, no existiendo diferencias estadísticamente significativas según el tipo de cemento, ni se han observado diferencias significativas tras la cementación, entre la diferencia de color de la primera y la segunda medición como también ocurría con el iluminante D65.

Hemos realizado una serie de gráficas en las que apreciaremos la evolución individualizada de cada sustrato St5 y disco correspondiente numerados del 1 al 10, en diferentes situaciones y bajo el iluminante A, es decir, sustrato con su correspondiente disco de porcelana de 0.8-1 mm y color 2A adosado, sustrato con su correspondiente disco de porcelana recién cementado y tras un mes del cementado, independientemente del tipo de cemento.

La gráfica 13 nos relaciona las diferencias de color o distancia o ΔE de cada sustrato St5 con sus correspondientes discos de porcelana de 0.8-1 mm de color 2A adosados con respecto a la guía de porcelana 2A situados en dis_sc (en el eje de ordenadas) y distancia o ΔE de cada sustrato con su correspondiente disco recién cementado con respecto a la guía de porcelana 2A situado en dis_scm (en el eje de abscisas). Con el iluminante D65 e independientemente del cemento utilizado.

La gráfica 14 nos relaciona las diferencias de color o distancia o ΔE de cada sustratos St5 con sus discos de porcelana de 0.8-1 mm de color 2A cementados, con respecto a la guía de porcelana 2A. Se representan en dis_scm (en el eje de ordenadas) y la ΔE de estos mismos sustratos con sus correspondientes discos, tras un mes de su cementación, con respecto a la guía de porcelana 2A y situados en dis_scm2 (en el eje de abscisas). Con el iluminante A e independientemente del cemento utilizado.

Así se puede ver qué sustratos St5 con discos de porcelana muestran en general una distancia elevada o diferencia de color con respecto de la guía 2A de porcelana, como es el nº 4 y cuales la presentan mínima como es el sustrato nº 1.

Los resultados obtenidos los podemos resumir como ya hemos hecho

anteriormente, con los especímenes de los sustratos St1, representándolos en el sistema CIELAB en un plano como veremos a continuación :

La gráfica 15a muestra la evolución del color (en coordenadas a^* y b^*) a través de las diferentes situaciones experimentales: sustratos aislados (St5), sustrato más disco de porcelana de 0.8-1 mm de espesor y color 2A adosado (St5+2A), sustrato más disco cementado con composite claro (St5+2A+Vc), o con composite oscuro (St5+2A+Vo) recién cementados, y transcurrido un mes (St5+2A+Vo) 2ª, con ambos iluminantes A y D65. Apreciamos que, partiendo de un fondo oscuro, St5 separado de la guía 2A, nos acercamos a ella al añadir el disco de porcelana.

En la gráfica 15b hemos ampliado la escala para observar mejor los cambios que no se veían en la anterior. Apreciando que el punto St5+2A, cuadrado o círculo negro se acerca bastante a la guía 2A. El resto de valores se alejan un poco de la guía, es decir el sustrato más disco cementado con composite claro (St5+2A+Vc), o con composite oscuro (St5+2A+Vo) recién cementados, y transcurrido un mes (St5+2A+Vo) 2ª, con ambos iluminantes A y D65, por tanto, el cementado varia el color final del sustrato + disco de porcelana, sin embargo, es independiente del tipo de cemento ya sea claro u oscuro.

En la gráfica 15c, donde vemos representado L^* o la luminancia y el croma, saturación o C^* , observamos que en nuestros especímenes de sustrato St5 u oscuro, el cambio de color se debe al cambio en la luminancia, todos los valores están situados por debajo del valor de la guía, en el eje de abscisas entre 69 y 64, y el croma ha disminuido, pues todos los valores se han dispersado entre -15 y -10 para el iluminante D65 y entre 15 y 10 para el A, en el eje de ordenadas.

En general podemos decir, que existen pequeñas diferencias, según el tipo de iluminante con el que hemos medido el color de nuestros especímenes y hemos observado que aparece más diferencia de color con el iluminante A, no obstante hay algún caso que ha sido con el D65.

En la gráfica 15d muestra la evolución del color (en coordenadas a^* y b^*) comparamos ambos resultados, los obtenidos sobre el sustrato St1(claro) y los de sustrato St5(oscuro), con el iluminante D65, a través de las diferentes situaciones experimentales, es decir, sustrato más disco de porcelana de 0.8-1 mm de espesor y color 2A adosado (St5+2A), y sustrato más disco de porcelana de 0.3-0.4 mm de espesor y color 2A adosado (St1+2A), sustrato más disco de 0.8-1 mm cementado con composite claro (St5+2A+Vc), o con composite oscuro (St5+2A+Vo) recién cementados, y transcurrido un mes (St5+2A+Vo) 2ª, y sustrato más disco de 0.3-0.4 mm cementado con composite claro (St1+2A+Vc), o con composite oscuro (St1+2A+Vo) recién cementados, y transcurrido un mes (St1+2A+Vo) 2ª, y sustrato St5 con disco de porcelana de 0.3-0.4 mm adosado. Apreciamos en esta gráfica que la mejor reproducción de color, es decir, el color que más se aproxima al de la guía 2A, se obtiene con un sustrato St1 y cemento claro (cuadrado rojo). Esta combinación permite un espesor de disco de porcelana fino, de 0.3-0.4 mm, puesto que las influencias del fondo o sustrato y del cemento son pequeñas.

Con un sustrato oscuro St5 el disco de cerámica ha de ser necesariamente más grueso (círculo negro) para paliar la influencia del sustrato y cemento que aún así es apreciable, aunque con un espesor fino sería peor (triángulo negro), pues se encuentra bastante más distante de la guía 2A.

En la gráfica 15e, se observa mejor el cambio de croma y de luminancia que

se produce por influencia del fondo oscuro, dado que todas las situaciones experimentales con el sustrato St5, están muy distanciadas del valor de la guía 2A. También se aprecia como el cemento independientemente de su color (claro u oscuro) modifica el color final e influencia del fondo, vemos como los círculos que representan el sustrato más disco de 0.8-1 mm cementado con composite claro, u oscuro recién cementados, y transcurrido un mes, es decir, el círculo amarillo, azul, rojo y verde, se encuentran muy alejados de la guía, tanto en el eje de abscisas, con unos valores de L^* de 64-65, como en el eje de ordenadas con unos valores de C^* entre -12 y -11.

5. PRUEBAS ADICIONALES PRACTICADAS.

Antes de realizar el cementado de los diferentes sustratos St1 o claro y St5 u oscuro, con sus correspondientes discos de porcelana de color siempre 2A, y con los dos espesores diferentes de 0.3-0.4 mm o de 0.8-1 mm, practicamos una serie de pruebas, como ya hemos comentado en el apartado de material y método, exponiéndose, a continuación, los resultados obtenidos.

5.1. Analizamos si el tipo de sustrato St1(claro) o St5(oscuro) afecta a la colorimetría adosando los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de color 2A sobre un mismo sustrato St5 y los sustratos St1. O dicho de otra forma, queríamos comprobar si un disco de porcelana de pequeño espesor, es capaz de enmascarar un sustrato oscuro (St5) de la misma forma que uno claro (St1). Para ello recogimos los resultados de dos mediciones antes practicadas y comparamos los resultados que mostramos a continuación:

5.1.1-Discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de color 2A sobre un mismo sustrato

St5.

Corresponde al apartado 3.1.1, donde recordemos que adosábamos individualmente los 50 discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de espesor sobre un mismo sustrato St5 (el 1º), y medimos de la forma habitual el color en el espectrofotómetro, obteniendo:

a) Con el iluminante D65: (tabla 21) unos valores de $L^* = 68.3 \pm 1.3$, $a^* = -1.4 \pm 0.3$, $b^* = 10.9 \pm 0.6$ y una diferencia de color con respecto a la muestra 2A de la guía de porcelana de Chromascop de $\Delta E = 2.3 \pm 0.6$, y una diferencia cromática de $\Delta E(ab) = 1.8 \pm 0.6$, por lo que nuestros especímenes son discretamente más oscuros, tienen el mismo rango de tonalidad verdoso, pero son menos amarillos (más azulados) que la guía 2A.

B) Con el iluminante A: (tabla 22), o luz de una bombilla incandescente, los resultados han sido de $L^* = 68.9 \pm 1.5$, $a^* = 1.4 \pm 0.1$, $b^* = 10.8 \pm 0.7$, una diferencia de color $\Delta E = 2.4 \pm 0.7$ y cromática $\Delta E(ab) = 1.8 \pm 0.6$, con respecto de la guía 2A, por lo que con esta luz los especímenes son más oscuros, pues L^* es menor, y prácticamente iguales a la guía en cuanto a la gama de tono rojo-verde, pues los valores de a^* son iguales y positivos, pero son menos amarillos pues el valor de b^* es menor.

5.1.2-Discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de color 2A sobre los sustratos St1.

Corresponden los resultados al apartado 3.2, recordemos que estos resultados son los obtenidos cuando colocábamos estos mismos discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de espesor sobre los sustratos St1 (claros) observamos:

a) Con el iluminante D65 que los valores resultantes con la luz de día (tabla 21), eran de $L^*=70.5 \pm 1.3$; $a^*=-1.5 \pm 0.4$ y $b^*=12.9 \pm 1.0$, con una diferencia de color con respecto a la guía 2A de cerámica $\Delta E = 1.8 \pm 1.1$ y una diferencia cromática $\Delta E(ab) = 0.8 \pm 0.7$, por lo cual, nuestros especímenes son más claros que la guía, pues L^* es superior y prácticamente igual de verdes y amarillos que la muestra de la guía 2A. Comparando estos resultados con los obtenidos cuando colocábamos estos mismos discos sobre el sustrato St5 u oscuro, apreciamos que son más claros, pues el valor de L^* es mayor con el sustrato St1, el rango de tonalidad verde es similar, pues no varían prácticamente los valores negativos de a^* , siendo más amarillentos pues el valor de b^* es superior que con los sustratos St5.

b) Con el iluminante A: (tabla 22), apreciamos que $L^* = 70.9 \pm 1.0$, $a^* = 1.7 \pm 0.3$ y $b^* = 12.8 \pm 1.1$ y una diferencia de color con respecto a los valores de la guía de cerámica 2A medida, así mismo, con este iluminante $\Delta E = 1.7 \pm 1.1$, y con una $\Delta E(ab) = 0.8 \pm 0.7$. Puesto que los valores de la guía son $L^* = 69.68$, $a^* = 1.66$ y $b^* = 12.57$. Deducimos, en este caso, que nuestro conjunto sustrato más cerámica es más claro también que la guía 2A, como ocurre con la luz natural, y las tonalidades representadas por a^* y b^* son prácticamente iguales que la muestra de la guía. Comparando estos resultados con los obtenidos con el sustrato oscuro o St5, apreciamos que el conjunto sustrato St1 + disco es más claro, más amarillo pero similares en la gama del rojo.

El estudio lo centramos, como ya hemos dicho, en analizar si el tipo de sustrato St1 o St5 afecta a la colorimetría después de colocar las mismas carillas, para cada tipo de iluminante. Para realizar el análisis estadístico, se ha procedido

a practicar el test paramétrico t o la t de Student para muestras independientes. El resultado del análisis es: la distancia o diferencia de color entre los especímenes estudiados (la colorimetría estimada) con respecto de la guía 2A es inferior para el sustrato St1, tanto para el iluminante D65 con un p-valor = 0.015 por tanto < 0.05 , como para el iluminante A con un valor = p-valor 0.000 también < 0.05 , y por tanto estadísticamente significativa. La variación se da en todos los índices L^* , a^* y b^* .

La gráfica 16 recoge estos resultados, apreciándose que la diferencia de color (con respecto a la guía 2A) de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de color 2A, adosados sobre los sustratos St5 u oscuro, es superior con ambos iluminantes que cuando estos mismos discos están adosados a los sustratos St1. Las columnas de general corresponden lógicamente a la suma de ambos resultados, la roja con el iluminante D65 y la verde con el A.

5.2.-Pruebas con una interfase de glicerina transparente entre los sustratos St1 con discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de espesor y color 2A .

Con esta prueba intentamos apreciar si aparecen diferencias de color, cuando existe entre el sustrato y el disco de porcelana adosado un espacio virtual de aire que pueda afectar la transmisión de la luz, comparando con la situación en que eliminamos dicho espacio con una sustancia completamente transparente, como es la glicerina.

Para ello tomamos 20 sustratos St1 y los adosamos con los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de espesor y color 2A. A diez de ellos, se les interpuso una fina capa de glicerina transparente y a los otros diez nada, pasando a medir el color como es habitual en el espectrofotómetro. Los resultados obtenidos son:

a) Con el iluminante D65: (tabla 23) para nuestros especímenes con interfase de glicerina $L^* = 64.6 \pm 1.2$, $a^* = -1.9 \pm 0.5$, $b^* = 12.3 \pm 0.8$ y con una diferencia de color con respecto a la muestra 2A de la guía de porcelana, $\Delta E = 4.6 \pm 1.2$ y una $\Delta E(ab) = 1.0 \pm 0.4$, por lo que observamos que nuestros especímenes son más oscuros, puesto que L^* ha descendido, el tono es más verdoso puesto que a^* es negativa y superior, y la gama de amarillo-azul es similar, pues el valor de b^* se ha mantenido prácticamente igual al de la guía 2A. Y si comparamos estos resultados con los obtenidos de nuestros especímenes sin interfase (tabla 23), vemos que los valores son $L^* = 70.3 \pm 1.0$, $a^* = -1.6 \pm 0.1$, $b^* = 12.5 \pm 0.4$, una diferencia de color de $\Delta E = 1.4 \pm 0.8$ y una $\Delta E(ab) = 0.4 \pm 0.2$. Observamos aquí, que nuestros especímenes son un poco más claros que la guía, puesto que L^* ha aumentado, pero los valores de a^* y b^* se han mantenido casi constantes. Comparando los resultados entre los diferentes especímenes observamos que los que tienen como interfase la glicerina son más oscuros, puesto que L^* es inferior, más verdosos puesto que a^* tiene un valor superior y negativo y prácticamente igual de amarillos, puesto que el valor de b^* permanece casi igual que en los especímenes sin interfase.

B) Con el iluminante A: (tabla 24) para los especímenes con interfase de glicerina los resultados han sido $L^* = 65.1 \pm 1.1$, $a^* = 1.0 \pm 0.4$, $b^* = 12.0 \pm 0.8$, una $\Delta E = 4.7 \pm 1.1$, y una $\Delta E(ab) = 1.1 \pm 0.5$ con respecto de la guía 2A de porcelana, por tanto, apreciamos que nuestras muestras son más oscuras pues L^* es menor y también muy discretamente el valor de a^* y b^* . Los resultados obtenidos con las muestras sin ninguna interfase (tabla 24) muestran unos valores de $L^* = 70.9 \pm 1.0$, $a^* = 1.5 \pm 0.2$, $b^* = 12.4 \pm 0.4$, una diferencia de color de la muestra 2A de la guía de cerámica de $\Delta E = 1.4 \pm 0.8$ y una $\Delta E(ab) = 0.4 \pm 0.3$, observándose como única diferencia apreciable que las muestras son más claras que la propia guía.

Comparando los resultados de las dos diferentes muestras, vemos que las que tienen la interfase de glicerina, son más oscuras que las que no tienen interfase, pues su L^* es inferior; y el cambio de los valores a^* y b^* es más insignificante.

El estudio lo hemos centrado, como ya hemos dicho, en analizar si la aplicación sobre el sustrato y el disco de porcelana de una interfase de glicerina transparente afecta a la colorimetría según el tipo de iluminante.

Para realizar este análisis estadístico se ha procedido a practicar el test no paramétrico de Mann-Whitney debido al bajo tamaño muestral (10 casos con interfase y 10 sin ella). El resultado del análisis es:

La distancia o ΔE entre los especímenes con interfase de glicerina con respecto de la guía, es inferior en el caso de no añadir una interfase de glicerina, tanto para el iluminante D65 con un p-valor = 0.0003 < de 0.05 por tanto estadísticamente significativa, como también lo es para el iluminante A con un p-valor = 0.0002 < 0.05. Este decremento en la distancia es debido a los índices colorimétricos L^* y a^* .

La gráfica 17 recoge estos resultados, y en ella se observa el decremento de la diferencia de color media, o distancia media, cuando no añadimos entre los sustratos St1 y discos de porcelana de 0.3-0.4 mm una interfase de glicerina; y los elevados valores de ΔE de estos mismos sustratos y discos cuando le aplicamos dicha interfase. Así mismo, apreciamos el valor medio de la ΔE de la guía 2A con todos los especímenes, con y sin interfase, del presente estudio. En la gráfica se aprecia que no existen diferencias en los resultados dependiendo del tipo de iluminante, sea D65 o A.

	Media	Desv. típica	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	N válido
L_S	65.83	.92	64.44	67.47	63.99	67.69	3.70	50
A_S	-2.07	.44	1.52	2.88	1.37	2.94	1.57	50
B_S	17.64	1.14	15.81	19.55	15.13	19.88	4.75	50
DIS_S	3.59	1.02	2.07	5.16	1.52	5.83	4.31	50

Tabla 1. Valores L*(L_S), a*(A_S) y b*(B_S) de la medición del sustrato St1 aislado, y su diferencia de color con respecto al color St1 de la guía (DIS_S).
Illuminante D65.

	Media	Des. Típ	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_S	66.54	.99	64.92	68.17	64.23	68.50	4.27	50
A_S	2.07	.63	.92	2.87	.85	3.03	2.18	50
B_S	17.36	1.13	15.43	19.24	14.85	19.58	4.72	50
DIS_S	4.24	1.16	2.52	6.01	1.76	6.74	4.98	50

Tabla 2. Valores L*(L_S), a*(A_S) y b*(B_S) de la medición del sustrato St1 aislado, y su diferencia de color con respecto al color St1 de la guía (DIS_S).
Illuminante A.

	Media	Des. Típ	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_S	56.35	.69	54.56	57.00	54.56	57.00	2.44	10
A_S	-0.47	.16	.14	.68	.14	.68	.54	10
B_S	17.27	.39	16.36	17.83	16.36	17.83	1.46	10
DIS_S	4.10	.33	5.78	6.72	5.78	6.72	.94	10

Tabla 3. Valores L*(L_S), a*(A_S) y b*(B_S) de la medición del sustrato St5 aislado, y su diferencia de color con respecto al color St5 de la guía (DIS_S). Iluminante D65.

	Media	Des. Típ	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_S	57.34	.72	55.45	57.98	55.45	57.98	2.53	10
A_S	4.24	.17	3.84	4.41	3.84	4.41	.57	10
B_S	17.72	.45	16.60	18.27	16.60	18.27	1.67	10
DIS_S	5.20	.25	3.83	4.71	3.83	4.71	.89	10

Tabla 4. Valores L*(L_S), a*(A_S) y b*(B_S) de la medición del sustrato St5 aislado, y su diferencia de color con respecto al color St5 de la guía (DIS_S). Iluminante A.

	Media	Des. Est.	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L	71.18	.82	69.92	72.25	2.33	50
A	-1.49	.07	1.38	1.59	.21	50
B	12.94	.57	11.82	13.70	1.87	50
DIS	2.22	.68	1.38	3.15	1.76	50

Tabla 5. Valores L*(L), a*(A) y b*(B) de la medición de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, adosados sobre un mismo sustrato St1, y su diferencia de color (DIS) con respecto al color 2A de la guía de porcelana, para comprobar la homogeneidad de la muestra. **Iluminante D65.**

	Media	Des. Típ.	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L	71.75	.82	70.51	72.83	2.31	50
A	1.76	.14	1.48	1.92	.44	50
B	12.87	.57	11.74	13.60	1.86	50
DIS	2.20	.70	1.33	3.15	1.81	50

Tabla 6. Valores L*(L), a*(A) y b*(B) de la medición de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, adosados sobre un mismo sustrato St1, y su diferencia de color (DIS) con respecto al color 2A de la guía de porcelana, para comprobar la homogeneidad de la muestra. **Iluminante A.**

	Media	Des. Típ	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L	68.34	1.30	65.75	70.98	5.23	50
A	-1.40	.11	1.16	1.65	.49	50
B	10.86	.63	9.75	12.55	2.80	50
DIS	2.28	.65	1.15	3.98	2.83	50

Tabla 7. Valores L*(L), a*(A) y b*(B) de la medición de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, adosados sobre un mismo sustrato St5, y su diferencia de color (DIS) con respecto al color 2A de la guía de porcelana, para comprobar la homogeneidad de la muestra. **Illuminante D65.**

	Media	Des. Típ	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L	68.86	1.46	66.21	73.97	7.76	50
A	1.44	.15	1.16	1.74	.58	50
B	10.78	.65	9.70	12.78	3.08	50
DIS	2.43	.73	1.20	4.62	3.42	50

Tabla 8. Valores L*(L), a*(A) y b*(B) de la medición de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, adosados sobre un mismo sustrato St5, y su diferencia de color (DIS) con respecto al color 2A de la guía de porcelana, para comprobar la homogeneidad de la muestra. **Illuminante A.**

	Media	Desv. típica	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Amplitud	N válido
L_SC	170.47	1.27	168.97	172.93	168.11	175.51	7.40	50
A_SC	-1.62	.20	1.37	2.00	1.34	2.07	.72	50
B_SC	112.91	.97	111.63	114.23	110.83	117.04	6.21	50
DIS_SC	1.82	1.12	.48	3.92	.26	6.43	6.17	50

Tabla 9. Valores L*(L_SC), a*(A_SC) y b*(B_SC) de la medición de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, adosados a sus correspondientes sustratos St1, y su diferencia de color (DIS_SC) con respecto al color 2A de la guía de porcelana. **Iluminante D65.**

	Media	Des. Típ.	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_SC	70.93	1.04	69.57	72.93	68.62	73.51	4.89	50
A_SC	1.65	.32	1.13	2.04	.99	2.69	1.70	50
B_SC	12.76	1.16	11.54	14.12	8.03	17.06	9.03	50
DIS_SC	1.73	1.05	.25	3.86	.10	4.81	4.71	50

Tabla 10. Valores L*(L_SC), a*(A_SC) y b*(B_SC) de la medición de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, adosados a sus correspondientes sustratos St1, y su diferencia de color (DIS_SC) con respecto al color 2A de la guía de porcelana. **Iluminante A.**

	Media	Des. Est	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_SCM								
CEMENTO								
Blanco	68.31	2.17	66.06	72.04	65.02	72.66	7.64	25
Oscuro	66.13	1.29	64.47	68.58	64.46	68.95	4.49	25
Total...	67.24	2.07	64.49	71.42	64.46	72.66	8.19	50
A_SCM								
CEMENTO								
Blanco	-1.50	.34	.98	1.95	.96	2.09	1.13	25
Oscuro	-0.88	.24	.60	1.45	.35	1.53	1.18	25
Total...	-1.19	.43	.70	1.90	.35	2.09	1.74	50
B_SCM								
CEMENTO								
Blanco	12.69	.87	11.22	14.11	10.97	14.19	3.22	25
Oscuro	13.60	1.25	11.51	14.93	11.49	17.13	5.64	25
Total	13.60	1.16	11.49	14.70	10.97	17.13	6.16	50
DIS_SCM								
CEMENTO								
Blanco	2.23	.81	1.05	3.31	.80	4.22	3.42	25
Oscuro	3.36	1.35	1.21	5.20	1.01	5.79	4.79	25
Total...	2.80	1.24	1.05	5.13	.80	5.79	4.99	50

Tabla 11. Valores L*(L_SCM), a*(A_SCM) y b*(B_SCM) de la medición de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, cementados, 25 con composite blanco y 25 con oscuro, sobre sus respectivos sustratos St1, y su diferencia de color (DIS_SCM) con respecto al color 2A de la guía de porcelana. **Illuminante D65.**

	Media	Des. Tip.	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_SCM								
CEMENTO								
Blanco	68.91	2.13	66.63	72.58	65.97	73.51	7.54	25
Oscuro	66.86	1.26	65.16	69.15	65.13	69.52	4.38	25
Total	67.88	2.02	65.20	71.92	65.13	73.51	8.37	50
A_SCM								
CEMENTO								
Blanco	1.59	.44	1.04	2.21	.80	2.31	1.51	25
Oscuro	2.32	.35	1.74	2.67	1.70	3.12	1.42	25
Total	1.95	.54	1.13	2.63	.80	3.12	2.32	50
B_SCM								
CEMENTO								
Blanco	12.65	.91	11.10	14.13	10.97	14.14	3.17	25
Oscuro	13.53	1.44	11.58	15.08	10.14	17.32	7.18	25
Total	13.09	1.27	11.10	14.84	10.14	17.32	7.18	50
DIS_SCM								
CEMENTO								
Blanco	2.30	.83	1.06	3.86	.95	3.91	2.97	25
Oscuro	3.32	1.42	1.02	5.20	.80	5.96	5.16	25
Total	2.81	1.26	1.02	5.12	.80	5.96	5.16	50

Tabla 12. Valores L*(L_SCM), a*(A_SCM) y b*(B_SCM) de la medición de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, cementados, 25 con composite blanco y 25 con oscuro, sobre sus respectivos sustratos St1, y su diferencia de color (DIS_SCM) con respecto al color 2A de la guía de porcelana. **Illuminante A.**

	Media	Des. Est.	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_SCM2								
CEMENTO								
Blanco	66.67	1.33	64.67	68.79	64.34	69.47	5.13	25
Oscuro	65.62	1.35	63.35	68.00	63.18	68.52	5.33	25
Total...	66.14	1.43	63.92	68.52	63.18	69.47	6.29	50
A_SCM2								
CEMENTO								
Blanco	-1.63	.27	1.25	2.02	1.24	2.13	.89	25
Oscuro	-1.08	.31	.79	1.71	.62	1.86	1.24	25
Total...	-1.35	.40	.82	2.02	.62	2.13	1.51	50
B_SCM2								
CEMENTO								
Blanco	12.68	1.01	11.14	14.25	10.85	14.31	3.46	25
Oscuro	13.56	1.30	11.47	14.96	11.18	16.71	5.53	25
Total...	13.60	1.24	11.18	14.79	10.85	16.71	5.86	50
DIS_SCM2								
CEMENTO								
Blanco	2.72	1.17	1.31	4.47	.93	5.04	4.12	25
Oscuro	3.84	1.39	1.27	5.91	1.26	6.06	4.81	25
Total...	3.28	1.39	1.27	5.64	.93	6.06	5.14	50

Tabla 13. Valores L*(L_SCM2), a*(A_SCM2) y b*(B_SCM2) de la medición de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, cementados, 25 con composite blanco y 25 con oscuro, sobre sus respectivos sustratos St1, y su diferencia de color (DIS_SCM2) con respecto al color 2A de la guía de porcelana, todo ello al mes del cementado. **Illuminante D65.**

	Media	Des. Tip.	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_SCM2								
CEMENTO								
Blanco	67.22	1.29	65.25	69.21	64.92	70.04	5.12	25
Oscuro	66.70	1.29	64.13	68.61	64.00	69.04	5.04	25
Total	66.75	1.36	64.65	69.04	64.00	70.04	6.04	50
A_SCM2								
CEMENTO								
Blanco	1.44	.41	.67	2.13	.62	2.18	1.56	25
Oscuro	1.90	.49	1.25	2.79	.99	2.85	1.86	25
Total	1.79	.57	.91	2.64	.62	2.85	2.23	50
B_SCM2								
CEMENTO								
Blanco	12.63	1.03	11.07	14.26	10.71	14.29	3.58	25
Oscuro	13.30	1.32	11.45	15.08	11.12	16.84	5.73	25
Total	13.13	1.28	11.12	14.88	10.71	16.84	6.13	50
DIS_SCM2								
CEMENTO								
Blanco	2.76	1.14	1.33	4.46	.73	5.00	4.27	25
Oscuro	3.82	1.37	1.30	5.70	1.13	5.85	4.71	25
Total	3.29	1.36	1.30	5.62	.73	5.85	5.12	50

Tabla 14. Valores L*(L_SCM2), a*(A_SCM2) y b*(B_SCM2) de la medición de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, cementados, 25 con composite blanco y 25 con oscuro, sobre sus respectivos sustratos St1, y su diferencia de color (DIS_SCM2) con respecto al color 2A de la guía de porcelana, todo ello al mes del cementado. **Illuminante A.**

	Media	Des.Típ	Per.5%	Per.95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_SC	68.82	.34	68.19	69.27	68.19	69.27	1.08	10
A_SC	-1.00	.09	.87	1.16	.87	1.16	.29	10
B_SC	13.72	.57	13.09	14.86	13.09	14.86	1.77	10
DIS_SC	1.29	.51	.65	2.30	.65	2.30	1.65	10

Tabla 15. Valores L*(L_SC), a*(A_SC) y b*(B_SC) de la medición de los discos de porcelana de 0.8-1 mm y color 2A, adosados a sus correspondientes sustratos St5, y su diferencia de color (DIS_SC) con respecto al color 2A de la guía de porcelana. **Illuminante D65.**

	Media	Des.Típ	Per.5%	Per.95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_SC	69.50	.36	68.85	69.98	68.85	69.98	1.13	10
A_SC	2.37	.17	2.09	2.61	2.09	2.61	.52	10
B_SC	13.83	.59	13.16	14.98	13.16	14.98	1.81	10
DIS_SC	1.52	.56	.84	2.59	.84	2.59	1.75	10

Tabla 16. Valores L*(L_SC), a*(A_SC) y b*(B_SC) de la medición de los discos de porcelana de 0.8-1 mm y color 2A, adosados a sus correspondientes sustratos St5, y su diferencia de color (DIS_SC) con respecto al color 2A de la guía de porcelana. **Illuminante A.**

	Media	Des. Tip.	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_SCM								
CEMENTO								
Oscuro	64.37	1.08	63.06	65.46	63.06	65.46	2.40	5
Blanco	64.91	.69	64.40	66.10	64.40	66.10	1.70	5
Total	64.64	.90	63.06	66.10	63.06	66.10	3.04	10
A_SCM								
CEMENTO								
Oscuro	-0.68	.11	.53	.84	.53	.84	.31	5
Blanco	-0.87	.14	.75	1.07	.75	1.07	.32	5
Total	-0.78	.16	.53	1.07	.53	1.07	.54	10
B_SCM								
CEMENTO								
Oscuro	10.95	.63	10.22	11.95	10.22	11.95	1.74	5
Blanco	11.01	.28	10.68	11.29	10.68	11.29	.61	5
Total	10.98	.46	10.22	11.95	10.22	11.95	1.74	10
DIS_SCM								
CEMENTO								
Oscuro	5.10	0.80	2.42	6.14	2.42	6.14	3.71	5
Blanco	4.53	.58	3.58	5.11	3.58	5.11	1.52	5
Total	4.82	1.08	2.42	6.14	2.42	6.14	3.71	10

Tabla 17. Valores L*(L_SCM), a*(A_SCM) y b*(B_SCM) de la medición de los discos de porcelana de 0.8-1 mm y color 2A, cementados, 5 con composite blanco y 5 con oscuro, sobre sus respectivos sustratos St5, y su diferencia de color (DIS_SCM) con respecto al color 2A de la guía de porcelana. **Illuminante D65.**

	Media	Des. Tip.	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_SCM								
CEMENTO								
Oscuro	64.93	1.06	63.69	66.02	63.69	66.02	2.33	5
Blanco	65.44	.70	64.94	66.64	64.94	66.64	1.70	5
Total	65.19	.89	63.69	66.64	63.69	66.64	2.95	10
A_SCM								
CEMENTO								
Oscuro	1.98	.21	1.71	2.28	1.71	2.28	.57	5
Blanco	1.76	.13	1.59	1.94	1.59	1.94	.36	5
Total	1.87	.20	1.59	2.28	1.59	2.28	.69	10
B_SCM								
CEMENTO								
Oscuro	11.14	.67	10.34	12.19	10.34	12.19	1.85	5
Blanco	11.15	.27	10.84	11.47	10.84	11.47	.63	5
Total	11.15	.48	10.34	12.19	10.34	12.19	1.85	10
DIS_SCM								
CEMENTO								
Oscuro	5.00	0.80	2.47	6.03	2.47	6.03	3.56	5
Blanco	4.49	.62	3.46	5.05	3.46	5.05	1.58	5
Total	4.74	1.06	2.47	6.03	2.47	6.03	3.56	10

Tabla 18. Valores L*(L_SCM), a*(A_SCM) y b*(B_SCM) de la medición de los discos de porcelana de 0.8-1 mm y color 2A, cementados, 5 con composite blanco y 5 con oscuro, sobre sus respectivos sustratos St5, y su diferencia de color (DIS_SCM) con respecto al color 2A de la guía de porcelana. **Illuminante A.**

	Media	Des. Tip.	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_SCM2								
CEMENTO								
Oscuro	64.99	1.57	62.82	66.92	62.82	66.92	4.09	5
Blanco	65.20	.81	64.22	66.31	64.22	66.31	2.10	5
Total	65.09	1.18	62.82	66.92	62.82	66.92	4.09	10
A_SCM2								
CEMENTO								
Oscuro	-0.41	.30	.13	.92	.13	.92	.79	5
Blanco	-0.50	.10	.39	.62	.39	.62	.23	5
Total	-0.45	.22	.13	.92	.13	.92	.79	10
B_SCM2								
CEMENTO								
Oscuro	11.93	.45	11.58	12.69	11.58	12.69	1.11	5
Blanco	11.94	.41	11.35	12.47	11.35	12.47	1.12	5
Total	11.93	.40	11.35	12.69	11.35	12.69	1.34	10
DIS_SCM2								
CEMENTO								
Oscuro	4.30	1.24	3.32	6.46	3.32	6.46	3.14	5
Blanco	4.10	.75	3.46	5.43	3.46	5.43	1.97	5
Total	4.53	.98	3.32	6.46	3.32	6.46	3.14	10

Tabla 19. Valores L*(L_SCM2), a*(A_SCM2) y b*(B_SCM2) de la medición de los discos de porcelana de 0.8-1 mm y color 2A, cementados, 5 con composite blanco y 5 con oscuro, sobre sus respectivos sustratos St5, y su diferencia de color (DIS_SCM2) con respecto al color 2A de la guía de porcelana, todo ello al mes del cementado. **Illuminante D65.**

	Media	Des. Tip.	Per. 5%	Per. 95%	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_SCM2								
CEMENTO								
Oscuro	65.63	1.53	63.53	67.50	63.53	67.50	3.98	5
Blanco	65.83	.82	64.82	66.94	64.82	66.94	2.12	5
Total	65.73	1.16	63.53	67.50	63.53	67.50	3.98	10
A_SCM2								
CEMENTO								
Oscuro	2.43	.26	2.07	2.80	2.07	2.80	.72	5
Blanco	2.33	.11	2.16	2.43	2.16	2.43	.27	5
Total	2.38	.19	2.07	2.80	2.07	2.80	.72	10
B_SCM2								
CEMENTO								
Oscuro	12.18	.50	11.85	13.02	11.85	13.02	1.17	5
Blanco	12.16	.36	11.60	12.57	11.60	12.57	.97	5
Total	12.17	.41	11.60	13.02	11.60	13.02	1.42	10
DIS_SCM2								
CEMENTO								
Oscuro	4.17	1.51	2.33	6.27	2.33	6.27	3.95	5
Blanco	3.94	.82	2.84	4.98	2.84	4.98	2.14	5
Total	4.06	1.15	2.33	6.27	2.33	6.27	3.95	10

Tabla 20. Valores L*(L_SCM2), a*(A_SCM2) y b*(B_SCM2) de la medición de los discos de porcelana de 0.8-1 mm y color 2A, cementados, 5 con composite blanco y 5 con oscuro, sobre sus respectivos sustratos St5, y su diferencia de color (DIS_SCM2) con respecto al color 2A de la guía de porcelana, todo ello al mes del cementado. **Illuminante A.**

	Media	Des. Típ	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_65						
ST1	70.47	1.27	68.11	75.51	7.40	50
ST5	68.34	1.30	65.75	70.98	5.23	50
Total	69.41	1.67	65.75	75.51	9.76	100
A_65						
ST1	-1.50	.20	1.34	2.07	.72	50
ST5	-1.40	.11	1.16	1.65	.49	50
Total	-1.51	.19	1.16	2.07	.91	100
B_65						
ST1	12.91	.97	10.83	17.04	6.21	50
ST5	10.86	.63	9.75	12.55	2.80	50
Total	11.90	1.31	9.75	17.04	7.29	100
DIS_65						
ST1	1.82	1.12	.26	6.43	6.17	50
ST5	2.28	.65	1.15	3.98	2.83	50
Total	2.05	.94	.26	6.43	6.17	100

Tabla 21. Valores L*(L_65), a*(A_65) y b*(B_65) de la medición de los 50 discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, adosados, primero a los sustratos St1, y luego a los sustratos St5, y la diferencia de color (DIS_65) entre ellos, con respecto al color 2A de la guía de porcelana, para ver la influencia del cambio de color del sustrato. **Illuminante D65.**

	Media	Des. Típ	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_A						
ST1	70.93	1.04	68.62	73.51	4.89	50
ST5	68.86	1.46	66.21	73.97	7.76	50
Total	69.90	1.63	66.21	73.97	7.76	100
A_A						
ST1	1.65	.32	.99	2.69	1.70	50
ST5	1.44	.15	1.16	1.74	.58	50
Total	1.54	.27	.99	2.69	1.70	100
B_A						
ST1	12.76	1.16	8.03	17.06	9.03	50
ST5	10.78	.65	9.70	12.78	3.08	50
Total	11.78	1.37	8.03	17.06	9.03	100
DIS_A						
ST1	1.73	1.05	.10	4.81	4.71	50
ST5	2.43	.73	1.20	4.62	3.42	50
Total	2.08	.97	.10	4.81	4.71	100

Tabla 22. Valores L*(L_A), a*(A_A) y b*(B_A) de la medición de los 50 discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, adosados primero a los sustratos St1 y luego a los sustratos St5, y la diferencia de color (DIS_A) entre ellos, con respecto al color 2A de la guía de porcelana, para ver la influencia del cambio de color del sustrato. **Illuminante A.**

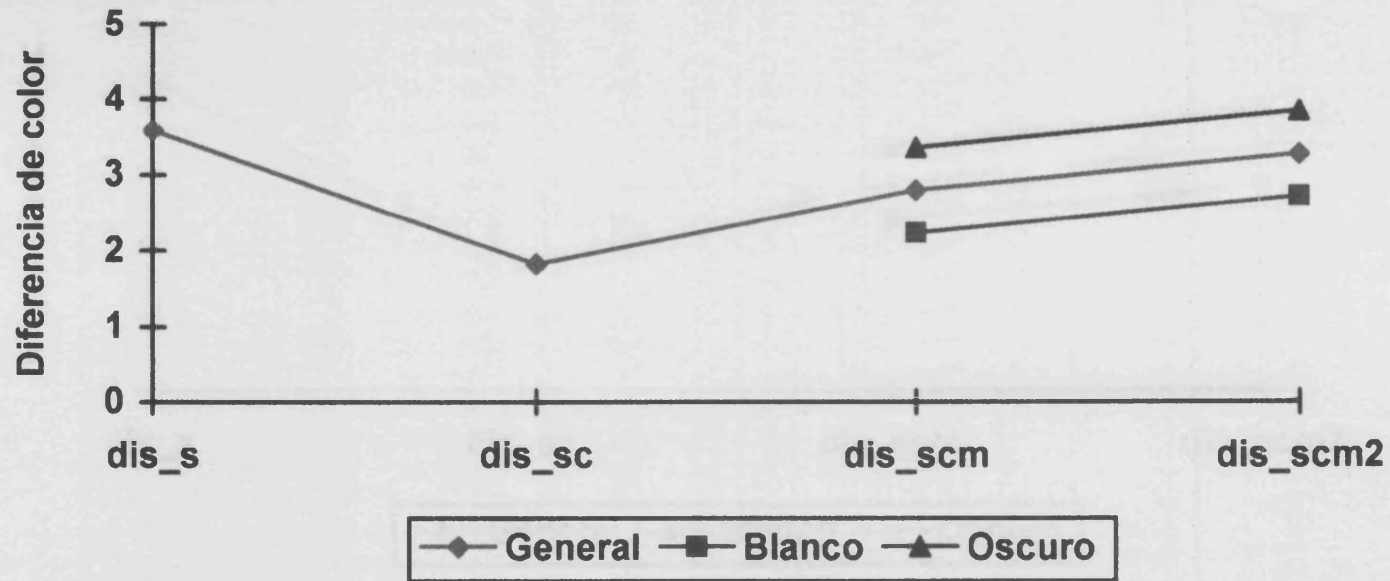
	Media	Des. Típ	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_65						
Interfase	64.63	1.22	63.07	67.16	4.09	10
Sin interfase	70.30	1.06	68.80	72.02	3.22	10
Total	67.46	3.12	63.07	72.02	8.95	20
A_65						
Interfase	-1.90	.30	1.80	2.68	.88	10
Sin interfase	-1.64	.13	1.50	1.97	.47	10
Total	-1.84	.30	1.50	2.68	1.18	20
B_65						
Interfase	12.28	.82	10.92	13.54	2.62	10
Sin interfase	12.54	.39	11.99	13.29	1.30	10
Total	12.41	.64	10.92	13.54	2.62	20
DIS_65						
Interfase	4.62	1.20	2.18	6.13	3.95	10
Sin interfase	1.44	.83	.34	2.95	2.61	10
Total	3.03	1.91	.34	6.13	5.79	20

Tabla 23. Valores L*(L_65), a*(A_65) y b*(B_65) de la medición de 10 discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, adosados a sus sustratos St1, con interfase y sin interfase de glicerina y su diferencia de color (DIS_65) con respecto al color 2A de la guía de porcelana. **Illuminante D65.**

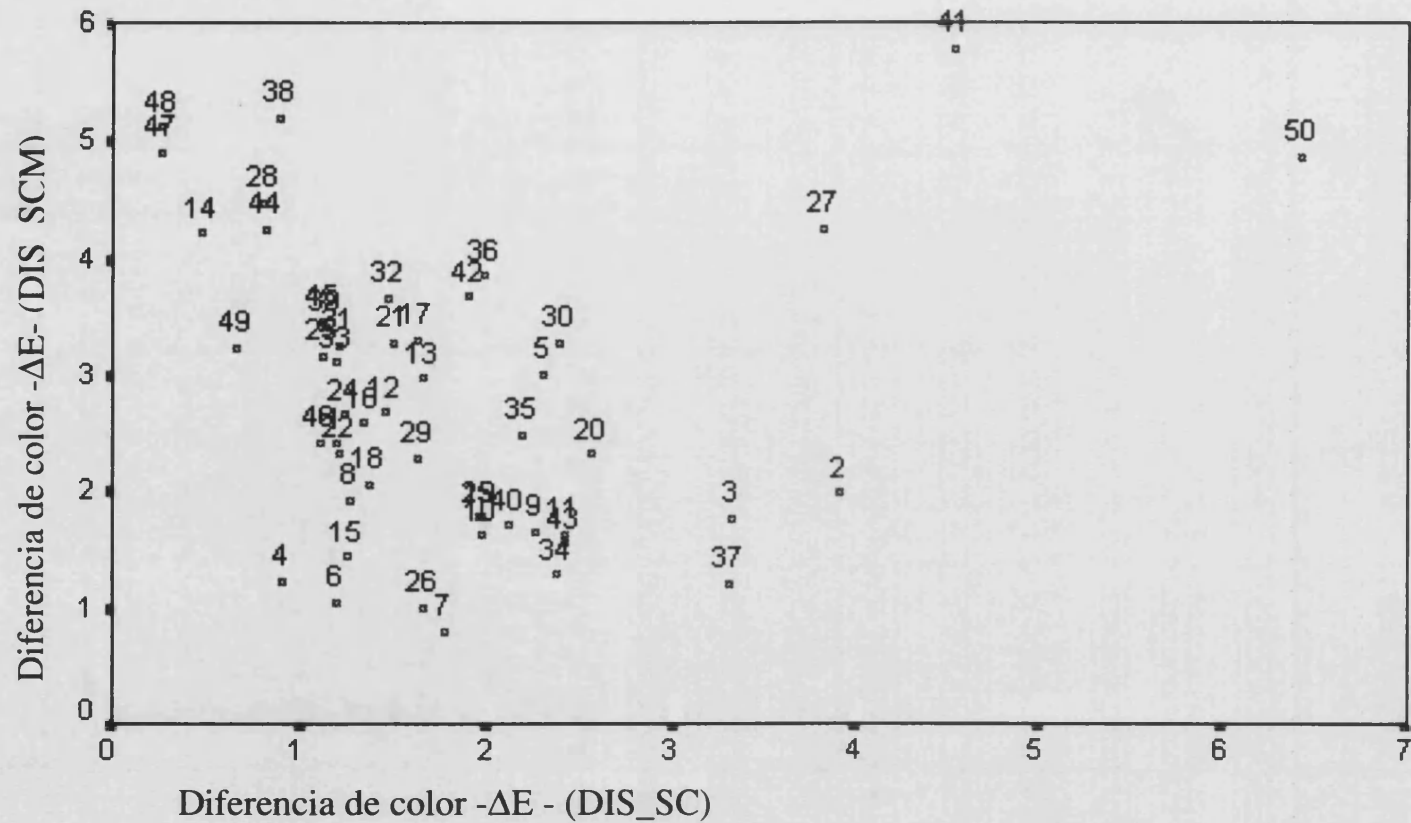
	Media	Des. Típ	Mínimo	Máximo	Rango	Casos
L_A						
Interfase	65.12	1.18	63.52	67.31	3.79	10
Sin interfase	70.85	1.07	69.29	72.60	3.31	10
Total	67.98	3.14	63.52	72.60	9.08	20
A_A						
Interfase	1.01	.39	.12	1.40	1.27	10
Sin interfase	1.55	.19	1.07	1.82	.74	10
Total	1.28	.41	.12	1.82	1.69	20
B_A						
Interfase	12.05	.84	10.73	13.33	2.61	10
Sin interfase	12.39	.43	11.84	13.20	1.36	10
Total	12.22	.68	10.73	13.33	2.61	20
DIS_A						
Interfase	4.73	1.17	2.63	6.29	3.66	10
Sin interfase	1.43	.81	.25	2.94	2.69	10
Total	3.08	1.95	.25	6.29	6.03	20

Tabla 24. Valores L*(L_A), a*(A_A) y b*(B_A) de la medición de 10 discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, adosados a sus sustratos St1, con interfase y sin interfase de glicerina, y su diferencia de color (DIS_A) con respecto al color 2A de la guía de porcelana. **Illuminante A.**

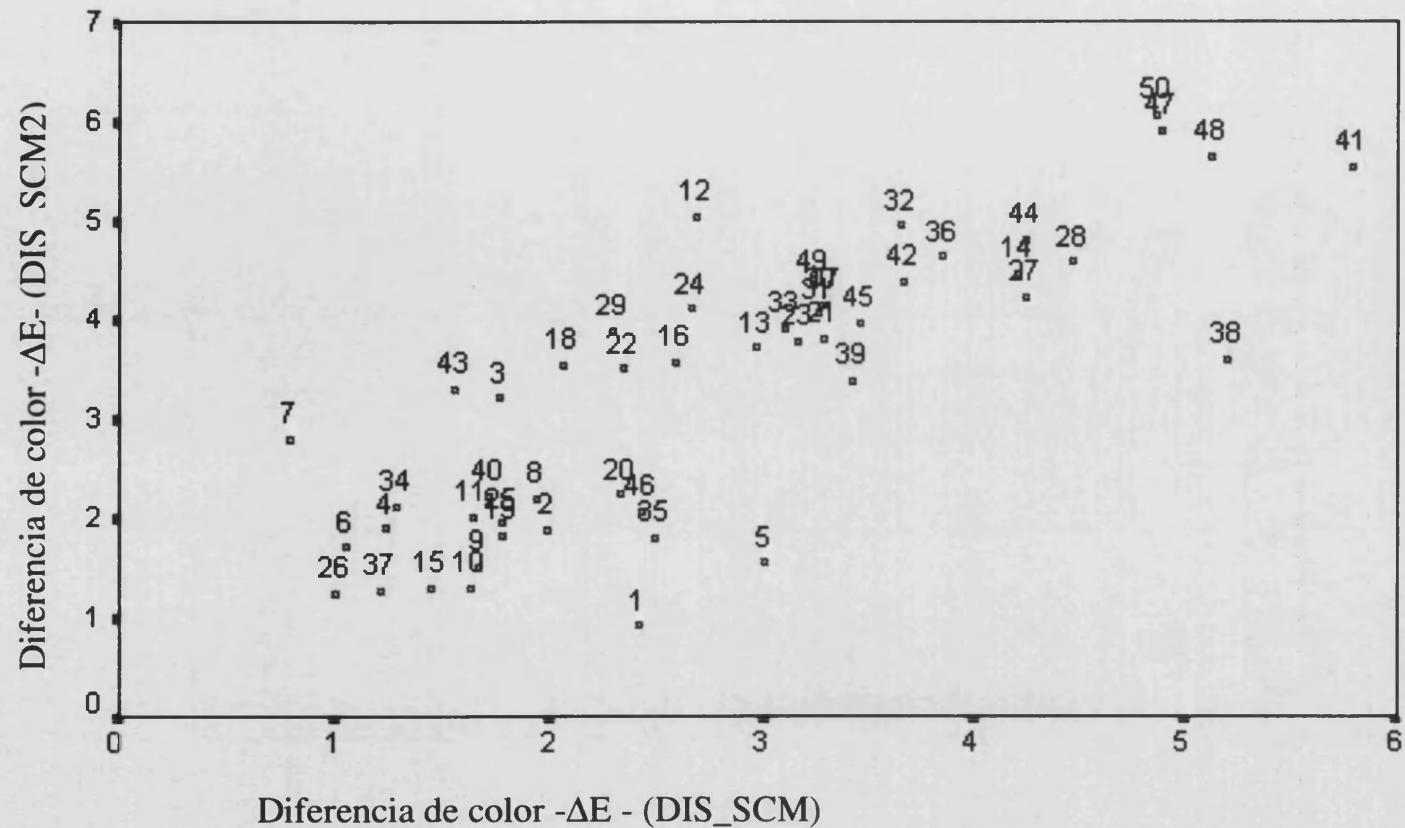
Distancia media según situación



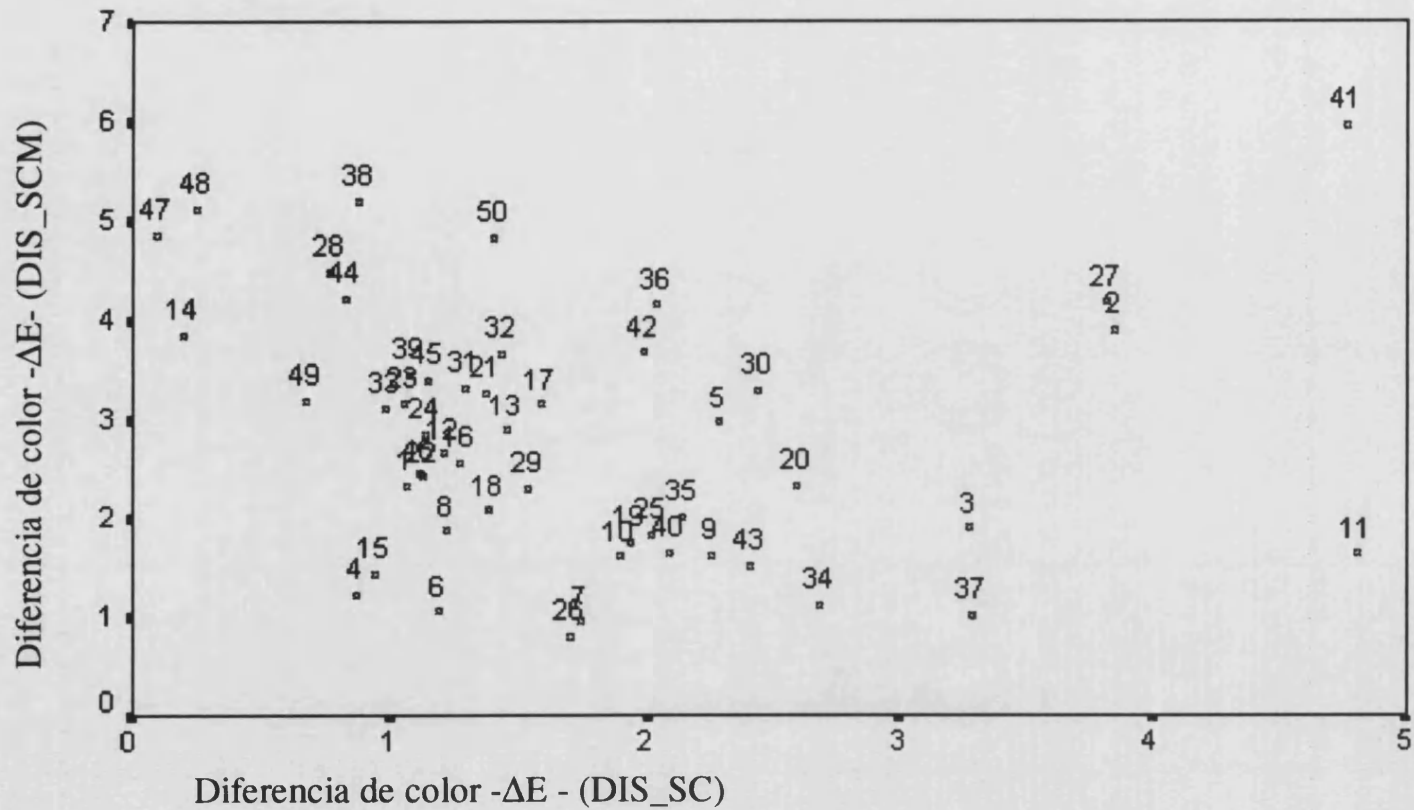
Gráfica 2. Diferencias de color medidas en discos de porcelana de 0.3-0.4 mm con sustrato St1 y con **iluminante D65**, según se trate de: s = sustrato; sc = sustrato adosado a carilla; scm = sustrato y carilla recién cementados; scm2 = sustrato y carilla al mes del cementado.



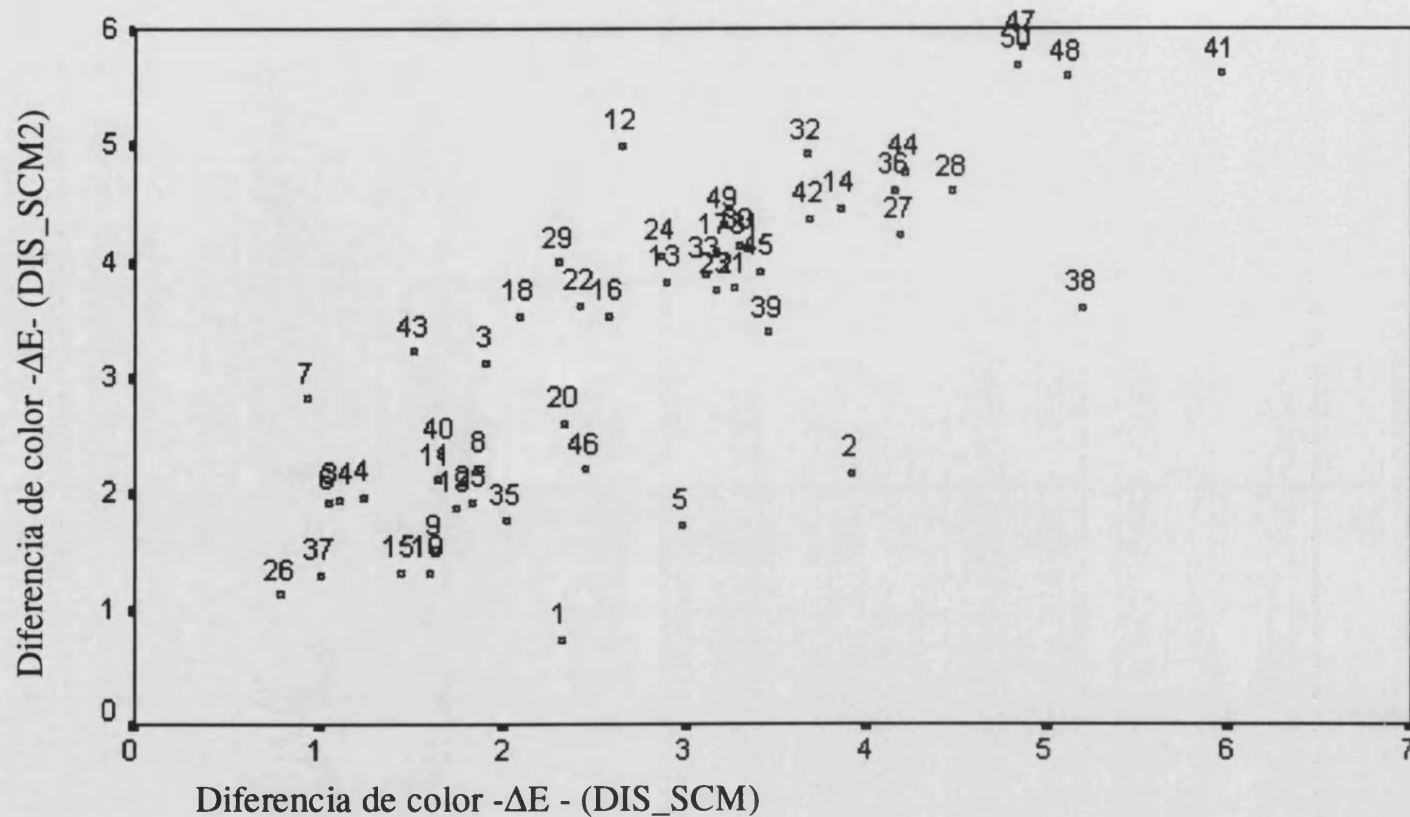
Gráfica 4. Variaciones en las diferencias de color (DIS_SC y DIS_SCM), respecto del color 2A de la guía de porcelana, cuando medimos los 50 sustratos St1 adosados a los discos de porcelana 2A de 0.3-0.4 mm (DIS_SC), y los comparamos con las mediciones de los 50 discos de porcelana color 2A de 0.3-0.4 mm recién cementados a dichos sustratos St1 (DIS_SCM). **Iluminante D65.**



Gráfica 5. Variaciones en las diferencias de color (DIS_SCM y DIS_SCM2), respecto del color 2A de la guía de porcelana, cuando medimos los 50 sustratos St1 recién cementados a los discos de porcelana 2A de 0.3-0.4 mm (DIS_SCM), y los comparamos con las mediciones de los 50 discos de porcelana color 2A de 0.3-0.4 mm al mes de cementados a dichos sustratos St1 (DIS_SCM2). Iluminante D65.

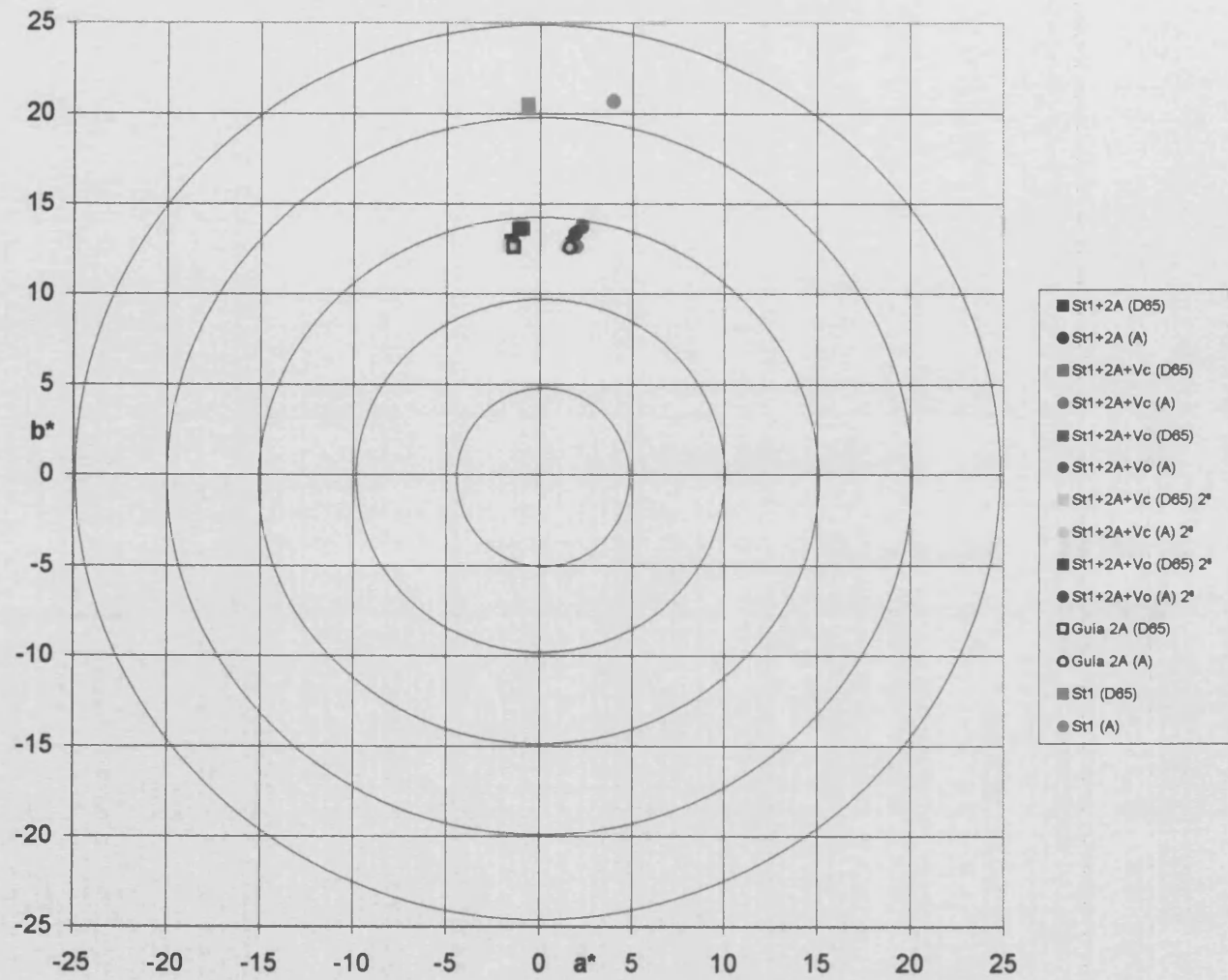


Gráfica 6. Variaciones en las diferencias de color (DIS_SC y DIS_SCM), respecto del color 2A de la guía de porcelana, cuando medimos los 50 sustratos St1 adosados a los discos de porcelana 2A de 0.3-0.4 mm (DIS_SC), y los comparamos con las mediciones de los 50 discos de porcelana color 2A de 0.3-0.4 mm recién cementados a dichos sustratos St1 (DIS_SCM). **Illuminante A.**

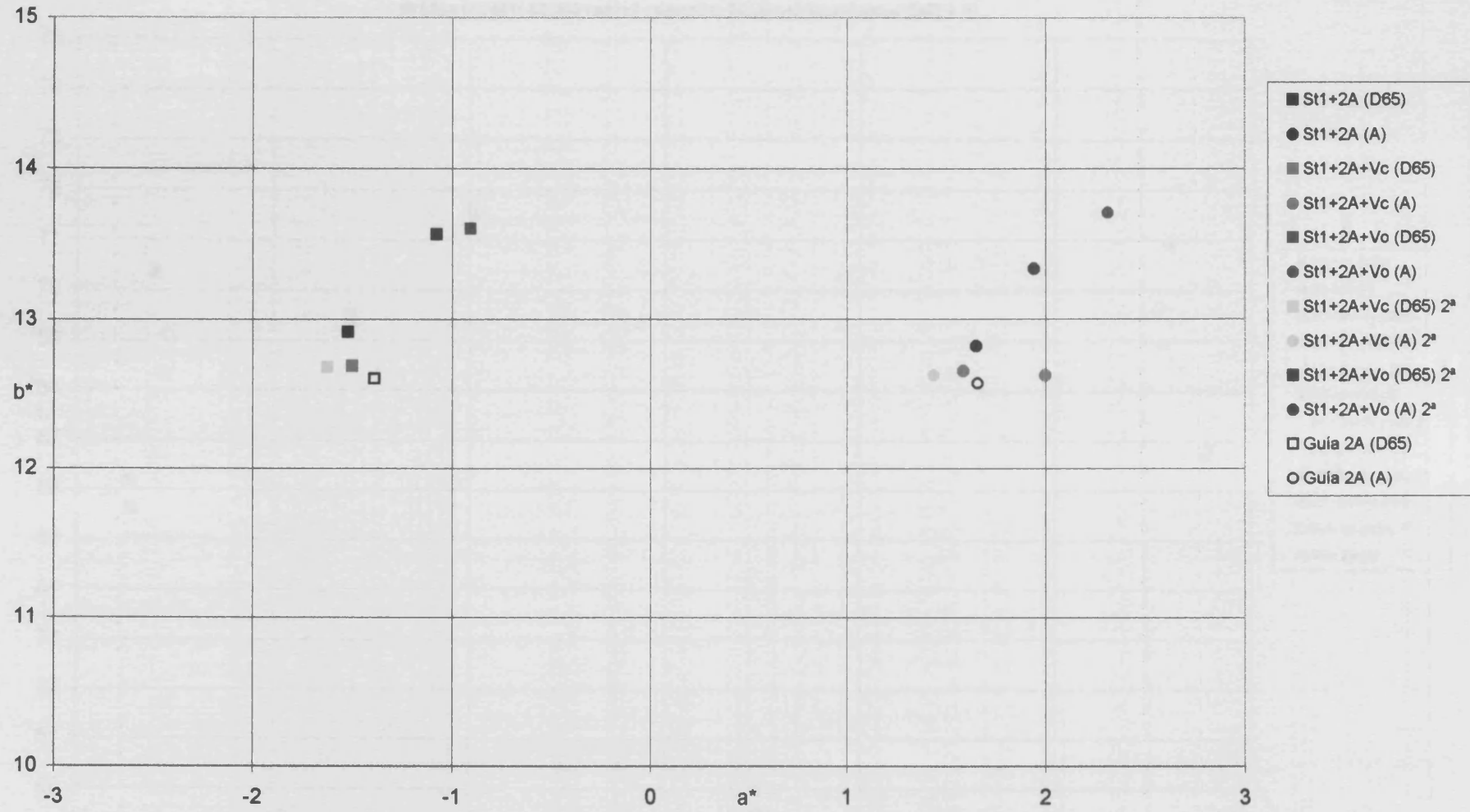


Gráfica 7. Variaciones en las diferencias de color (DIS_SCM y DIS_SCM2), respecto del color 2A de la guía de porcelana, cuando medimos los 50 sustratos St1 recién cementados a los discos de porcelana 2A de 0.3-0.4 mm (DIS_SCM), y los comparamos con las mediciones de los 50 discos de porcelana color 2 A de 0.3-0.4 mm al mes de cementados a dichos sustratos St1 (DIS_SCM2).
Illuminante A.

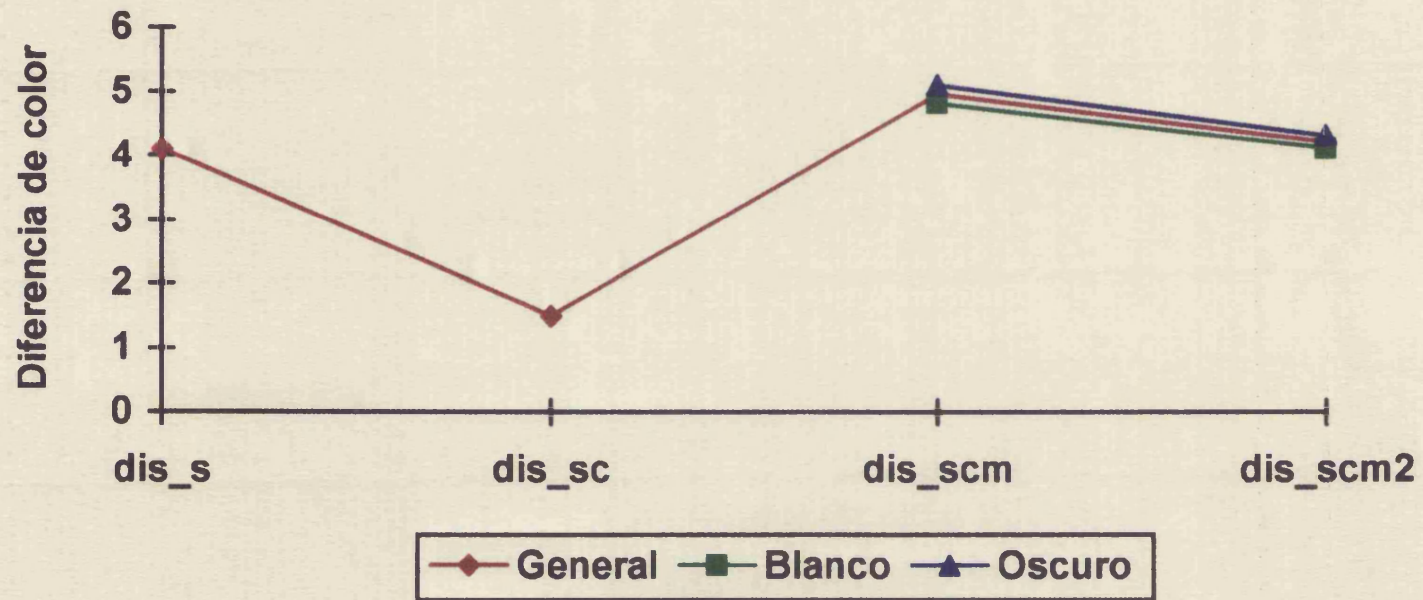
Gráfica 8a: St1+2A(0.3 mm)+2 cementos (Vc,Vo)+2 iluminantes (D65,A)



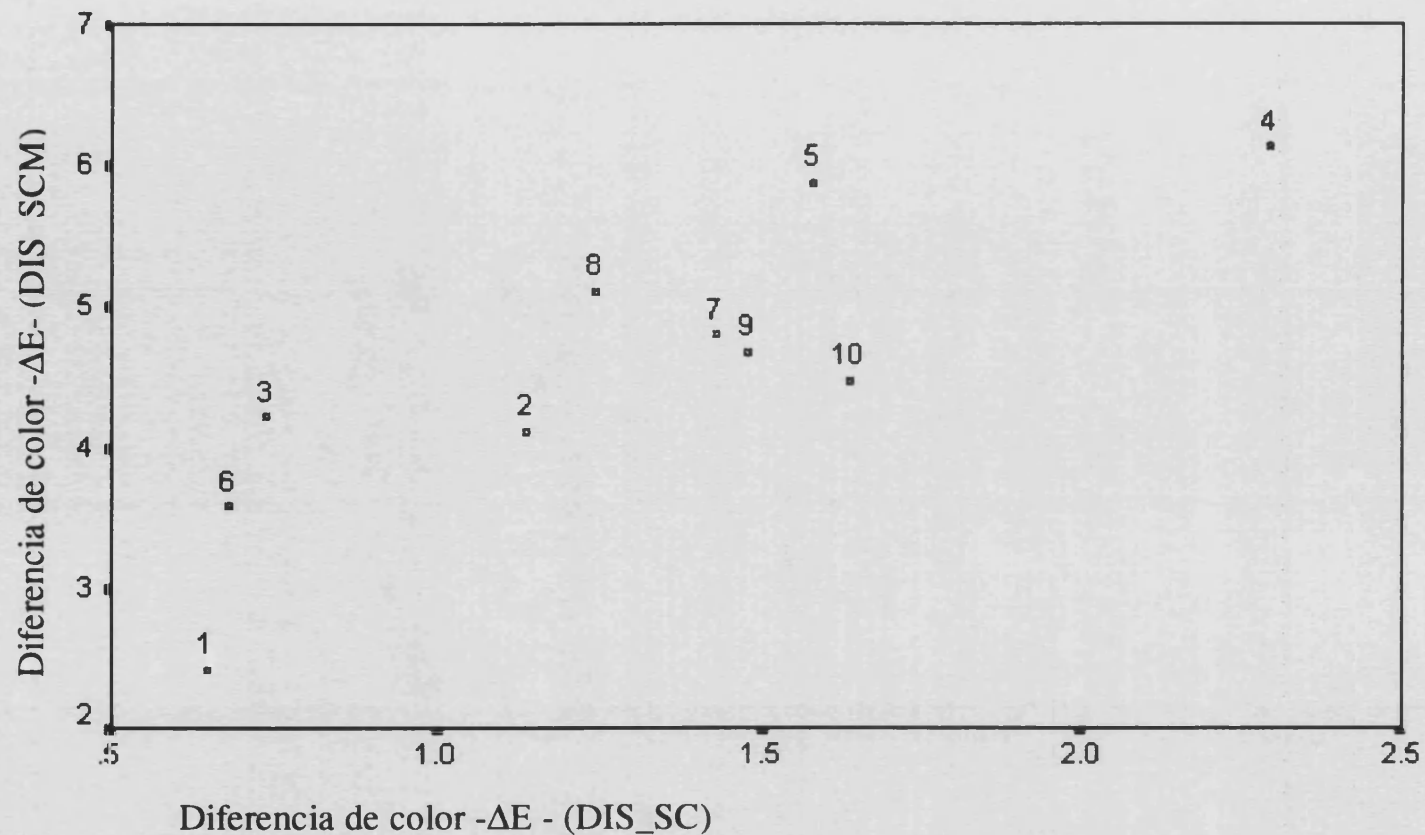
Gráfica 8b: St1+2A(0.3mm)+2 cementos (Vc,Vo)+2 iluminantes (D65,A)



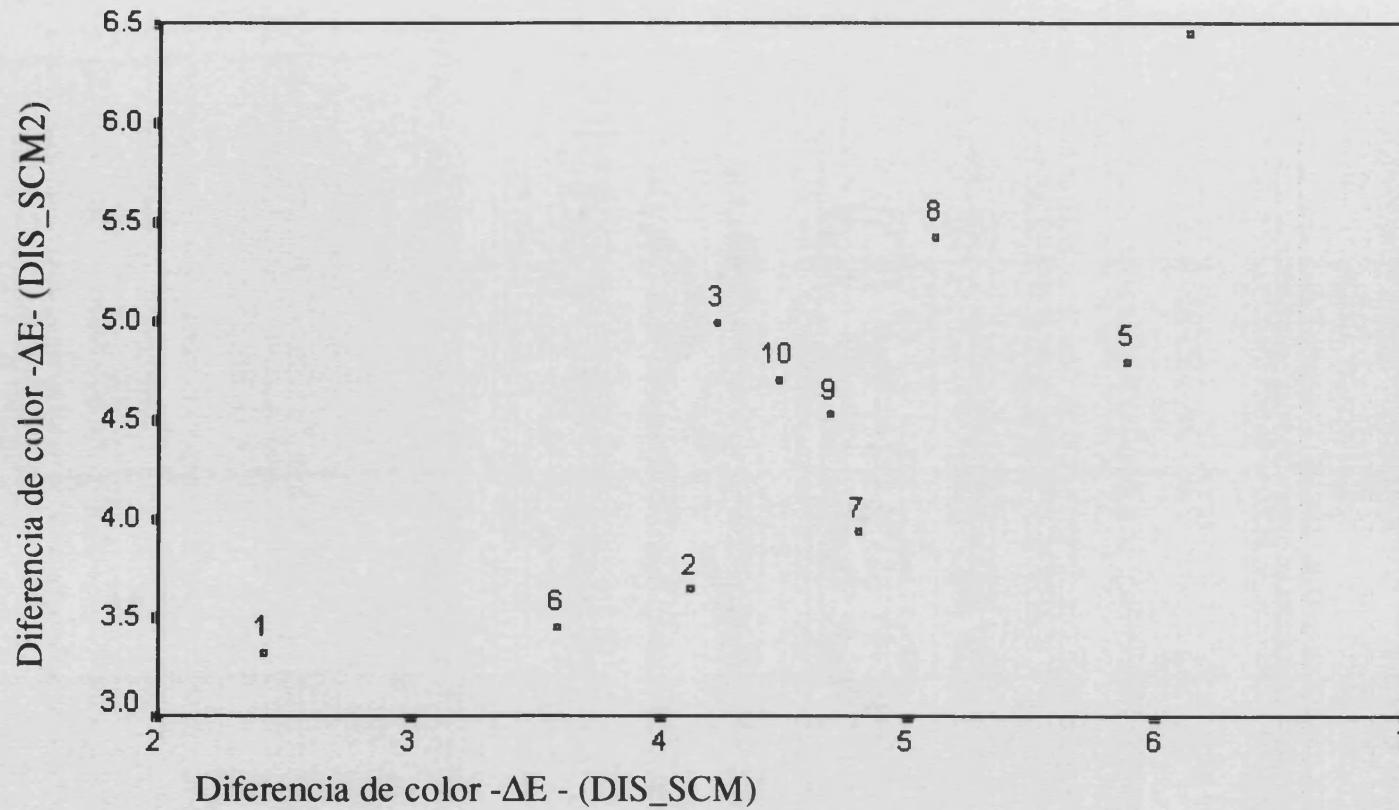
Distancia media según situación



Gráfica 9. Diferencias de color medidas en discos de porcelana de 0.8-1 mm y color 2A, con sustrato St5 y con **iluminante D65**, según se trate de: **s** = sustrato; **sc** = sustrato adosado a carilla; **scm** = sustrato y carilla recién cementados; **scm2** = sustrato y carilla al mes del cementado.

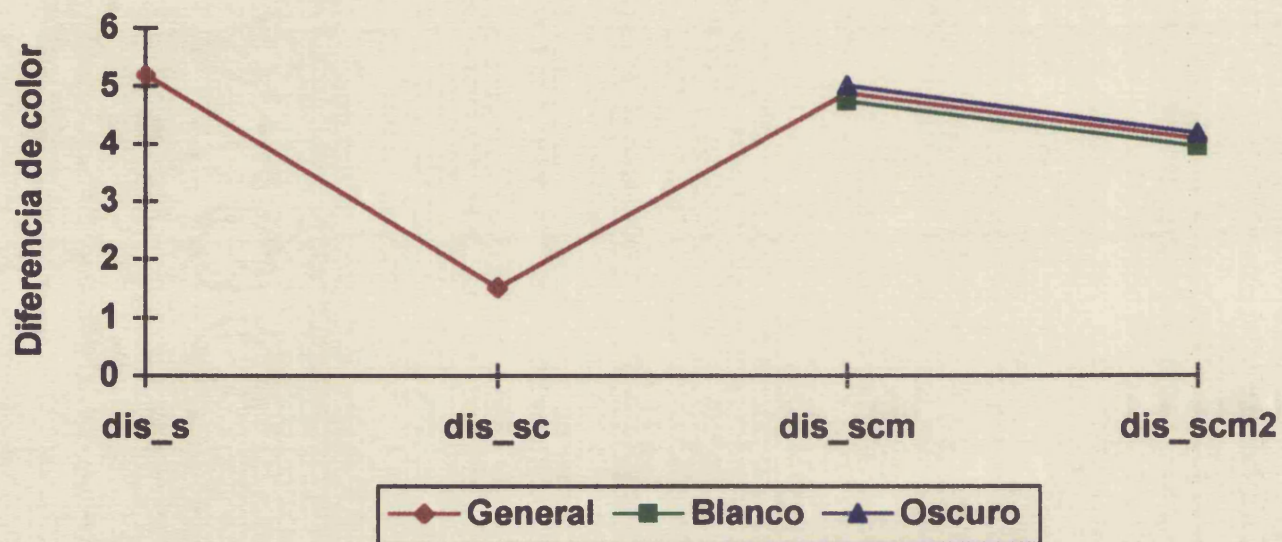


Gráfica 10. Variaciones en las diferencias de color (DIS_SC y DIS_SCM), respecto del color 2A de la guía de porcelana, cuando medimos los 10 sustratos St5 adosados a los discos de porcelana 2A de 0.8-1 mm (DIS_SC), y los comparamos con las mediciones de los 10 discos de porcelana color 2A de 0.8-1 mm recién cementados a dichos sustratos St5 (DIS_SCM). **Iuminante D65.**

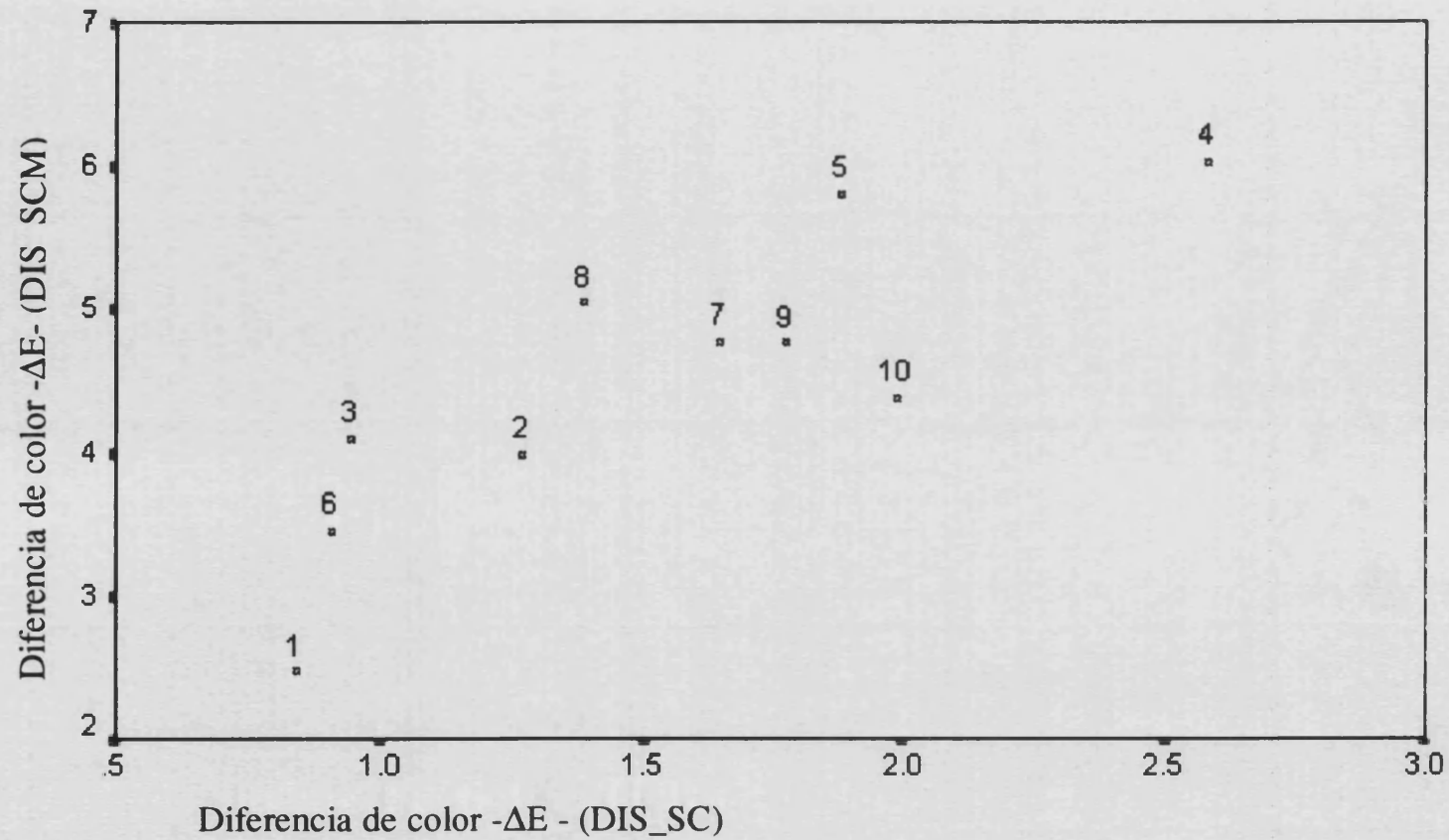


Gráfica 11. Variaciones en las diferencias de color (DIS_SCM y DIS_SCM2), respecto del color 2A de la guía de porcelana, cuando medimos los 10 sustratos St5 recién cementados a los discos de porcelana 2A de 0.8-1 mm (DIS_SCM), y los comparamos con las mediciones de los 10 discos de porcelana color 2A de 0.8-1 mm al mes de cementados a dichos sustratos St5 (DIS_SCM2). **Iluminante D65.**

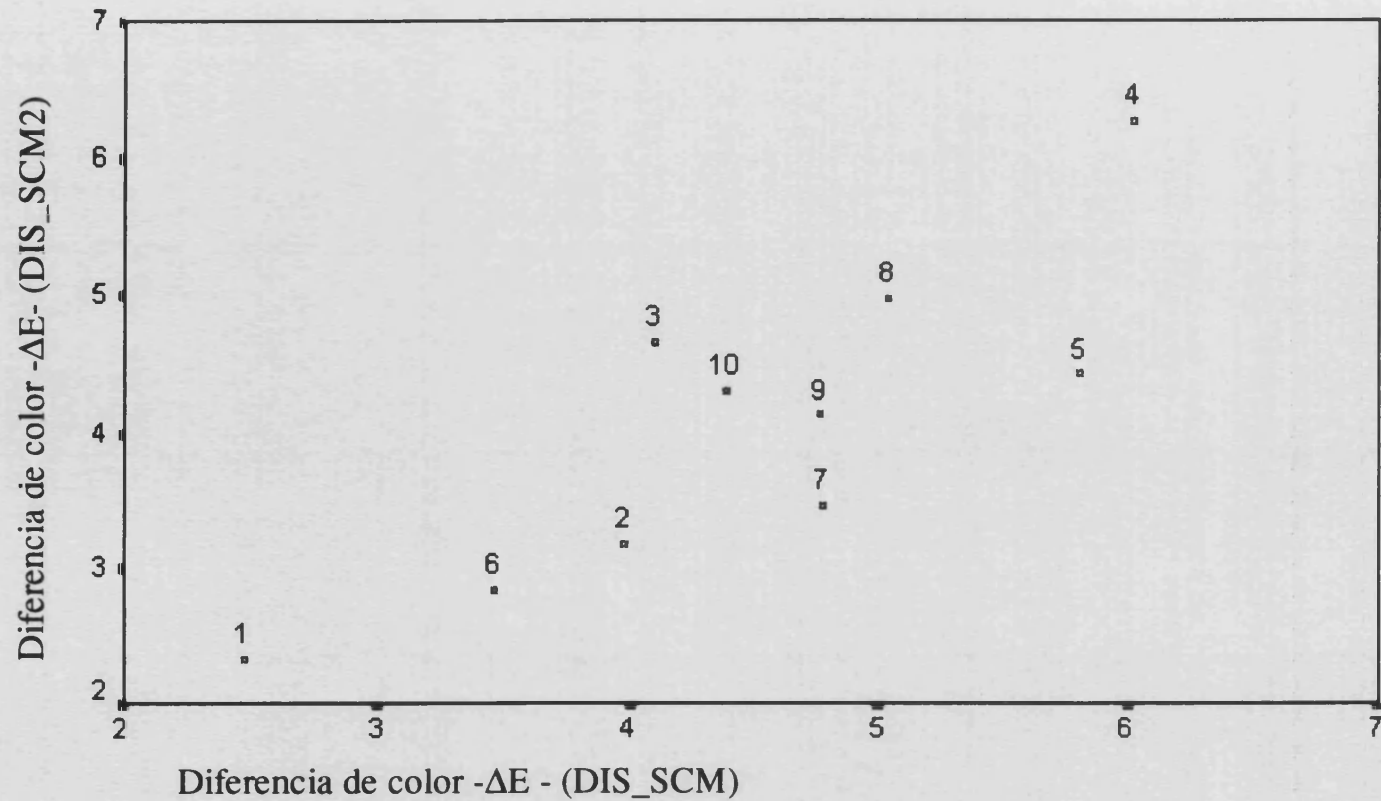
Distancia media según situación



Gráfica 12. Diferencias de color medidas en discos de porcelana de 0.8-1 mm con sustrato St5 y con **iluminante A**, según se trate de: **s** = sustrato; **sc** = sustrato adosado a carilla; **scm** = sustrato y carilla recién cementados; **scm2** = sustrato y carilla al mes del cementado.

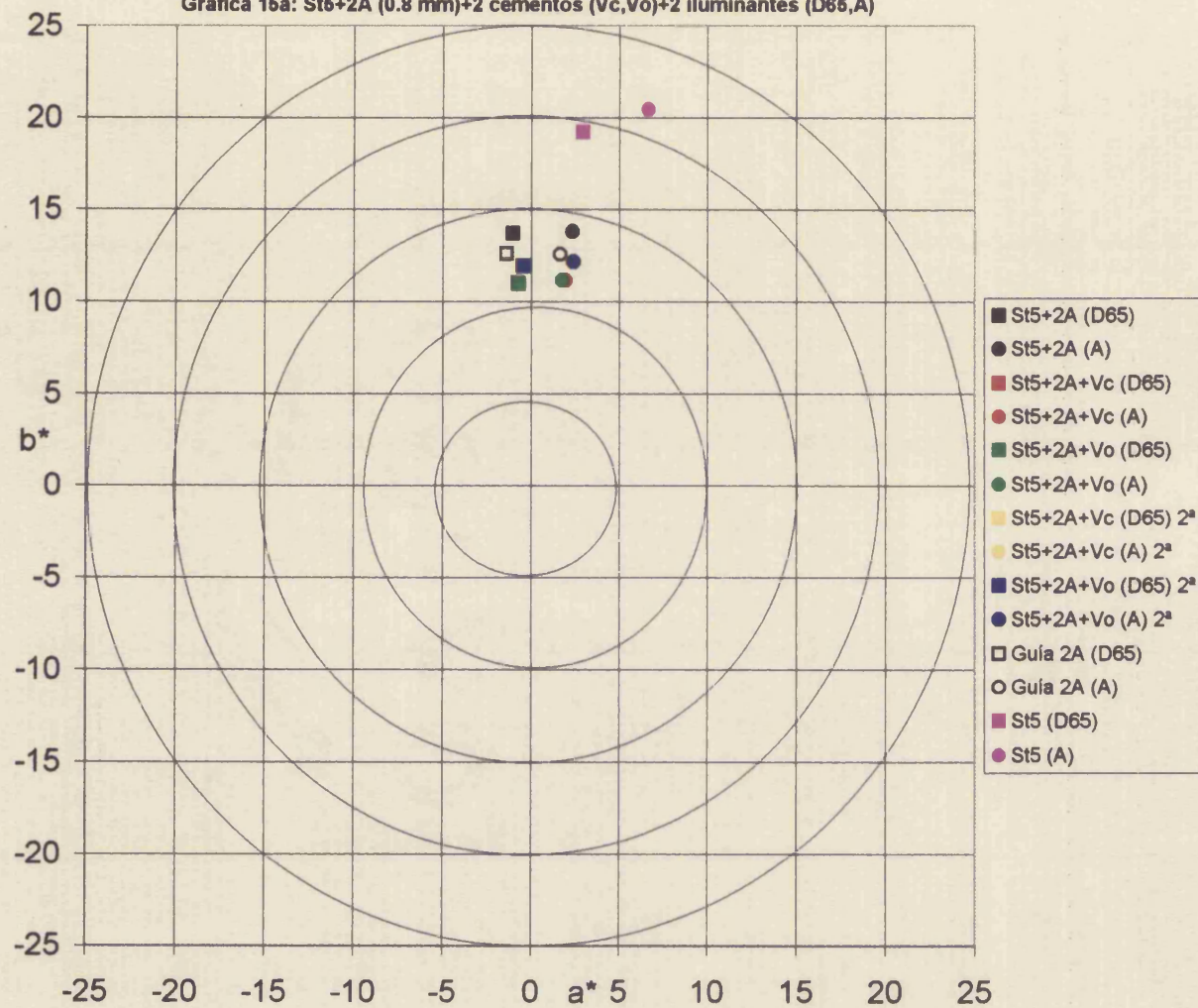


Gráfica 13. Variaciones en las diferencias de color (DIS_SC y DIS_SCM), respecto del color 2A de la guía de porcelana, cuando medimos los 10 sustratos St5 adosados a los discos de porcelana 2 A de 0.8-1 mm (DIS_SC), y los comparamos con las mediciones de los 10 discos de porcelana color 2 A de 0.8-1 mm recién cementados a dichos sustratos St5 (DIS_SCM). **Iluminante A.**

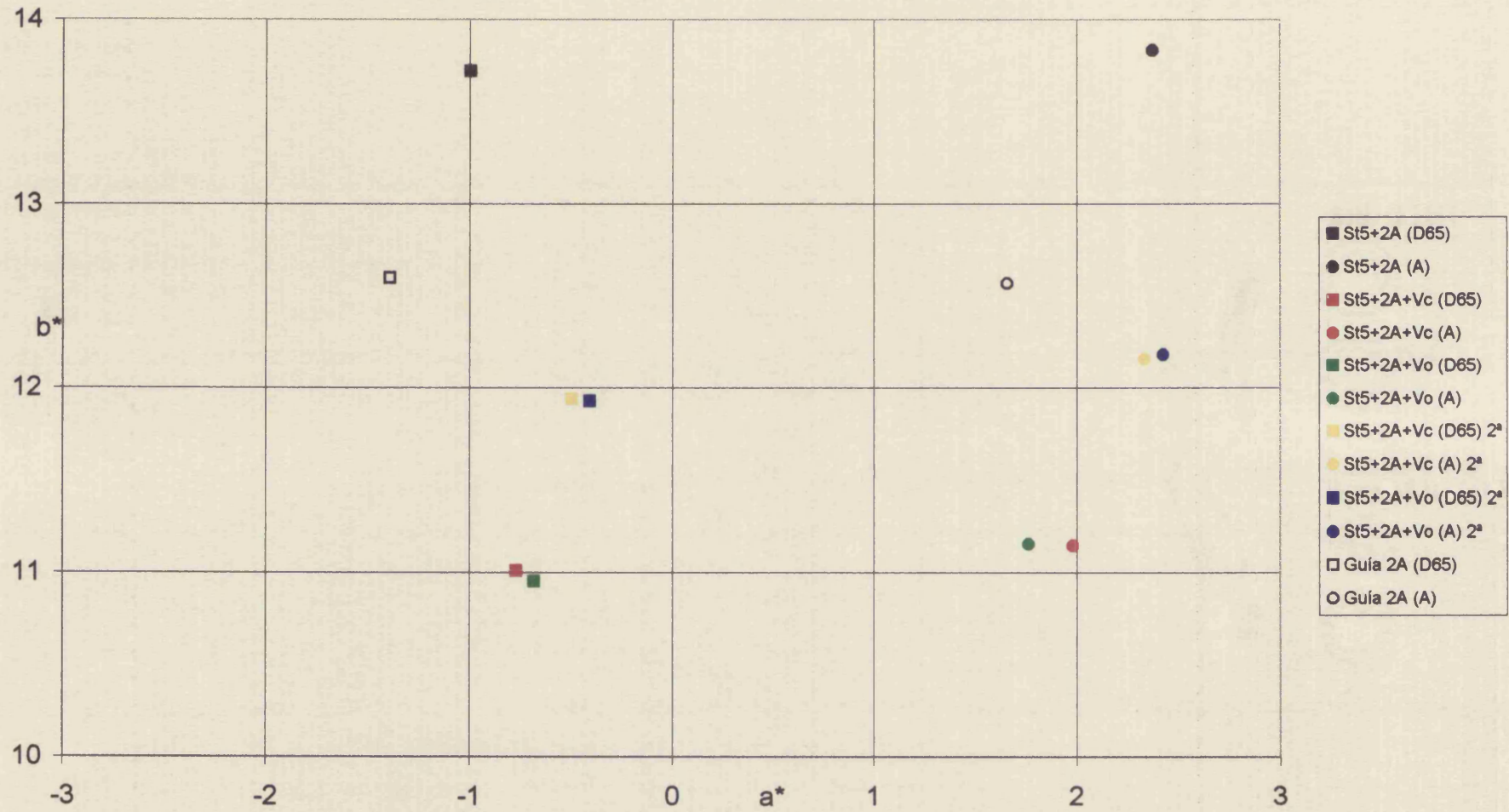


Gráfica 14. Variaciones en las diferencias de color (DIS_SCM y DIS_SCM2), respecto del color 2A de la guía de porcelana, cuando medimos los 10 sustratos St5 recién cementados a los discos de porcelana 2 A de 0.8-1 mm (DIS_SCM), y los comparamos con las mediciones de los 10 discos de porcelana color 2 A de 0.8-1 mm al mes de cementados a dichos sustratos St5 (DIS_SCM2). **Iuminante A.**

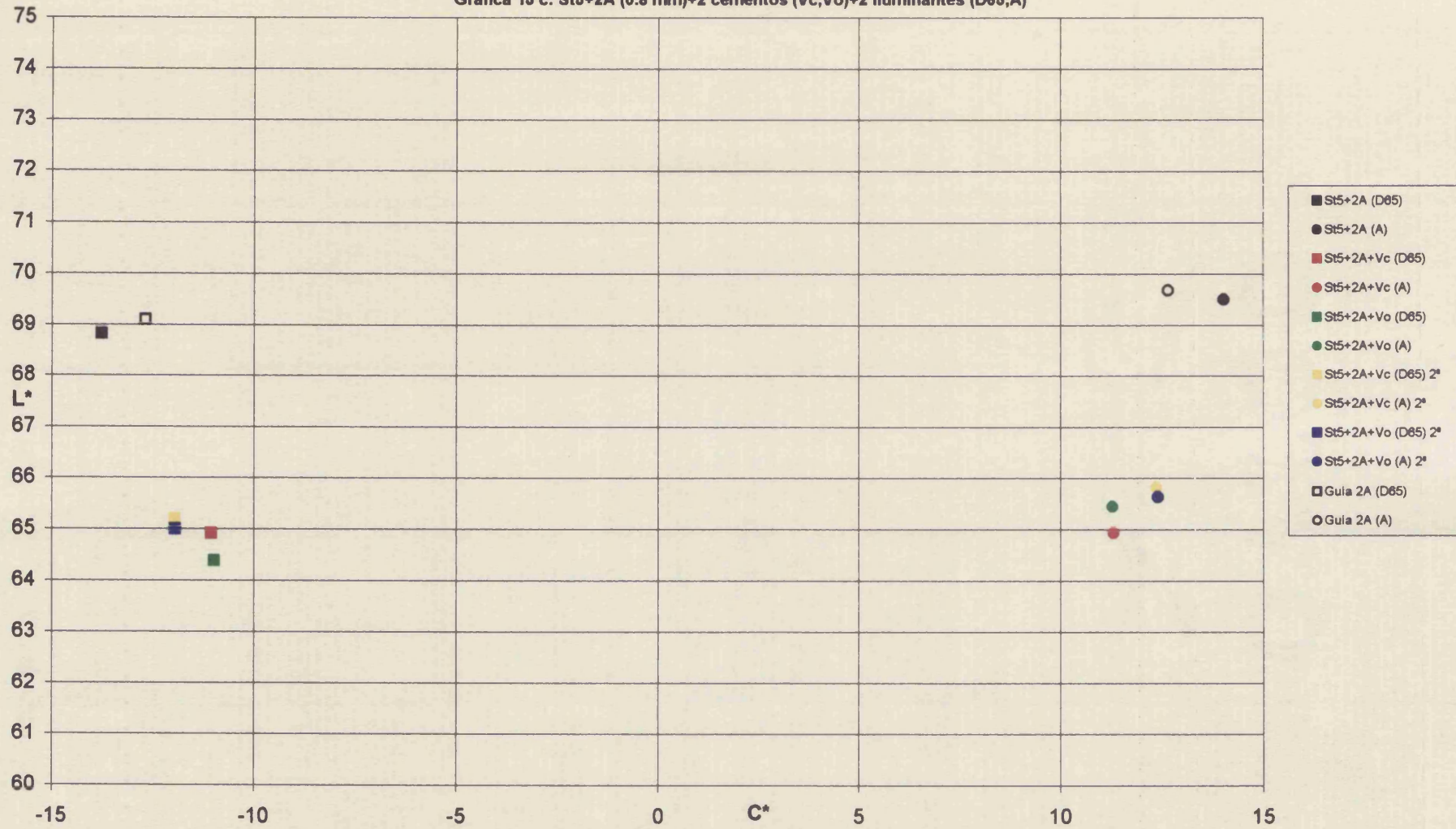
Gráfica 15a: St5+2A (0.8 mm)+2 cementos (Vc,Vo)+2 iluminantes (D65,A)



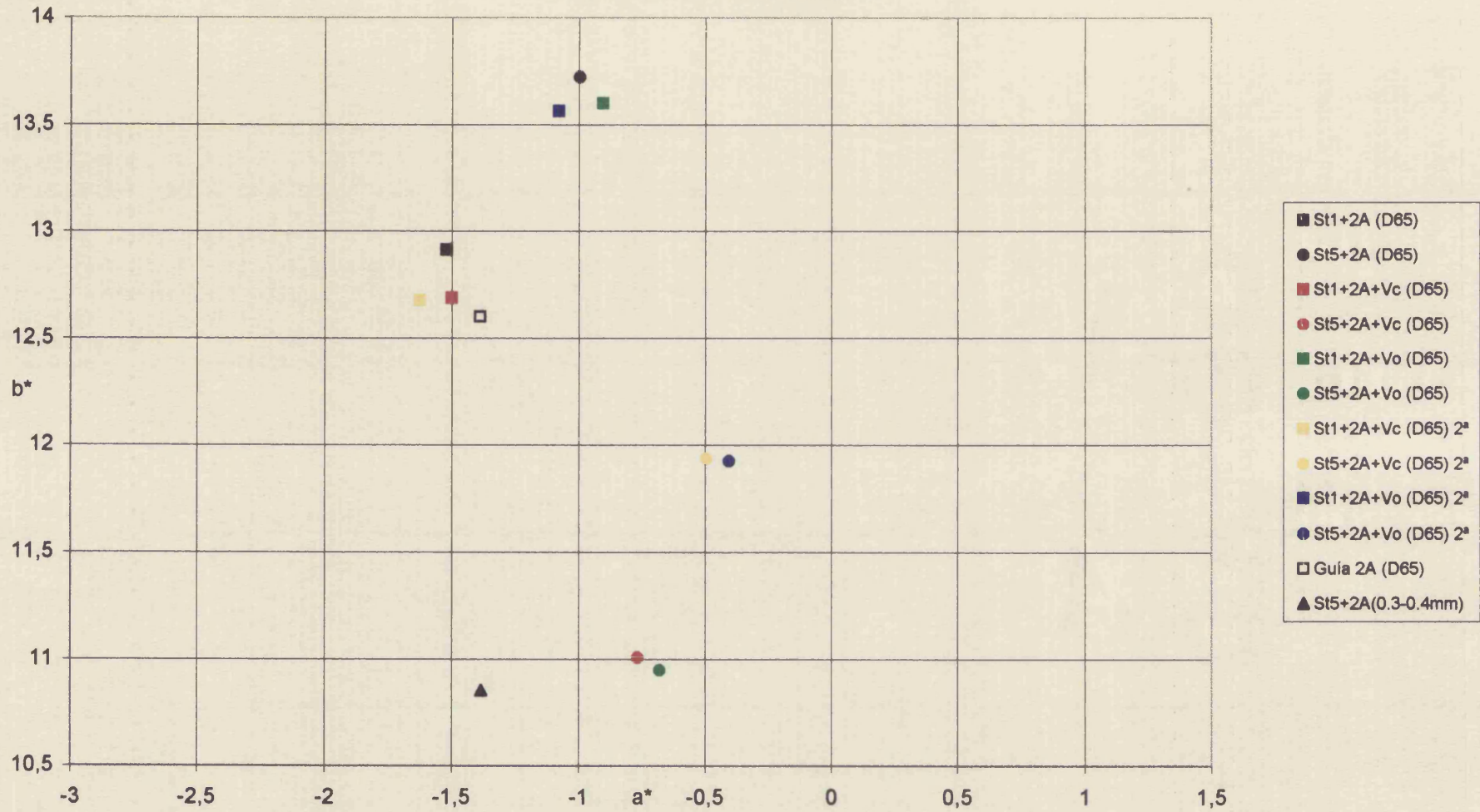
Gráfica 15b: St5+2A (0.8 mm)+2 cementos (Vc,Vo)+2 iluminantes (D65,A)



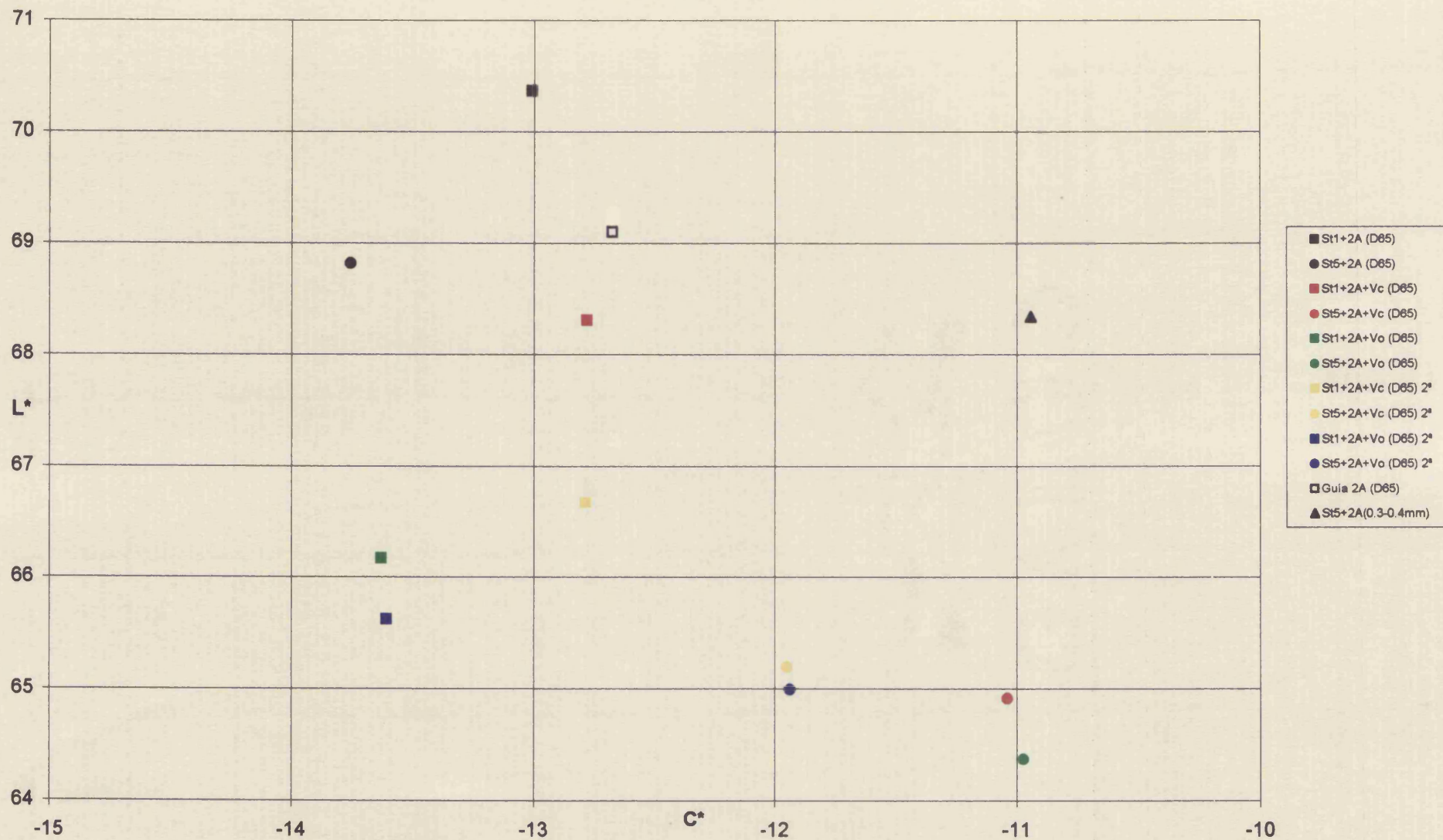
Gráfica 15 c: St5+2A (0.8 mm)+2 cementos (Vc,Vo)+2 iluminantes (D65,A)



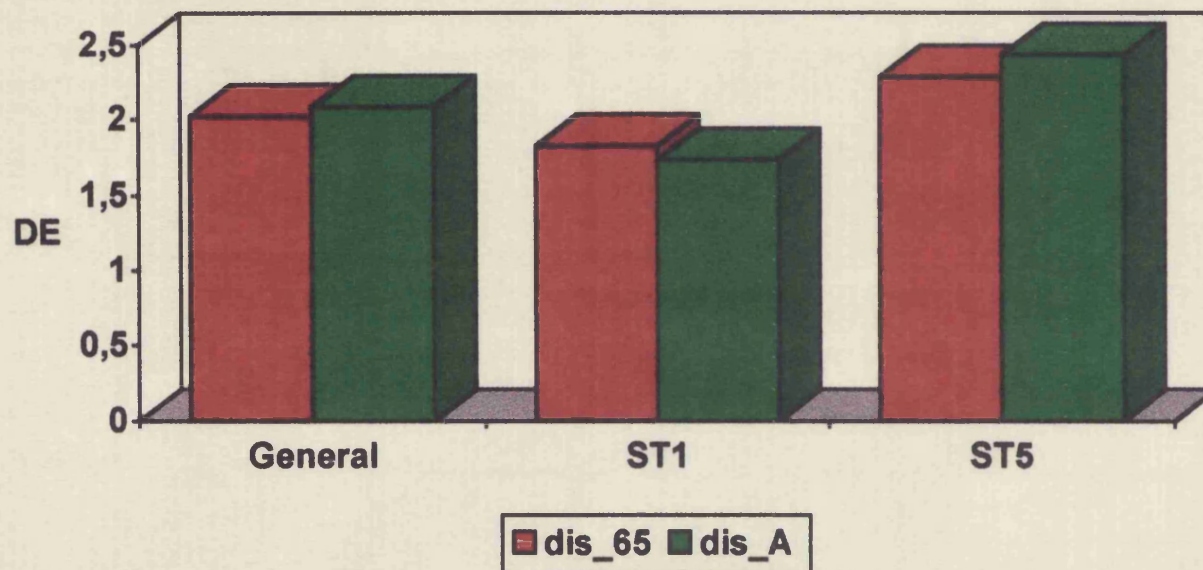
Gráfica 15 d: St1+2A(0.3 mm)+2 cementos (Vc,Vo)+D65
St5+2A(0.8 mm)+2 cementos (Vc,Vo) +D65



Gráfica 15e: St1+2A(0.3 mm)+2 cementos (Vc,Vo)+D65
St5+2A(0.8 mm)+2 cementos (Vc,Vo) +D65

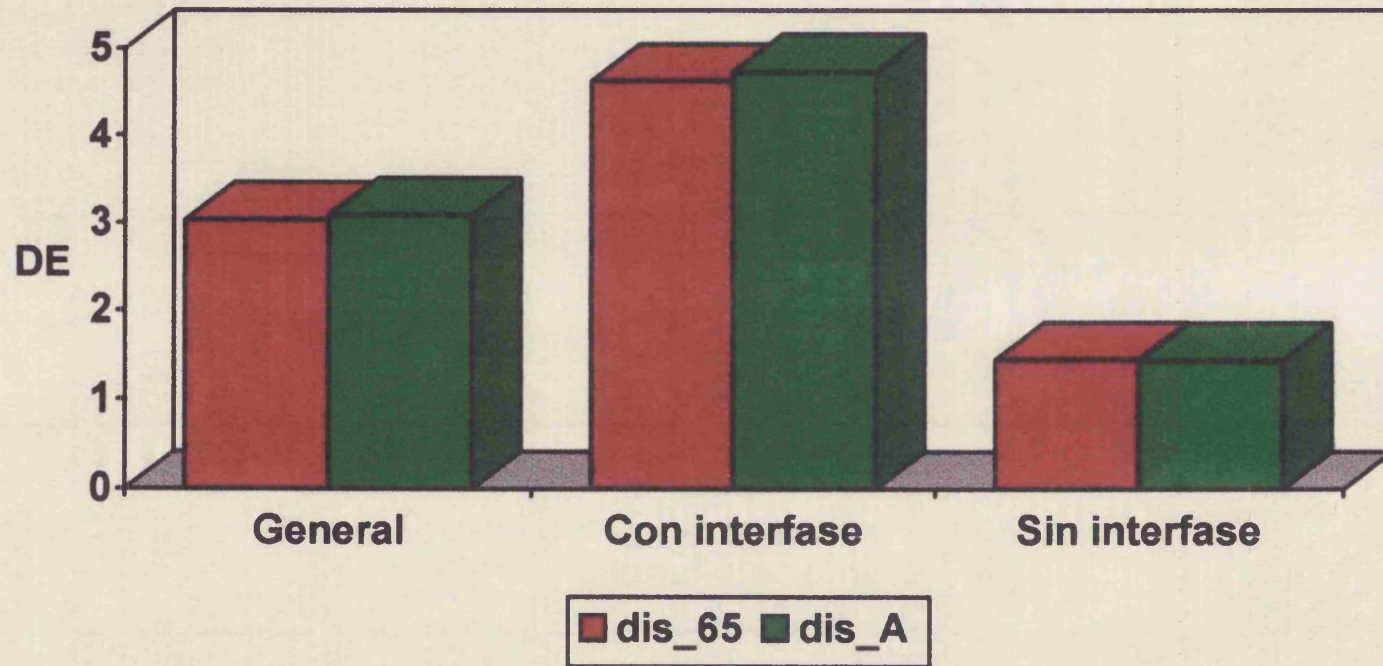


Distancia media según tipo de sustrato



Gráfica 16. Diferencias de color (DE) de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, adosados sobre sustratos St1 y St5 respectivamente, con respecto al color 2A de la guía de porcelana. Iluminante D65 (dis_65) y A (dis_A).

Distancia media según interfase



Gráfica 17. Diferencias de color (DE) de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y color 2A, sobre sustrato St1, con y sin interfase de glicerina, con respecto al color 2A de la guía de porcelana. Iluminantes D65 (dis_65) y A (dis_A).

St1D65	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
1	Datos					referencia	L	a	b																			DE	DE(a,b)	DM	
2	50,00					cromatica	67,07	-0,61	20,46																			3,59	3,23	1,37	
3						para																						STD	STD	STD	
4						calculo				Global	MEDIA	STD	VAR															1,01	1,07	0,63	
5	ILUM	DENTINA	CARILLA	ESPOSOR	CEMENTO	D.E.	FONDO			L	65,83	0,91	0,82																		
6	D65	St1				G-St1	negro			a	-2,07	0,43	0,19																		
7										b	17,64	1,13	1,27																		
8																															
9																															
10	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L (MEDIA)	L (STD)	L (VAR)	a-1	a-2	a-3	a-4	a-5	a-6	a (MEDIA)	a (STD)	a (VAR)	b-1	b-2	b-3	b-4	b-5	b-6	b (MEDIA)	b (STD)	b (VAR)	DE	DE(a,b)	DM	
11	64,63	65,85	65,50	64,06			65,01	0,71	0,50	-2,94	-2,89	-2,79	-2,89			-2,28	0,05	0,00	16,92	17,75	17,54	17,01			17,31	0,35	0,12	4,40	3,89	1,20	
12	65,71	64,90	65,00				65,20	0,36	0,13	-2,85	-2,79	-2,78				-2,81	0,03	0,00		16,92	16,64		16,65		16,74	0,13	0,02	4,71	4,32	1,32	
13	65,19	65,00	64,71				64,97	0,20	0,04	-2,91	-2,90	-3,00				-2,94	0,04	0,00	16,71	16,57	16,84				16,71	0,11	0,01	4,09	4,42	1,54	
14	66,03	66,05	65,94				64,05	0,05	0,00	-2,06	-2,11	-2,08				-2,08	0,02	0,00	18,00	17,88	17,87				17,92	0,05	0,00	3,13	2,94	0,33	
15	64,04	64,05	64,34				64,14	0,14	0,02	-1,64	-1,64	-1,67				-1,65	0,01	0,00	17,15	17,40	17,09				17,21	0,13	0,02	4,49	3,41	1,79	
16	65,03	64,43	65,14				64,87	0,31	0,10	-2,83	-2,80	-2,85				-2,83	0,02	0,00	16,04	16,31	16,61				16,39	0,32	0,10	5,13	4,64	1,75	
17	64,58	64,72	64,70				64,67	0,06	0,00	-2,62	-2,63	-2,64				-2,63	0,01	0,00	16,24	16,45	16,41				16,37	0,08	0,01	5,16	4,52	1,81	
18	65,80	65,28	65,42	66,54	66,48		65,90	0,52	0,27	-2,75	-2,75	-2,69	-2,68	-2,69		-2,71	0,03	0,00	16,44	17,01	17,15	16,85	16,07		16,82	0,25	0,05	4,38	4,20	1,04	
19	66,63	65,59	65,35	65,40			65,74	0,62	0,27	-1,70	-1,65	-1,66	-1,68			-1,67	0,02	0,00	16,42	16,47	16,49	17,17			16,64	0,31	0,10	4,18	3,97	1,08	
20	65,88	65,89	65,90				66,89	0,01	0,00	-2,08	-2,11	-2,09				-2,09	0,01	0,00	18,12	18,19	18,11				18,14	0,04	0,00	3,00	2,75	0,51	
21	66,34	65,31	66,23				66,96	0,46	0,21	-2,27	-2,05	-2,22				-2,18	0,09	0,01	18,09	17,55	17,99				17,88	0,23	0,05	3,22	3,02	0,29	
22	65,09	65,49	65,65				65,41	0,24	0,06	-2,02	-2,66	-2,08				-2,25	0,29	0,08	18,46	18,21	18,03				18,23	0,18	0,03	3,23	2,77	0,75	
23	63,99	63,92	64,05				63,99	0,05	0,00	-2,90	-2,98	-2,94				-2,94	0,03	0,00	16,55	16,46	16,46				16,49	0,04	0,00	4,34	3,05	2,21	
24	64,46	64,58	64,74				64,59	0,11	0,01	-2,03	-2,38	-2,36				-2,26	0,16	0,03	18,30	18,35	18,27				18,31	0,03	0,00	3,67	2,71	1,42	
25	67,33	66,70	67,04				67,02	0,26	0,07	-2,24	-2,06	-1,96				-2,35	0,38	0,14	15,96	15,78	15,70				15,81	0,11	0,01	4,96	4,96	2,20	
26	65,05	64,66	65,06				64,93	0,19	0,04	-1,66	-1,45	-1,72				-1,51	0,12	0,01	16,45	16,28	15,96				16,23	0,20	0,04	4,84	4,35	1,73	
27	64,81	64,67	64,82				64,77	0,07	0,00	-1,93	-1,88	-1,87				-1,89	0,03	0,00	19,71	19,54	19,40				19,55	0,13	0,02	2,79	1,67	2,20	
28	64,70	65,55	65,41				65,22	0,37	0,14	-1,86	-1,89	-1,83	-1,74			-1,33	0,06	0,00	16,41	16,52	16,85	16,71			16,62	0,17	0,03	4,43	4,03	1,21	
29	65,90	65,38	65,80				65,69	0,23	0,05	-2,45	-2,89	-1,77				-2,37	0,46	0,21	18,20	17,95	18,13				18,09	0,11	0,01	2,25	2,95	0,56	
30	64,38	64,61	64,34				64,44	0,12	0,01	-1,56	-1,61	-1,52				-1,36	0,04	0,00	19,22	19,32	19,20				19,25	0,05	0,00	3,05	1,54	2,19	
31	65,52	65,58	65,67				65,59	0,06	0,00	-1,81	-1,71	-1,76				-1,76	0,04	0,00	19,79	19,42	19,60				19,60	0,15	0,02	2,06	1,43	2,01	
32	65,20	65,22					65,21	0,01	0,00	-2,81	-2,78					-2,30	0,02	0,00		17,55	17,55				17,65	0,00	0,00	4,09	3,64	0,96	
33	66,27	66,04					64,16	0,12	0,01	-2,62	-2,60					-2,51	0,01	0,00	17,01	16,88					16,95	0,06	0,00	4,15	4,04	0,93	
34	67,02	66,85					66,94	0,08	0,01	-1,65	-1,84					-1,75	0,09	0,01	17,81	17,86					17,84	0,02	0,00	2,65	2,95	1,17	
35	67,02	67,46	66,78				67,09	0,28	0,08	-1,69	-1,94	-1,91				-1,35	0,11	0,01	18,64	18,76	18,75				18,72	0,05	0,00	2,14	2,14	1,67	
36	66,46	66,25					66,36	0,11	0,01	-1,52	-1,52					-1,52	0,00	0,00		18,74	18,73				18,74	0,00	0,00	2,08	1,95	1,34	
37	66,72	66,48					66,60	0,12	0,01	-1,67	-1,60					-1,64	0,04	0,00	17,79	18,15					17,97	0,18	0,03	2,73	2,59	0,94	
38	66,73	66,72					66,73	0,01	0,00	-1,62	-1,61					-1,52	0,00	0,00		18,09	18,08				18,09	0,00	0,00	2,60	2,60	1,10	
39	66,41	66,52					66,47	0,05	0,00	-2,50	-2,54					-2,52	0,02	0,00	16,92	16,82					16,87	0,05	0,00	4,11	4,07	1,09	
40	66,28	66,38					66,33	0,05	0,00	-1,58	-1,69					-1,34	0,06	0,00	18,61	19,04					18,83	0,22	0,05	2,07	1,93	1,36	
41	66,63	66,18					66,41	0,23	0,05	-1,91	-1,78					-1,85	0,07	0,00	19,95	19,81					19,88	0,07	0,00	1,52	1,36	2,33	
42	66,38	66,38					66,38	0,00	0,00	-1,73	-1,70					-1,72	0,02	0,00		18,72	18,74				18,73	0,01	0,00	2,17	2,05	1,27	
43	65,30	65,29					65,30	0,00	0,00	-1,99	-1,99					-1,99	0,00	0,00	18,85	18,74					18,80	0,05	0,00	2,80	2,16	1,28	
44	65,87	65,99					65,93	0,06	0,00	-1,76	-1,80					-1,76	0,02	0,00		17,99	17,87				17,93	0,06	0,00	3,01	2,79	0,43	
45	65,27	65,31					65,29	0,02	0,00	-2,10	-2,12					-2,11	0,01	0,00	18,44	18,51					18,48	0,03	0,00	3,05	2,46	1,00	
46	67,81	67,57					67,69	0,12	0,01	-1,36	-1,38					-1,37	0,01	0,00	17,07	17,14					17,11	0,04	0,00	3,50	3,44	2,06	
47	65,34	65,23					65,29	0,06	0,00	-1,99	-2,11					-2,05	0,06	0,00	18,60	18,75					18,68	0,08	0,01	2,91	2,29	1,17	
48	66,44	66,42					66,43	0,01	0,00	-1,97																					

S1/A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE						
1	DATOS					transmisión																															
2	50.00					promática																															
3						para																															
4						cálculo																															
5	ILUM	DENTINA	CARILLA	ESPESOR	CEMENTO	D.L.	FONDO																														
6	A	Sr1				negro																															
7																																					
8																																					
9																																					
10	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	L24	L25	L26	L27	L28	L29	L30	L31	L32	L33	L34	L35		
11	65.26	66.53	66.17	64.71		67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59			
12	65.36	65.63	65.54			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59		
13	65.62	65.30	65.62			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	
14	66.80	66.70	66.83			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	
15	64.52	65.13	64.81			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	
16	65.03	65.67	65.76			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	
17	65.35	65.34	65.22			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	
18	65.46	65.93	66.05			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	
19	66.34	66.10	66.14			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	
20	66.66	66.68	66.68			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	
21	67.10	66.06	66.99			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	
22	66.88	66.26	66.33			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	
23	64.63	64.62	64.76			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
24	65.22	65.34	65.54			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
25	68.02	67.30	67.69			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
26	65.00	65.42	65.78			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
27	65.67	65.63	65.66			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
28	66.15	66.29	65.43			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
29	66.54	66.06	66.71			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
30	65.22	65.49	65.27			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
31	66.55	66.46	66.41			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
32	65.90	65.87	65.81			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
33	66.96	66.71	66.66			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
34	67.66	67.81	67.81			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
35	67.84	68.28	67.63			67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59	67.59
36	67.12	67.32				67.59	67.59	67.59	67.59																												

SID65	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	
1	DATOS					referencia	L	a	b																			DE	DE(a,b)	DM		
2	10,00					cromatica	58,95	2,96	19,22																			4,12	3,18	0,57		
3						para																					STD	STD	STD			
4						calculo																					0,63	0,30	0,52			
5	ILUM	IDENTIFICACION				D.E.	FONDO		Global																							
6	D65	S15				G-S15	negro		L	56,35	0,66	0,43																				
7									a	0,46	0,17	0,03																				
8									b	17,27	0,37	0,14																				
9																																
10	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-5	L (MEDIA)	L (STD)	L (VAR)	a-1	a-2	a-3	a-4	a-5	a-6	a (MEDIA)	a (STD)	a (VAR)	b-1	b-2	b-3	b-4	b-5	b-6	b (MEDIA)	b (STD)	b (VAR)	DE	DE(a,b)	DM		
11	54,38	54,95	54,35	54,35		54,55	0,28	0,09	0,08	0,08	0,06	0,27				0,14	0,09	0,01	15,92	17,17	16,00				15,36	0,57	0,33	5,95	4,02	2,04		
12	56,97	56,75				56,86	0,11	0,01	0,05	0,65	0,71					0,58	0,03	0,00	17,15	17,13	17,17				17,15	0,02	0,00	3,72	3,09	0,56		
13	57,04	56,78				56,92	0,13	0,02	0,41	0,45						0,43	0,02	0,00	17,45	17,34					17,40	0,05	0,00	3,72	3,12	0,58		
14	56,21	56,55	55,95			56,24	0,25	0,06	0,47	0,35	0,49					0,44	0,06	0,00	17,80	17,84	17,84				17,83	0,02	0,00	3,96	2,89	0,57		
15	56,12	56,60	56,23			56,32	0,21	0,04	0,54	0,42	0,52					0,49	0,05	0,00	17,47	17,25	17,39				17,37	0,09	0,01	4,05	3,08	0,11		
16	56,70	56,56				56,63	0,07	0,00	0,68	0,65						0,57	0,02	0,00	17,24	17,15					17,20	0,04	0,00	3,54	3,06	0,35		
17	56,91	57,08				57,00	0,09	0,01	0,56	0,42						0,49	0,07	0,00	17,04	17,09					17,07	0,03	0,00	3,82	3,28	0,67		
18	56,40	56,24	56,28			56,31	0,07	0,00	0,55	0,57	0,59					0,54	0,02	0,00	17,34	17,17	17,30				17,27	0,07	0,01	4,06	3,08	0,12		
19	56,54	56,34	56,43			56,44	0,08	0,01	0,54	0,51	0,56					0,54	0,02	0,00	17,64	17,61	17,59				17,61	0,02	0,00	3,84	2,81	0,36		
20	56,20	56,28	56,37			56,28	0,07	0,00	0,00	0,34	0,28					0,21	0,15	0,02	17,33	17,45	17,63				17,47	0,12	0,02	4,21	3,26	0,33		

St5mismoZAA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE			
1	DATOS						referencia	L	a	b																								
2	50.00						comparativa	68.68	1.66	12.57																								
3							para																											
4							calculo				Global	MEDIA	STD	VAR																				
5	R/IM	DENTINA	CARILLA	ESPESOR	CEMENTO	D.E.	FONDO					L	a	b																				
6	A	S15(1)	2A	0.3-0.4	No	G-2A	Negro					L	a	b																				
7												L	a	b																				
8												L	a	b																				
9												L	a	b																				
10	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L (MEDIA)	L (STD)	L (VAR)	a-1	a-2	a-3	a-4	a-5	a-6	a (MEDIA)	a (STD)	a (VAR)	b-1	b-2	b-3	b-4	b-5	b-6	b (MEDIA)	b (STD)	b (VAR)	DE	DE(a,b)	DM				
11	67.25	68.05	69.21				67.84	0.42	0.18	1.71	1.73	1.56				1.87	0.08	0.01	11.54	11.79	11.62				11.65	0.10	0.01	2.06	0.92	1.36				
12	71.07	71.17	70.82				71.02	0.15	0.02	1.26	1.36	1.27				1.30	0.04	0.00	10.31	10.67	10.29				10.42	0.17	0.03	2.56	2.18	2.21				
13	69.13	69.13	69.14				69.13	0.09	0.00	1.24	1.23	1.19				1.21	0.02	0.00	9.45	9.82	9.83				9.70	0.18	0.03	2.95	2.90	1.13				
14	68.78	69.01	69.21				69.00	0.17	0.03	1.69	1.36	1.40				1.44	0.18	0.02	10.76	10.68	11.49				10.98	0.36	0.13	1.74	1.60	0.28				
15	71.06	71.01	70.99				71.02	0.03	0.00	1.36	1.41	1.41				1.39	0.02	0.00	10.56	10.65	10.48				10.57	0.07	0.00	2.42	2.02	2.19				
16	67.55	67.80	67.61				67.55	0.11	0.01	1.39	1.42	1.45				1.42	0.02	0.00	11.41	11.54	10.10				11.02	0.56	0.42	2.06	1.57	1.21				
17	69.91	68.62	68.90				69.14	0.55	0.31	1.32	1.31	1.28				1.30	0.03	0.00	9.97	10.22	10.43				10.21	0.19	0.04	2.45	2.39	0.65				
18	70.35	69.96	69.82				70.34	0.22	0.05	1.59	1.70	1.70				1.44	0.05	0.00	11.01	11.14	11.00				11.06	0.08	0.01	1.55	1.51	1.27				
19	69.24	69.44	68.10				68.33	0.59	0.35	1.69	1.54	1.62				1.47	0.06	0.00	11.05	10.76	10.88				10.90	0.12	0.01	1.84	1.67	0.24				
20	70.88	70.78	71.09				70.85	0.17	0.03	1.52	1.46	1.60				1.53	0.06	0.00	11.75	11.46	11.55				11.59	0.12	0.01	1.53	0.89	2.18				
21	70.88	70.91	70.85				70.88	0.52	0.00	1.32	1.31	1.30				1.31	0.01	0.00	10.25	10.33	10.06				10.21	0.11	0.01	2.87	2.38	2.12				
22	67.82	67.77	68.34				67.98	0.26	0.07	1.46	1.63	1.32				1.47	0.13	0.02	10.88	11.73	11.18				11.20	0.43	0.10	2.20	1.39	0.96				
23	69.43	69.04	68.77				69.69	0.27	0.07	1.44	1.48	1.33				1.42	0.06	0.00	9.55	10.04	10.24				9.94	0.29	0.08	2.71	2.64	0.86				
24	66.64	67.64	66.87				67.05	0.43	0.18	1.14	1.42	1.46				1.34	0.14	0.02	10.35	10.10	9.93				10.13	0.17	0.03	3.60	2.48	1.90				
25	69.58	68.56	68.21				68.78	0.58	0.34	1.46	1.38	1.43				1.42	0.03	0.00	10.40	10.29	10.51				10.40	0.09	0.01	2.36	2.18	0.37				
26	68.65	67.96	67.72				68.38	0.41	0.17	1.47	1.49	1.75				1.57	0.13	0.03	12.79	11.43	11.81				11.94	0.40	0.34	1.72	0.63	1.41				
27	69.07	68.70	68.77				68.85	0.18	0.03	1.61	1.66	1.66				1.44	0.03	0.00	10.78	11.73	11.83				11.71	0.06	0.00	1.20	0.80	0.97				
28	70.22	70.32	69.86				70.17	0.14	0.02	1.67	1.63	1.48				1.59	0.08	0.01	10.37	11.41	11.38				11.05	0.40	0.23	1.60	1.62	1.38				
29	69.18	69.19	68.31				68.89	0.41	0.17	1.32	1.77	1.75				1.61	0.21	0.04	11.71	11.87	11.03				11.54	0.36	0.13	1.30	1.03	0.80				
30	69.58	69.61	69.16				69.46	0.30	0.04	1.29	1.15	1.13				1.19	0.07	0.01	10.13	9.97	10.44				10.18	0.20	0.04	2.45	2.44	0.89				
31	68.95	69.07	69.03				69.02	0.55	0.00	1.66	1.64	1.63				1.64	0.01	0.00	11.02	11.11	11.08				11.07	0.64	0.00	1.54	1.50	0.41				
32	67.22	66.62	67.15				67.26	0.27	0.07	1.68	1.67	1.61				1.65	0.03	0.00	11.75	11.98	11.99				11.91	0.11	0.01	2.76	0.86	2.18				
33	64.85	67.08	67.57	67.59			66.77	1.13	1.27	1.99	1.53	1.46	1.90			1.62	0.17	0.03	12.14	11.37	11.84	11.69			11.71	0.28	0.08	3.53	0.86	2.28				
34	68.01	69.56	68.40				68.94	0.65	0.43	1.26	1.32	0.91				1.18	0.18	0.03	9.96	10.95	10.69				10.60	0.18	0.08	2.27	2.03	0.36				
35	68.76	69.20	68.54				69.17	0.50	0.25	1.31	1.55	1.46				1.44	0.19	0.01	10.74	10.93	10.61				10.76	0.13	0.02	1.69	1.52	0.33				
36	70.94	70.31	70.04				70.43	0.38	0.14	1.28	1.29	1.24				1.27	0.02	0.00	10.13	10.53	10.56				10.41	0.20	0.04	2.32	2.20	1.64				
37	71.64	71.48	71.20				71.44	0.38	0.03	1.18	1.36	1.34				1.29	0.08	0.01	10.38	10.38	10.20				10.31	0.08	0.01	2.49	2.29	2.65				
38	70.00	68.01	69.51	68.48	67.83		69.77	0.65	0.72	1.47	1.46	1.50				1.47	0.01	0.00	11.35	11.10	11.11	10.76	11.02		11.07	0.19	0.04	1.77	1.51	0.31				
39	68.46	69.37	69.47				69.43	0.04	0.00	1.38	1.39	1.35	1.47	1.46		1.37	0.02	0.00	10.78	10.91	10.81				10.83	0.06	0.00	1.78	1.78	0.60				
40	71.03	70.80	71.18				70.94	0.25	0.06	1.17	1.41	1.35				1.31	0.10	0.01	9.96	10.12	9.49				9.89	0.27	0.07	3.01	2.74	2.29				
41	70.31	70.13	70.83				70.42	0.30	0.09	1.46	1.25	1.31				1.34	0.09	0.01	10.19	10.25	10.75				10.40	0.25	0.06	2.32	2.20	1.63				
42	67.51	67.95	68.05				67.94	0.23	0.06	1.62	1.64	1.65				1.64	0.01	0.00	11.63	11.55	11.42				11.53	0.09	0.01	2.11	1.04	1.28				
43	68.94	68.37	68.69				68.67	0.23	0.05	1.49	1.49	1.47				1.48	0.01	0.00	10.98	11.01	11.01				11.00	0.01	0.00	1.88	1.58	0.29				
44	69.43	67.50	68.07				68.33	0.41	0.44	1.45	1.50	1.51				1.49	0.03	0.00	10.50	10.65	10.28				10.47	0.16	0.03	2.50	2.11	0.58				
45	71.49	70.70	69.71				70.63	0.73	0.53	1.50	1.53	1.38				1.46	0.07	0.01	10.37	11.14	11.07				10.86	0								

SI12AD65	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE				
1	DATOS					referencia	L	a	b																										
2	50,00					cromatica	68,10	-1,39	12,60																										
3						para																													
4						calculo				Global	MEDIA	STD	VAR																						
5	ILUM	DENTINA	CARILLA	ESPESOR	CEMENTO	D.E.	FONDO			L	70,37	1,03	1,07																						
6	D65	SH	2A	0,3-0,4	no	G-2A	negro			a	-1,52	0,38	0,14																						
7										b	12,91	0,96	0,92																						
8																																			
9																																			
10	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L (MEDIA)	L (STD)	L (VAR)	a-1	a-2	a-3	a-4	a-5	a-6	a (MEDIA)	a (STD)	a (VAR)	b-1	b-2	b-3	b-4	b-5	b-6	b (MEDIA)	b (STD)	b (VAR)	DE	DE(a,b)	DM					
11	69,92	70,82	69,59				70,04	0,43	0,18	-1,79	-1,85	-1,88				-1,83	0,03	0,00	13,27	13,00	13,30				13,19	0,13	0,02	1,20	0,74	0,53					
12	72,99	72,88	73,10				72,99	0,09	0,01	-1,90	-1,81	-1,84				-1,85	0,04	0,00	12,47	12,54	12,35				12,45	0,08	0,01	3,92	0,48	2,68					
13	72,14	72,00	72,67				72,27	0,29	0,08	-1,92	-1,99	-2,01				-1,97	0,04	0,00	11,62	11,92	11,79				11,78	0,12	0,02	3,33	1,01	2,26					
14	70,38	68,98	70,42				69,93	0,67	0,45	-1,71	-1,67	-1,73				-1,70	0,02	0,00	12,80	11,84	12,49				12,38	0,40	0,16	0,91	0,38	0,72					
15	71,48	73,12	70,07	70,60	70,71		71,20	1,06	1,13	-1,47	-1,47	-1,44	1,58	1,47		-0,27	1,46	2,13	11,80	12,42	11,26	11,31	11,34		11,63	0,44	0,20	2,57	1,48	1,98					
16	68,61	67,67	68,99	69,05	68,24		68,11	0,72	0,52	-2,06	-1,93	-2,24	2,05	2,04		-0,43	2,02	4,10	12,72	12,63	12,66	12,76	12,49		12,65	0,09	0,01	1,38	0,96	2,52					
17	70,45	71,36	70,27				70,69	0,48	0,23	-1,82	-1,91	-1,89				-1,87	0,04	0,00	12,00	12,13	11,87				12,00	0,11	0,01	1,77	0,77	1,03					
18	70,34	70,72	69,87				70,31	0,36	0,12	-1,75	-1,74	-1,75				-1,75	0,00	0,00	12,21	12,81	12,58				12,47	0,18	0,03	1,27	0,38	0,50					
19	71,26	71,30	71,47				71,34	0,09	0,01	-1,54	-1,49	-1,46				-1,50	0,03	0,00	12,76	12,47	13,37				12,87	0,38	0,14	2,28	0,29	0,98					
20	71,11	73,06	73,23	69,29	68,78	70,61	71,01	1,69	2,87	-1,81	-1,79	-1,90	1,75	2,07	1,89	0,03	1,87	3,50	12,32	12,63	13,41	12,36	12,06	12,45	12,54	0,43	0,18	2,39	1,43	1,73					
21	71,01	70,91	70,21				70,71	0,36	0,13	-1,75	-1,71	-1,75				-1,74	0,02	0,00	10,95	11,03	10,50				10,83	0,23	0,05	2,42	1,81	2,12					
22	69,84	68,62	68,51				68,99	0,60	0,36	-2,02	-2,07	-2,03				-2,04	0,02	0,00	13,95	13,87	13,89				13,90	0,03	0,00	1,48	1,48	1,77					
23	70,02	70,39					70,21	0,18	0,03	-1,78	-1,59					-1,68	0,09	0,01	11,21	11,59					11,40	0,19	0,04	1,66	1,23	1,53					
24	70,12	69,01					69,67	0,58	0,31	-1,47	-1,49					-1,48	0,01	0,00	12,49	12,57					12,53	0,04	0,00	0,48	0,11	0,89					
25	70,33	70,34					70,34	0,00	0,00	-1,60	-1,60					-1,60	0,00	0,00	12,57	12,77					12,67	0,10	0,01	1,25	0,22	0,26					
26	67,77	68,78					68,28	0,50	0,26	-1,62	-1,57					-1,60	0,02	0,00	13,31	13,97					13,64	0,33	0,11	1,34	1,06	2,21					
27	69,37	68,91					69,14	0,23	0,05	-1,56	-1,59					-1,58	0,01	0,00	14,31	14,14					14,23	0,08	0,01	1,64	1,64	1,80					
28	69,67	70,00					69,94	0,07	0,00	-1,58	-1,58	-1,49				-1,54	0,04	0,00	13,68	13,69					13,69	0,01	0,00	1,38	1,09	0,88					
29	71,23	70,87					71,05	0,18	0,03	-1,58	-1,72					-1,65	0,07	0,00	12,50	12,49					12,50	0,00	0,00	1,97	0,28	0,81					
30	71,94	71,36					71,65	0,29	0,08	-1,42	-1,41					-1,42	0,00	0,00	12,81	13,05					12,93	0,12	0,01	2,57	0,33	1,29					
31	68,20	68,08	70,62				68,97	1,17	1,37	-1,55	-1,60	-1,55				-1,57	0,02	0,00	14,50	14,13	13,64				14,09	0,36	0,12	1,51	1,50	1,63					
32	70,00	69,63	70,77				70,13	0,47	0,23	-1,96	-1,99	-2,06				-2,00	0,04	0,00	12,46	12,74	12,23				12,48	0,21	0,04	1,21	0,83	0,69					
33	69,76	70,61	69,99				70,12	0,36	0,13	-1,85	-1,85	-1,94				-1,88	0,04	0,00	12,54	12,53	12,52				12,53	0,01	0,00	1,13	0,49	0,58					
34	69,97	68,91	69,50				69,48	0,43	0,19	-1,63	-1,72	-1,72				-1,69	0,04	0,00	13,53	13,95	13,79				13,76	0,17	0,03	1,25	1,19	1,25					
35	70,86	71,03	70,92				70,94	0,07	0,00	-1,40	-1,37	-1,31				-1,36	0,04	0,00	13,10	13,33	13,42				13,28	0,13	0,02	1,86	0,88	0,70					
36	70,69	70,72	70,63				70,68	0,04	0,00	-1,37	-1,36	-1,42				-1,38	0,03	0,00	13,20	13,11	13,07				13,13	0,05	0,00	1,67	0,53	0,41					
37	72,84	73,11	72,83				72,93	0,13	0,02	-1,44	-1,46	-1,38				-1,43	0,03	0,00	12,57	12,77	12,63				12,66	0,08	0,01	3,83	0,07	2,58					
38	69,52	70,15	68,96				69,54	0,49	0,24	-1,54	-1,57	-1,53				-1,55	0,02	0,00	13,59	13,47	12,75				13,27	0,37	0,14	0,82	0,69	0,90					
39	69,99	71,05	70,86				70,63	0,46	0,21	-1,85	-1,92	-1,97				-1,91	0,05	0,00	12,84	12,80	12,89				12,84	0,04	0,00	1,64	0,58	0,48					
40	69,45	69,29	69,98				69,57	0,29	0,09	-1,55	-1,50	-1,50				-1,52	0,02	0,00	14,88	14,93	15,00				14,94	0,05	0,00	2,39	2,34	2,17					
41	69,55	70,43	69,53				69,84	0,42	0,18	-1,40	-1,32	-1,40				-1,37	0,04	0,00	13,45	13,71	13,54				13,57	0,11	0,01	1,22	0,97	0,85					
42	69,40	69,42	69,89				69,50	0,13	0,02	-1,64	-1,52	-1,56				-1,57	0,05	0,00	14,10	14,11	13,79				14,00	0,16	0,02	1,47	1,41	1,39					
43	70,24	70,16	70,06				70,15	0,07	0,01	-1,71	-1,60	-1,59				-1,63	0,05	0,00	13,16	13,20	13,04				13,13	0,07	0,00	1,21	0,59	0,33					
44	71,01	71,53	71,74				71,43	0,31	0,09	-1,41	-1,43	-1,42				-1,42	0,01	0,00	12,04	12,09	12,12				12,08	0,03	0,00	2,38	0,52	1,35					

St12AA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
1	DATOS					referencia	L	a	b																			DE	DE(a,b)	DM	
2	60,00					cromatica	69,68	1,66	12,57																			1,73	0,80	1,28	
3						para																						STD	STD	STD	
4						calculo				Global	MEDIA	STD	VAR															1,04	0,90	0,91	
5	ILUM	DENTINA	CARILLA	ESPESOR	CEMENTO	D.E.	FONDO			L	70,93	1,03	1,07																		
6	A	St1	2A	0.3-0.4	no	G-2A	negro			a	1,55	0,32	0,10																		
7										b	12,76	1,14	1,31																		
8																															
9																															
10	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L (MEDIA)	L (STD)	L (VAR)	a-1	a-2	a-3	a-4	a-5	a-6	a (MEDIA)	a (STD)	a (VAR)	b-1	b-2	b-3	b-4	b-5	b-6	b (MEDIA)	b (STD)	b (VAR)	DE	DE(a,b)	DM	
11	70,48	71,17	70,16				70,50	0,42	0,18	1,56	1,43	1,45				1,48	0,06	0,00	13,14	12,87	13,17				13,06	0,13	0,02	1,06	0,52	0,47	
12	73,51	73,42	73,81				73,51	0,08	0,01	1,22	1,35	1,33				1,30	0,06	0,00	12,35	12,44	12,22				12,34	0,09	0,01	3,86	0,43	2,65	
13	72,81	72,49	73,16				72,75	0,29	0,09	1,05	1,02	0,91				0,99	0,06	0,00	11,46	11,78	11,65				11,62	0,12	0,02	3,28	1,16	2,25	
14	70,96	69,49	70,93				70,46	0,69	0,47	1,49	1,30	1,46				1,42	0,08	0,01	12,39	11,73	12,70				12,27	0,40	0,16	0,87	1,05	1,46	
15	72,01	73,67	70,57		71,10	71,21	71,71	1,08	1,17	1,44	1,42	1,44	1,85	1,54		1,59	0,09	0,01	11,72	12,31	11,18	11,22	11,25		11,54	0,43	0,19	2,29	1,05	1,46	
16	69,13	68,18	67,47		69,58	68,75	68,62	0,74	0,54	1,09	1,29	0,93	1,14	1,19		1,13	0,12	0,01	12,44	12,54	12,27	12,60	12,46		12,46	0,11	0,01	1,19	0,54	2,38	
17	70,94	71,88	70,77				71,19	0,48	0,23	1,17	1,18	1,14				1,16	0,01	0,00	11,85	11,98	11,74				11,85	0,10	0,01	1,74	0,87	1,06	
18	70,42	71,26	70,86				70,85	0,34	0,12	1,32	1,44	1,43				1,40	0,05	0,00	12,48	12,50	12,09				12,35	0,18	0,02	1,22	0,34	0,49	
19	71,84	71,86	72,07				71,92	0,10	0,01	1,88	1,70	1,81				1,80	0,07	0,01	12,67	12,37	13,26				12,77	0,37	0,14	2,26	0,24	1,01	
20	71,84	73,60	73,80		69,81	69,26	71,54	1,72	2,95	1,19	1,28	1,54	1,43	1,34	1,33	1,35	0,11	0,01	12,29	11,86	12,29	13,28	12,50	12,19	12,39	0,43	0,19	1,89	0,39	0,78	
21	71,46	71,37	70,64				71,16	0,37	0,13	0,95	1,13	1,07				1,05	0,07	0,01	10,81	10,90	10,42				8,03	4,64	21,54	4,81	4,58	4,77	
22	70,42	69,19	69,09				69,67	0,60	0,37	1,40	1,36	1,43				1,40	0,03	0,00	13,80	13,71	13,73				13,75	0,04	0,00	1,21	1,21	1,70	
23	70,50	70,39					70,45	0,06	0,00	1,40	1,59					1,50	0,09	0,01	11,49	11,21					11,35	0,14	0,02	1,45	1,23	1,50	
24	70,12	69,58					69,85	0,27	0,07	1,49	1,70					1,60	0,10	0,01	12,49	12,48					12,49	0,01	0,00	0,20	0,11	1,11	
25	70,89	70,34					70,62	0,27	0,08	1,60	1,60					1,60	0,00	0,00	12,45	12,77					12,61	0,16	0,03	0,94	0,07	0,35	
26	68,36	69,40					68,88	0,52	0,27	1,79	1,90					1,85	0,05	0,00	13,21	13,85					13,53	0,32	0,10	1,26	0,98	2,19	
27	70,02	69,55					69,79	0,23	0,06	1,94	2,03					1,99	0,04	0,00	14,21	14,03					14,12	0,09	0,01	1,59	1,58	1,81	
28	70,50	70,81					70,56	0,05	0,00		1,93	1,89				1,91	0,02	0,00	13,62	13,59					13,61	0,01	0,00	1,38	1,06	0,96	
29	71,77	71,42					71,60	0,18	0,03	1,55	1,43					1,49	0,06	0,00	12,37	12,40					12,39	0,02	0,00	1,93	0,25	0,78	
30	72,53	71,96					72,25	0,28	0,08	1,91	1,88					1,90	0,01	0,00	12,74	12,98					12,86	0,12	0,01	2,59	0,37	1,34	
31	70,27	68,72	71,23		66,86		69,77	0,24	0,08	2,04	1,93	1,93	1,86			1,94	0,06	0,00	13,66	14,02	13,54	14,41			13,91	0,34	0,12	1,37	1,37	1,65	
32	71,28	70,16	70,50				70,65	0,47	0,22	1,10	1,23	1,13				1,15	0,06	0,00	12,08	12,59	12,29				12,32	0,21	0,04	1,12	0,58	0,72	
33	70,28	71,13	70,51				70,64	0,36	0,13	1,28	1,26	1,24				1,26	0,02	0,00	12,39	12,39	12,40				12,39	0,00	0,00	1,05	0,44	0,61	
34	70,56	69,52	70,11				70,06	0,43	0,18	1,88	1,78	1,72				1,79	0,06	0,00	13,40	13,82	13,67				13,63	0,17	0,03	1,13	1,07	1,23	
35	71,47	71,64	71,55				71,55	0,07	0,00	2,00	1,96	1,99				1,98	0,02	0,00	13,06	13,26	13,36				13,24	0,13	0,02	2,02	0,74	0,86	
36	71,23	71,33	71,29				71,28	0,04	0,00	1,92	1,95	1,98				1,95	0,02	0,00	13,00	13,05	13,13				13,06	0,05	0,00	1,70	0,57	0,55	
37	73,42	73,69	73,41				73,51	0,13	0,02	1,77	1,80	1,81				1,79	0,02	0,00	12,53	12,71	12,57				12,60	0,08	0,01	3,83	0,14	2,59	
38	70,13	70,76	69,53				70,14	0,50	0,25	1,75	1,84	1,89				1,83	0,06	0,00	13,49	13,36	12,64				13,18	0,37	0,14	0,77	0,62	0,90	
39	70,52	71,58	71,41				71,17	0,46	0,22	1,39	1,29	1,24				1,31	0,06	0,00	12,71	12,66	12,77				12,71	0,64	0,00	1,54	0,38	0,42	
40	70,13	69,97	70,66				70,26	0,29	0,09	2,20	2,22	2,19				2,20	0,01	0,00	14,82	14,89	14,92				14,88	0,04	0,00	2,44	2,37	2,29	
41	70,17	71,08	70,15				70,47	0,43	0,19	2,01	2,13	1,94				2,03	0,08	0,01	13,40	13,69	13,48				13,52	0,12	0,01	1,29	1,02	0,97	
42	70,03	70,06	70,31				70,13	0,13	0,02	1,88	2,03	1,99				1,96	0,07	0,01	13,99	14,02	13,66				13,89	0,16	0,03	1,43	1,35	1,41	
43	70,28	70,75	70,63				70,55	0,20	0,04	1,61	1,75	1,75				1,79	0,07	0,00	13,06	13,09	12,91				13,02	0,08	0,01	0,88	0,45	0,46	
44	72,56	72,08	72,29				72,31	0,20	0,04	1,72	1,89	1,89				1,79	0,01	0,00	11,96	12,02	12,05				12,01	0,04	0,00	2,69	0,56	1,58	
45	71,42	71,90	72,13				71,82	0,30	0,09	1,60	1,67	1,61				1,63	0,03	0,00	12,57	12,64	12,35				12,52	0,12	0,02	2,14	0,06	0,92	
46	71,39	71,44	71,98				71,60	0,27	0,07	1,98	1,96	2,01				1,98	0,02	0,00	13,25	13,09	13,12				13,15	0,07	0,00	2,03	0,86	0,85	
47	72,59	73,00	73,19				72,93	0,25	0,06	1,70	1,67	1,58				1,65	0,05	0,00	12,12	12,02	12,04										

St12AVboD652*	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
1	DATOS					referencia	L	a	b																		bilanco	DE	DE(a,b)	DM	
2	56.00					romantica	69.10	-1.39	12.60																			2.72	0.92	1.52	
3						para			Blanco																			1.14	0.51	0.66	
4						calculo			Global																			1.14	0.51	0.66	
5	BLUM	DENTINA	CARILLA	ESPOSOR	CEMENTO	D.E.	FONDO			MEDIA	STD	VAR															oscuro	DE	DE(a,b)	DM	
6	D65	S11	2A	0.3-0.4	V.Blanco	G-2A	negro			L	66.67	1.30	1.69							L	65.62	1.33	1.76					3.84	1.43	2.21	
7					V.oscuro					a	-1.63	0.27	0.07							a	-1.08	0.30	0.09					3.84	1.43	2.21	
8					2° med					b	12.60	0.99	0.98							b	13.66	1.27	1.62					3.84	1.43	2.21	
9																												1.36	0.83	0.87	
10	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L (MEDIA)	L (STD)	L (VAR)	a-1	a-2	a-3	a-4	a-5	a-6	a (MEDIA)	a (STD)	a (VAR)	b-1	b-2	b-3	b-4	b-5	b-6	b-7	b (MEDIA)	b (STD)	b (VAR)	DE	DE(a,b)	DM
11	68.57	69.58	70.07				69.47	0.89	0.35	-1.94	-1.82	-1.88				-1.07	0.05	0.00	13.29	13.56	13.04					13.30	0.21	0.05	0.13	0.35	2.85
12	68.86	68.95	69.56				69.79	0.77	0.03	-1.95	-2.04	-2.06				-2.02	0.05	0.00	10.79	11.00	10.75					10.85	0.11	0.01	1.59	1.86	2.83
13	65.93	66.04	66.56				64.18	0.27	0.08	-1.99	-2.02	-2.06				-2.02	0.03	0.00	11.52	11.50	11.26					11.43	0.12	0.01	3.21	1.33	1.40
14	67.70	67.47	67.53				67.57	0.19	0.01	-1.56	-1.51	-1.33				-1.47	0.10	0.01	11.82	11.30	11.33					11.48	0.28	0.06	1.93	1.12	1.50
15	67.87	68.37	67.50				67.91	0.36	0.33	-1.41	-1.52	-1.39				-1.44	0.06	0.00	11.63	11.67	11.50					11.60	0.07	0.01	1.55	1.50	1.68
16	68.61	67.27	67.51				67.80	0.58	0.24	-1.91	-2.01	-1.98				-1.98	0.04	0.00	11.46	11.79	11.68					11.64	0.14	0.02	1.71	1.11	1.57
17	66.22	66.60	66.26				66.36	0.17	0.03	-1.82	-1.83	-1.84				-1.83	0.01	0.00	12.99	12.95	13.07					13.00	0.08	0.00	2.60	0.60	0.49
18	66.96	67.16	66.90				67.01	0.11	0.01	-2.06	-1.96	-1.92				-1.88	0.06	0.00	12.94	13.06	12.95					12.88	0.17	0.03	2.19	0.55	0.53
19	67.88	66.72	68.22				67.81	0.64	0.41	-1.44	-1.36	-1.33				-1.38	0.08	0.00	12.57	13.17	13.00					12.91	0.26	0.06	1.33	0.31	1.00
20	67.61	68.15	67.66				67.61	0.24	0.08	-1.57	-1.55	-1.57				-1.58	0.01	0.00	12.71	12.39	12.56					12.56	0.13	0.02	1.31	0.18	1.15
21	67.25	68.26	67.65				67.72	0.42	0.37	-1.31	-1.45	-1.60				-1.48	0.12	0.01	11.33	10.93	11.15					11.14	0.16	0.03	2.01	1.46	1.87
22	64.33	64.94	63.75				64.34	0.49	0.24	-2.18	-2.11	-2.10				-2.13	0.04	0.00	14.07	13.93	14.28					14.09	0.14	0.02	5.04	1.67	2.77
23	65.71	65.11	65.50				65.44	0.28	0.06	-2.04	-1.82	-1.71				-1.86	0.14	0.01	12.94	11.85	11.85					12.16	0.37	0.32	1.72	0.65	1.36
24	64.68	64.57	64.75				64.67	0.07	0.01	-1.59	-1.63	-1.56				-1.59	0.03	0.00	13.33	12.83	13.19					13.12	0.21	0.04	4.47	0.58	2.05
25	67.79	67.72	67.69				67.80	0.07	0.00	-1.39	-1.48	-1.55				-1.47	0.07	0.00	12.51	12.52	12.43					12.49	0.04	0.00	1.31	0.14	1.18
26	65.44	66.00	65.21				65.50	0.33	0.11	-1.22	-1.23	-1.29				-1.25	0.03	0.00	12.80	12.85	13.19					12.88	0.23	0.05	3.55	0.31	1.20
27	64.62	65.86	65.50				66.33	0.82	0.27	-1.24	-1.29	-1.42				-1.32	0.08	0.01	14.21	14.38	14.34					14.31	0.07	0.01	4.14	1.71	2.13
28	65.90	65.49	65.33				66.57	0.24	0.06	-1.51	-1.50	-1.50				-1.50	0.00	0.00	12.81	12.99	13.19					13.00	0.18	0.02	3.55	0.41	1.15
29	67.71	67.57	67.13				67.47	0.25	0.08	-1.24	-1.44	-1.53				-1.40	0.12	0.01	11.57	11.80	11.92					11.76	0.15	0.02	1.83	0.34	1.24
30	68.12	67.04	65.70				66.96	0.99	0.98	-1.16	-2.00	-1.19				-1.45	0.39	0.15	13.66	13.21	12.67					13.25	0.32	0.15	2.24	0.65	0.66
31	66.08	65.66	65.30				66.68	0.32	0.10	-1.17	-1.28	-1.28				-1.24	0.05	0.00	14.15	14.40	14.19					14.28	0.11	0.01	3.80	1.85	1.89
32	66.29	65.22	65.52				66.68	0.45	0.20	-1.83	-1.78	-1.77				-1.79	0.03	0.00	11.63	12.02	12.24					11.96	0.26	0.06	3.51	0.75	1.23
33	65.64	65.45	65.50				65.83	0.04	0.01	-1.84	-1.84	-1.83				-1.84	0.00	0.00	13.69	13.78	13.85					13.77	0.07	0.00	3.78	1.26	1.59
34	65.38	65.33	65.17				65.29	0.09	0.01	-1.38	-1.39	-1.50				-1.42	0.05	0.00	14.07	14.23	14.14					14.18	0.07	0.00	4.11	1.55	2.02
35	66.76	68.10	66.72				67.19	0.64	0.41	-1.32	-1.28	-1.57				-1.38	0.13	0.02	12.61	12.75	13.67					13.01	0.47	0.22	1.95	0.41	0.66
36	67.89	67.96	68.15				68.00	0.11	0.01	-0.83	-0.90	-0.93				-0.89	0.04	0.00	12.17	12.28	12.34					12.28	0.07	0.00	1.26	0.51	1.56
37	65.07	66.15	65.05				65.42	0.51	0.28	-0.92	-0.89	-0.75				-0.79	0.10	0.01	14.98	14.08	14.68					14.88	0.37	0.14	4.22	2.07	2.42
38	65.65	64.35	65.81				65.20	0.60	0.38	-0.96	-0.83	-0.80				-0.88	0.07	0.00	14.85	15.08	14.94					14.98	0.09	0.01	4.59	2.42	2.82
39	64.99	64.69	66.09				65.39	0.60	0.36	-2.15	-1.90	-1.53				-1.86	0.29	0.00	11.82	12.71	12.03					12.19	0.38	0.14	3.89	0.63	1.31
40	65.05	65.67	65.62				65.45	0.28	0.08	-0.97	-1.14	-1.09				-1.07	0.07	0.01	14.52	14.43	14.67					14.84	0.10	0.01	4.15	1.97	2.30
41	65.32	65.87	65.62				66.63	0.23	0.05	-0.68	-0.69	-0.68				-0.82	0.10	0.01	14.56	14.40	14.68					14.55	0.11	0.01	4.06	2.09	2.36
42	64.73	64.39	64.58				64.67	0.14	0.02	-0.95	-0.95	-1.15				-1.02	0.09	0.01	14.51	14.87	14.26					14.55	0.25	0.04	4.65	1.98	2.88
43	65.10	65.01	65.58				64.67	0.14	0.02	-1.74	-1.44	-1.22				-1.47	0.21	0.05	12.59	13.45	13.51					13.18	0.42	0.18	3.81	0.59	1.53
44	67.21	67.25	67.25				67.24	0.02	0.00	-0.98	-1.01	-0.96				-0.98	0.02	0.00	11.54	11.87	11.76					11.56	0.09	0.01	2.13	0.33	1.33
45	66.75	67.88	67.45				67.36	0.47	0.22	-1.13	-1.27	-1.21				-1.20	0.06	0.00	12.05	12.18	12.33					12.19	0.11	0.01	1.80	1.45	0.95
46	65.12	64.99	64.79				64.97	0.14	0.02	-0.97	-0.94	-0.86				-0.92</															

SI52AVboA2*	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	
1	DATOS					referencia	L	a	h																		oscuro	DE	DE(a,b)	DM		
2	10,00					cromatica	69,68	1,66	12,57																			4,17	0,98	1,24		
3						para			oscuro				claro															STD	STD	STD		
4						calculo			Global	MEDIA	STD	VAR	Global	MEDIA	STD	VAR												1,35	0,15	0,77		
5	ILUM	DENTINA	CARILLA	ESPESOR	CEMENTO	D.E.	FONDO		L	65,63	1,37	1,87	L	65,83	0,73	0,53											claro	DE	DE(a,b)	DM		
6	A	St5	2A	0,8-1	V.Oscuro	G-2A	negro		a	2,43	0,23	0,05	a	2,33	0,09	0,01												3,94	0,85	0,69		
7					V.claro				h	12,18	0,44	0,20	h	12,16	0,32	0,10												STD	STD	STD		
8					2ª medida																							0,74	0,13	0,46		
9																																
10	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L (MEDIA)	L (STD)	L (VAR)	a-1	a-2	a-3	a-4	a-5	a-6	a (MEDIA)	a (STD)	a (VAR)	b-1	b-2	b-3	b-4	b-5	b-6	b (MEDIA)	b (STD)	b (VAR)	DE	DE(a,b)	DM		
11	67,52	66,46	68,18	67,85			67,50	0,85	0,42	2,21	2,12	2,15	1,81			2,07	0,15	0,02	10,99	12,26	11,82	12,37					11,87	0,55	0,30	2,33	0,82	1,93
12	67,03	66,61	66,36				66,67	0,27	0,07	2,45	2,37	2,38				2,40	0,04	0,00	11,80	11,81	11,94						11,85	0,06	0,00	3,18	1,03	1,09
13	65,07	65,07	65,23				65,12	0,08	0,01	2,43	2,49	2,40				2,44	0,04	0,00	12,05	11,85	11,89						11,93	0,09	0,01	4,67	1,01	0,57
14	63,53	63,62	63,43				63,53	0,08	0,01	2,68	2,91	2,80				2,80	0,09	0,01	13,03	13,13	12,91						13,02	0,09	0,01	6,27	1,22	2,30
15	65,56	64,65	65,04	66,08			65,33	0,54	0,29	2,52	2,39	2,44	2,35			2,43	0,06	0,00	12,02	12,12	12,19	12,55					12,22	0,20	0,04	4,43	0,84	0,30
16																																
17																																
18																																
19																																
20																																
21																																
22																																
23																																
24																																
25																																
26	66,65	66,34	67,83				66,94	0,64	0,41	2,33	2,16	2,46				2,32	0,12	0,02	12,21	11,81	12,61						12,21	0,33	0,11	2,84	0,75	1,31
27	66,33	66,32	66,28				66,31	0,02	0,00	2,37	2,50	2,42				2,43	0,05	0,00	12,45	12,66	12,61						12,57	0,09	0,01	3,46	0,77	0,79
28	64,70	64,99	64,76				64,82	0,12	0,02	2,09	2,21	2,17				2,16	0,05	0,00	11,54	11,82	11,44						11,60	0,16	0,03	4,98	1,09	1,03
29	65,61	65,53	65,74				65,63	0,09	0,01	2,40	2,40	2,36				2,39	0,02	0,00	12,48	12,19	12,26						12,31	0,12	0,02	4,13	0,77	0,14
30	65,42	65,45	65,50				65,46	0,03	0,00	2,37	2,39	2,38				2,38	0,01	0,00	12,15	11,84	12,27						12,09	0,18	0,03	4,31	0,87	0,20

5. DISCUSIÓN

DISCUSIÓN DEL MATERIAL Y MÉTODO

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los estudios experimentales *in vitro* simulando situaciones clínicas, presentan resultados que deben criticarse y discutirse ampliamente antes de poder realizar cualquier extrapolación a la práctica diaria. Por ello, realizaremos en primer lugar la discusión del material y método empleado, para continuar con la discusión del método colorimétrico utilizado, y finalmente la discusión de los resultados experimentales obtenidos, tras su análisis estadístico.

DISCUSIÓN DEL MATERIAL Y MÉTODO

La utilización de frentes laminados de porcelana como tratamiento prostodóncico se ha incrementado, notablemente, desde su introducción al principio de los años ochenta. Ello ha sido debido, fundamentalmente, a dos razones: la primera por ser un tratamiento que conlleva una preparación conservadora con respecto al diente, y la segunda, debido al elevado grado de estética y longevidad conseguidos, siempre que se respeten sus indicaciones ^{148 146 142 179 180 181 199}.

La porcelana glaseada ha demostrado ser un material dental biocompatible y estético en los diferentes campos de la Odonto-Estomatología como corroboran Ferrari y Sadoun⁹⁷. También ha pasado a ser el material de elección para la

realización de frentes laminados, sustituyendo a los materiales compuestos, ya que supera a éstos en estética y estabilidad en el tiempo. Esta diferencia de estabilidad se ve reflejada en el proceso de cambio de color¹⁴¹ o tinción que sufren los materiales de composite, mala adaptación marginal¹⁴⁰, desgastes¹⁴², malos olores, aspecto monocromático y apagado, así como fracturas a corto plazo de tiempo³.

Existen diferentes tipos de preparación dentaria en función de cada situación clínica en particular. Como señala Cuthbirth¹⁶⁰, no hay ninguna preparación ideal, sino que cada caso exige un remodelado específico tras una planificación previa en los modelos de estudio. Estamos de acuerdo con Garber²⁰⁰ en que la reducción dentaria es menor si la comparamos con la preparación necesaria para la realización de una corona completa, donde la reducción interproximal y palatina o lingual elimina mayor cantidad de tejido dentario. En cambio, no coincidimos con Calamia¹⁵³, Haga y Nakazawa¹⁵⁶, Freddman²⁹ y con Anitua y Gascón³ cuando afirman que la preparación de la cara vestibular del diente para alojar un frente laminado debe quedar siempre en el espesor del esmalte, no siendo necesario exponer tejido dentinario. En nuestra experiencia comprobamos que, en gran número de casos, es necesario penetrar en el area dentinaria para evitar, por un lado el sobrecontorneado de las restauraciones, y por otro, poder elaborar unas restauraciones de porcelana con un suficiente espesor, como indican Chiche²⁰¹, Chiceche²⁰² y Touati²⁰³, que permita conseguir los efectos estéticos deseados.

El grosor en general de los frentes laminados de porcelana varía entre 0.3 mm y 1.2 mm. Cuando utilizamos espesores finos hemos de tener en cuenta el mayor grado de transparencia de la faceta, pudiéndose apreciar el color de la dentina subyacente; es por ello que su utilización se hará en aquellos casos en que el color

sea aceptado y sólo queramos hacer cambios morfológicos y de posición. Por el contrario, cuando queramos enmascarar el color de los dientes, la utilización de los frentes laminados de porcelana es controvertida. Algunos autores como Abou-Rass¹⁷⁵, Anitua y Gil¹⁷⁶, Puente y Galvan¹⁷⁸ y Calamia¹⁷⁹, no indican la utilización de éstos en casos de tinciones extremas por tetraciclinas (grados III de la clasificación de Jordan y Boksman); estos autores se inclinan por las técnicas de blanqueamiento interno. Nosotros preferimos modificar el color de los dientes con tinciones, incrementando el grosor de las carillas o aumentando la opacidad de la porcelana; o como afirma Nixon²⁰⁴, utilizando resinas compuestas con mayor opacidad para el cementado. Judd y Wyszecski²⁰⁵ definen la opacidad como una capacidad de esconder, aunque el peligro de aumentar la opacidad, es que los frentes laminados adopten un aspecto artificial por la pérdida de translucidez como reseña Yamada²⁰⁶.

McLaughlin²⁰⁷ concluye que el aumento de la opacidad conseguido aumentando el grosor de la restauración tiene el compromiso del sobrecontorneado, por lo que cree más indicada la utilización de un número mayor de pigmentos opacos en la porcelana o bien la corrección del color mediante el cemento de composite; para ello propone la “preparación doble” de los dientes que alojarán las facetas quedando un espacio libre entre el diente y la restauración que rellenará de composite opaco.

La consecución de estos grados de opacidad se realiza de forma distinta si se trata de porcelanas feldespáticas trabajadas por condensación, que si se trata de porcelanas inyectadas. Cuando trabajamos con porcelanas feldespáticas y técnica de condensación, podemos modificar la concentración de porcelana opaca como

realiza Yaman²⁰⁸ en su estudio: confecciona discos de cerámica con dentina feldespática Optec (Jeneric/Pentron Inc., Wallingford, Conn.) formulados con cuatro grados de concentración de opaquer (0%, 25%, 50% y 75%). Obtiene como resultado, que los cambios de color seguían un patrón lineal relacionado con las concentraciones de opaquer.

Por el contrario, cuando trabajamos con cerámicas inyectadas por presión, disponemos de dos técnicas de laboratorio. En la técnica de maquillaje o de superficie disponemos de dos opacidades, inyectándose la cerámica para obtener la morfología final de la restauración completa y posterior maquillado. Sin embargo, en la técnica de capas disponemos de pastillas cerámicas de 27 colores distintos y de esta manera podemos inyectar directamente el color más apropiado en la cofia interna, sobre la que posteriormente condensaremos las capas de cerámica feldespática para conseguir la morfología final. Estas cerámicas son, de por sí, más opacas que las feldespáticas²⁰⁹, y va a ser el espesor inyectado, según afirman Johansen *et al*²¹⁰ en su trabajo, el que influya predominante en el color final.

Estas cerámicas inyectadas por presión, según experimentos de Wohlwen¹¹⁸¹¹⁹¹²² y Ludwig¹²³, poseen unas propiedades de resistencia mecánica a la fractura superiores a las cerámicas feldespáticas convencionales, e incluso a las aluminosas convencionales, conferidas por la inclusión de la fase leucita en su composición y por el tratamiento térmico a que son sometidas. Por el contrario, sus propiedades estéticas son menores si las comparamos con las clásicas cerámicas feldespáticas. Por ello, la técnica de capas intenta combinar ambas características, inyectando una capa de cerámica que da la resistencia mecánica, y sobre la que se condensan capas de cerámica feldespática que aportan las propiedades estéticas.

Entre las cerámicas que disponemos actualmente, hemos elegido la cerámica inyectada IPS-Empress, pues, según comprobamos^{125 126}, nos ofrece un buen equilibrio entre sus propiedades de: resistencia mecánica, estética y ajuste marginal²¹¹.

DISCOS SUSTRATO.

Entre las características de la porcelana destaca su cierto grado de transparencia, por lo que deja entrever los colores tanto del cemento como de la dentina subyacentes. Es por ello que en este estudio hemos confeccionado unos sustratos que semejan dos situaciones diferentes de color de dentina humana: un color que imita el de la dentina normal y que con más frecuencia encontramos según nuestra experiencia clínica y en nuestro grupo de población, y otro color más oscuro que refleja el color de una dentina teñida patológicamente por tetraciclinas.

Actualmente, disponemos de una guía de colores de dentina o de muñones St de Ivoclar®. Dichos colores se corresponden con la misma gama de jeringas de material compuesto fotopolimerizable, que nos permite reproducirlos en el laboratorio. De esta manera hemos elaborado los discos sustratos de nuestro estudio, utilizando los colores St1 para dentina normal y St5 para dentina teñida. En la bibliografía revisada no hemos encontrado autores que utilicen este material y esta guía para reproducir sustratos experimentales. Si lo hacen, en cambio, con sustratos elaborados con resinas acrílicas autopolimerizables; Yaman²¹² utiliza el color S3 de la resina Formatray® (Kerr Mfg. Co., Romulus, Mich) que corresponde al color gris oscuro-marrón C4 de la guía Vita Lumin®, pues tiene una luminosidad (*value*) baja y alta saturación en color (*chroma*). Davis²¹³ utiliza sustratos de resina acrílica Biolon® color B-82 (Dentsply Int, York, Pa).

DISCOS DE PORCELANA.

La utilización de discos de porcelana para su estudio colorimétrico *in vitro* es una técnica muy extendida. Debemos tener en cuenta que los estudios *in vitro* que simulan situaciones clínicas son siempre, como ya hemos dicho, de alguna manera, comprometidos. La forma de disco plano, como hemos utilizado en este estudio, facilita el análisis del color obteniendo valores muy precisos y es la mejor manera de extrapolar datos fiables, pues permite la medición con el espectrofotómetro. Cuando las superficies son cóncavas o convexas como es el caso "real" de los frentes laminados de porcelana, la medición del color no es tan exacta, dado que sólo podemos utilizar los colorímetros. Las muestras de las guías las pudimos medir con el espectrofotómetro dado que a pesar de ser convexa su superficie vestibular, tienen un espesor y tamaño suficiente para ser adaptadas a la ventana del aparato; no obstante se realizaron las mediciones en completa oscuridad para evitar que la luz ambiental influyera en los resultados. En la actualidad no hay medios disponibles que permitan reproducir con exactitud los patrones de reflexión y absorción de la luz de un diente vital, aunque, afortunadamente, el ojo humano no es tan sensible a cambios mínimos de color y translucidez como lo es a variaciones de textura de la superficie y forma del contorno.

Seghi²¹⁴ y Yamamoto utilizan esta técnica de discos de porcelana para estudiar las diferencias de color entre sistemas de porcelana. Davis²¹³ elabora también discos de porcelana planos de diferentes colores para observar los cambios de color resultante al colocarlos sobre un mismo sustrato, aunque las mediciones las practica con un colorímetro. Yaman *et al*²¹² también realizan discos planos de 0.5 mm y Lund *et al* utilizan cilindros de 4 mm de altura, para el estudio

espectrofotométrico de la relación entre la porcelana de cuerpo y la aplicación de pigmentos oxido-metálicos.

Nosotros hemos elaborado los discos de cerámica de 15 mm de diámetro, y así, cubrir completamente la ventana rectangular del espectrofotómetro impidiendo la entrada de luz del exterior, y con dos espesores diferentes, unos de 0.3-0.4 mm, dado que es el más empleado cuando deseamos corregir aspectos morfológicos, posicionales o funcionales y no tinciones dentinarias importantes, y otros de 0.8-1 mm, pues consideramos que este es el espesor necesario, *a priori*, para enmascarar una dentina intensamente teñida. Este pequeño margen de una, en los discos finos o dos décimas de milímetro de diferencia en los discos gruesos, está directamente relacionado con la manipulación del técnico de laboratorio, en la fase de encerado previa al colado, y en el pulido posterior, así como las contracciones propias de la porcelana. El encerado de los discos, previo al inyectado, se realizó de forma manual tal y como se realiza a la hora de encerar las carillas en la práctica clínica, lo que entendemos podía haberse realizado de forma más precisa, mediante la elaboración de un molde metálico de dimensiones preestablecidas. Davis²¹³ elabora unos discos de porcelana de 0.7 mm de espesor ± 0.026 mm y 16 mm de diámetro, para poder centrar la cabeza del colorímetro en los discos, eliminando la influencia del fondo en dirección lateral.

CEMENTOS DE RESINA COMPUESTA.

Con la introducción de los adhesivos dentinarios y las técnicas de grabado ácido estudiadas por Buonocore¹³⁵ y las resinas de unión desarrolladas por Bowen¹³⁶, las restauraciones de porcelana pueden unirse a la estructura dentaria mediante cementos basados en resinas compuestas²¹⁵. Como demuestran Ekstrand, Ruyter y

Oysaed²¹⁶, Fernandez Bodereau²¹⁷, Müller²¹⁸ Boyer y Chalkley²¹⁹, el silano como agente de unión asociado al grabado ácido de la porcelana con ácido fluorhídrico, aumenta la fuerza cohesiva de la porcelana²²⁰. Por todo ello y tratando de reproducir lo más fielmente la metodología que seguimos habitualmente en clínica, nosotros grabamos la cara interna de todos los discos de cerámica con ácido fluorhídrico al 5% durante un minuto, con el fin de crear las microrretenciones que aumenten la fuerza de adhesión de las resinas de unión. Lavamos profusamente con agua y secamos con aire. Inmediatamente silanizamos la superficie grabada, aplicando el agente silano con un pincel y dejándolo actuar durante un minuto. Seguidamente secamos con aire y aplicamos una fina capa de resina líquida de unión, eliminando los excesos con aire y no polimerizando hasta su colocación sobre el sustrato. Este mismo procedimiento es seguido por Yaman²¹².

Los sistemas de cementado a base de resinas compuestas utilizados para la adhesión de frentes laminados de porcelana polimerizan por luz o químicamente. Ahora bien, Noie *et al*²²¹, han comprobado que los agentes aceleradores de los cementos de polimerización dual tienen un cierto grado de inestabilidad y modifican el color final de la restauración con el tiempo. Powers²²² sugiere que la degradación química de los materiales compuestos favorece la tinción extrínseca del material compuesto a nivel de la línea de terminación. Ferracane²²³ concluye que la decoloración de los composites puede ser debida a la oxidación de los dobles enlace de carbono, produciendo compuestos peróxido coloreados. Por ello nosotros, hemos seleccionado un cemento a base de resina compuesta para nuestro estudio, que permite el fraguado por luz de la base, sin necesidad de mezclarlo con el catalizador. Además, poseemos tres colores distintos para elegir, habiendo sido seleccionados por nosotros el más claro y el más oscuro, y de esta manera contrastar

su influencia en el color final. La misma base del cemento puede utilizarse como pasta de prueba, teniendo la precaución de evitar la exposición directa a la lámpara del equipo dental; así evitamos utilizar pastas de prueba distintas al cemento y entre las que algunos autores como Wang²²⁴ encuentran diferencias de color detectables. Por tanto, cementamos los 50 discos de espesor fino sobre sus correspondientes sustratos St1 y los 10 discos de espesor grueso sobre los sustratos St5. La mitad de cada grupo fueron cementados con la pasta base de color blanco /100 y la otra mitad con la pasta de color marrón /300, interponiendo una cantidad de cemento entre el sustrato y el disco, ya preparado, e inmediatamente aplicamos un peso constante de un kg / cm² retirando los excesos y polimerizando con luz halógena durante 1 minuto, tras retirar el peso completamos la polimerización durante 1 minuto más de tiempo, excediéndonos en 49 segundos al tiempo de curación recomendado por O'Keefe, Pease y Herrin²²⁵ en su estudio, en el que estima los tiempos de establecimiento de un agente de *luting* de resina compuesta debajo de *veneers* de cerámica, de diferentes espesores.

A las 24-48 horas tras el cementado, medimos el color de los 60 discos de sustrato-porcelana, introduciendo posteriormente todos los especímenes convenientemente numerados en suero fisiológico y en el interior de una estufa que mantiene una temperatura constante de 36-37°C imitando la temperatura bucal y de esta manera reproducir, en lo posible, las condiciones fisiológicas de la cavidad oral. Otros autores²²⁶ como Kern y Thompson²²⁷ u Olsson et al²²⁸ recomiendan la utilización de saliva artificial o una solución de carboximetilcelulosa para el mantenimiento de los especímenes, reproduciendo las condiciones fisiológicas de la boca.

MÉTODO COLORIMÉTRICO

Ya describimos y comentamos, en la introducción, los diferentes métodos que tenemos actualmente a nuestra disposición para medir el color de un objeto.

Sabemos que los **métodos visuales** consisten en hacer la medición del color mediante inspección visual por comparación, con los atlas colorimétricos, guías de colores comerciales, o con colorímetros visuales. Estos métodos para especificar el color utilizan el ojo como detector, presentando el gran inconveniente de que puede variar la medida para un mismo observador en el tiempo o de un observador a otro²⁶. Por tanto, la subjetividad, y las anomalías de visión condicionarán los resultados.

Culpepper²²⁹ señaló las diferencias individuales a la hora de seleccionar el color entre los dentistas y la incapacidad de algunos profesionales de imitar sus propias selecciones en diferentes ocasiones. Sproull²³⁰ atribuye los errores señalados por Culpepper²²⁹ a las variables humanas ya señaladas y a la falta de adecuación de las guías comerciales disponibles.

Un Atlas Colorimétrico es un conjunto formado por un gran número de muestras de color. El atlas Munsell o sistema del orden de color de Munsell⁵² es el más empleado en el campo de la odontología^{6 31 33 43 44 75 76 77 231 232}. Este, identifica el color respecto a tres atributos: *Hue* (tono), *Value* (claridad) y *Chroma* (saturación), y precisa, que para la descripción y especificación del color se realice en condiciones normalizadas de iluminación y de visión. Como las muestras están separadas por intervalos más o menos regulares de diferencias de color, este espacio resulta muy apropiado para especificar el color cuando lo que se pretende

es evaluar diferencias de percepción de éste. Por el contrario, la principal desventaja de los atlas colorimétricos, radica en que el método es discreto, por lo que puede ocurrir que un color se encuentre justo entre dos muestras del atlas sin que se pueda especificar exactamente cuánto más cerca está de una que de otra.

Ya dijimos que las guías comerciales son el método tradicional para la comunicación del color en odontología³³. En ellas se presentan los colores sin desglosar, dando lugar a unos dientes referencia o tablas codificadas en unas escalas según la guía en particular. También comentamos la dificultad que representa para el clínico la elección del color debido a la gran variedad de colores, de opacidades, de fondos y de espesores existentes^{233 234}. La translucidez y el *value* o luminosidad, como verificó Goodkind⁴⁴ con su estudio sobre dientes naturales *in vivo*, no tienen una ordenación lógica en las guías estándar más utilizadas^{33 133 235}. Hemos de tener en cuenta la propia distribución de la luminosidad en los diferentes dientes de una arcada, por ejemplo, destacar el bajo valor (más oscuros) para los caninos y bordes incisales, tener en cuenta que el incisivo central tiene el más alto valor por el más alto coeficiente de esmalte-dentina y el incisivo lateral tiene menos valor que el central.

Diferentes estudios han comprobado que el color de las muestras de las guías no se corresponde al color del diente natural, así, Nakagawa^{236 237} y Yamamoto⁵³ muestran el espectro de colores posibles de los dientes anteriores naturales en el sistema de valores estándares Yxy de la C.I.E.1931 y los sitúan en las coordenadas $X=0.3-0.4$ e $Y=0.3-0.4$. Se trata de una zona muy pequeña y muy próxima al blanco, correspondiendo a la longitud de onda de los 580 nm, es decir, al color amarillo-naranja. El tono de los incisivos centrales, laterales y caninos es el mismo,

no es así para la saturación que va aumentando de los centrales a los caninos, acercándose estos últimos a los 570 nm y por tanto, adquiriendo un color ligeramente amarillo-verdoso. Y comparandolos con el espectro cromático de las muestras de la guía Vita, observaron que de los cuatro grupos de tonalidades, únicamente el A, se asemeja al tono de estos dientes.

Trabajos similares de Clark²³⁸, Sproull²³⁹ con espectrofotometría, Hayasi⁴² sobre 68 adultos japoneses *in vivo*, de Ney³¹ sobre 86 pacientes y 231 dientes extraídos y utilizando las notaciones del sistema de Munsell⁵⁴, concluyen que las guías disponibles no cubren toda la gama de color requerido por los dientes naturales, hay una duplicación de los colores en ciertas áreas de la ordenación del color y carencias en otras. En general, no existe una disposición ordenada y sistemática de las guías. Además, se supone, que las tres dimensiones del color (*value*, *chroma* y *hue*) más la translucidez, se describen en una sola unidad³³.

Según Sproull, una guía de colores, debería cumplir los siguientes requisitos:

1º. Disposición lógica del color en el espacio, como el diente natural, en tres dimensiones.

2º. Distribución del color adecuadamente dentro del mismo diente. En ocasiones hay demasiada acumulación de color en una zona, mientras otras quedan poco cubiertas^{33 240}.

A estas recomendaciones habría que añadir:

3º. La guía de colores tiene que hacerse con el mismo material que se utilizará en nuestra reconstrucción prostodóncica. Generalmente las guías de

porcelana están realizadas con cerámica de alta temperatura de sinterización o fusión y sus óxidos dan unas coloraciones que se asemejan a los encontrados para prótesis removible, pero en ningún modo a aquellas porcelanas de media o baja fusión que se utilizan en prótesis fija⁴⁰.

4º. La guía debería tener el mismo espesor que una corona veneer de porcelana. La mayoría de las veces son mucho más gruesas³³.

5º. Los colores de la guía deberían identificarse mediante las notaciones de Munsell (H V/C).

6º. Las porcelanas, resinas y guías deben de tener un acuerdo respecto a los colores que se aceptan.

7º. Intentar minimizar los problemas derivados de las características físicas de los materiales. Existen riesgos de pequeñas diferencias de color de las distintas partidas de una misma porcelana, así como los tonos de dos copias de la misma guía de colores puede variar ligeramente.

Evidentemente las guías disponibles, hoy día, no cumplen estas características. Weider²⁴¹ concluye, en su estudio, que las guías de porcelana son inadecuadas en el 61% de los casos.

A pesar de todo ello, nosotros hemos comparado las mediciones del color de los discos de porcelana con respecto de una guía comercial, aunque como otros autores, como Hayashi⁴² podíamos haber construido nuestra propia guía de cerámica, pero pensamos que éste, o cualquier otro trabajo, tiene como uno de sus objetivos primordiales el poder ser transmitido a otros profesionales, y esta

comunicación es mucho más sencilla, cuando hablamos de una guía estándar conocida y al alcance de todos. Además, que previamente medimos los valores colorimétricos de las muestras de la guía que utilizamos, en las mismas condiciones que el resto de especímenes del estudio.

Junto con los atlas colorimétricos, disponemos de otros métodos visuales, como son los colorímetros visuales de los que existen dos tipos: aditivos y sustractivos. El colorímetro visual aditivo es un dispositivo que permite igualar un color con otro, formado por la mezcla aditiva de tres primarios, en la proporción adecuada, y mediante inspección visual. Este sistema utiliza filtros de color para obtener radiaciones roja, verde y azul, mientras que la cantidad de los mismos se controla variando el área de cada filtro por la que pasa la luz.

El colorímetro visual sustractivo intenta igualar un color mediante la mezcla sustractiva de dos o tres primarios más un filtro gris. Estos sistemas tienen las limitaciones de todos los colorímetros tricromáticos visuales, es decir, una precisión limitada del juego de los tres filtros y variaciones según el observador. Además, de acuerdo con las leyes que rigen las mezclas aditivas, con los tres filtros se podrán conseguir los colores que están incluidos en el diagrama C.I.E. 1.931, esto quiere decir que hay colores imposibles de igualar.

Teniendo en cuenta todo lo que acabamos de exponer, desechamos los métodos visuales para nuestro estudio, puesto que cualquiera de ellos, ya sean los atlas o los colorímetros tricromáticos visuales presentan graves inconvenientes en cuanto a su exactitud, unido a que requieren unas condiciones específicas de iluminación^{242 243} (fuente de luz de espectro completo, temperatura de color de 5.500 K, índice de rendición del color superior a 90, y una intensidad entre 75-300

candelas a 30 pulgadas del suelo). Y correcta visión para realizar las mediciones de color. Además también influyen otros factores como los colores circundantes, el tamaño del campo de visión²⁸, y esto unido al grave inconveniente del factor subjetivo del observador debido a las características y a la complejidad del sistema visual humano y del propio acto de la percepción, por todo ello, resulta difícil cuantificar las relaciones entre el estímulo y la percepción final²⁶.

Por tanto, decidimos analizar las ventajas e inconvenientes de los **métodos objetivos** de medición del color. Disponemos, actualmente, de dos tipos de aparatos para realizar la medición del color mediante la determinación de las coordenadas cromáticas. Estos son: el espectrofotómetro y el colorímetro de filtros tri-estímulo, anteriormente descritos.

El colorímetro triestímulo es un aparato con unas funciones de respuesta espectral directamente proporcionales a los coeficientes de distribución (funciones de igualación de color correspondientes al observador de la CIE-1931). El colorímetro triestímulo mide la totalidad de la energía radiante para cada color primario: rojo (X), azul(Z) y verde(Y).

Estos colorímetros pueden ser de plantillas o de filtros. La construcción de estas plantillas es muy complicada. Los colorímetros de filtros son de construcción más sencilla aunque son menos precisos.

Si comparamos entre un espectrofotómetro y un colorímetro tri-estímulo vemos que ambos pueden determinar el color de una muestra, sin embargo, es muy normal que el color medido con ambos aparatos dé resultados distintos como comprobó Seghi²⁴⁴ en un estudio que comparaba tres espectrofotómetros y un

colorímetro. Lógicamente el espectrofotómetro es mucho más fiable, exacto y fácilmente reproducible, dado que con él determinamos experimentalmente la reflectancia, mientras que la distribución espectral del iluminante y las funciones de igualación de color del sistema visual están tabuladas e introducidas en la base de datos del ordenador del aparato, por lo que, el cálculo de los valores tri-estímulos (X, Y, Z) y de las coordenadas cromáticas CIE Lab* es exacto. El espectrofotómetro ha sido utilizado en el campo de la odontología por numerosos autores Lemire³¹, Hayasi⁴², Sproull⁴³, Clark⁵⁰, Shegi²¹⁴. Lund²¹³...

El espectrofotómetro permite determinar el color reflejado como promedio de todos los colores en la zona medida, por lo que, en la actualidad, todavía no es posible la cuantificación objetiva de la transparencia y del color para cada capa y para cada región superficial del diente natural⁴¹.

Necesitamos, por ello, desarrollar métodos de medición de color en clínica y sobre paciente más exactos.

El espectrofotómetro mide y registra la cantidad de energía radiante visible para los tonos presentes en todo el espectro visible. También informa de la luminosidad (L*) para cada tono. Cuando se trata de materiales opacos esta definición llega a ser extraordinariamente precisa²⁴⁵. Además, elegimos en nuestro trabajo la representación del color en forma de las coordenadas cromáticas CIE Lab*, puesto que es uno de los espacios más uniforme que disponemos actualmente, entendiéndose por uniforme que las diferencias de color calculadas en él, geoméricamente hablando, estén de acuerdo con las halladas sensorialmente. A lo largo de los últimos años han ido apareciendo diferentes espacios y diagramas cromáticos que han intentado resolver este problema. Así, el sistema RGB para la

especificación del color, basado en la elección de tres primarios R (longitud de onda o $\lambda = 700$ nm), G ($\lambda = 564.1$ nm), B ($\lambda = 435.8$ nm) presenta dos grandes inconvenientes, no se puede determinar fácilmente la luminosidad de la muestra, puesto que ninguno de los valores triestímulo está relacionado directamente con ella, y por otra parte la existencia de valores triestímulo y coordenadas cromáticas negativas en estímulos de color reales, con la consiguiente dificultad de interpretación. Para resolver estos problemas, la CIE propuso un nuevo sistema el XYZ o CIE-1.931, que es excelente para representar mezclas aditivas, siendo además muy sencillo de manejar; sin embargo, es muy poco uniforme, por lo que con mucha facilidad conduce al usuario a errores si no está familiarizado con él. Una idea de su poca uniformidad la pueden dar las conocidas elipses de McAdam²⁴⁶²⁴⁷, que muestran como las diferencias de color sensoriales no se mantienen geoméricamente constantes, ni siquiera aproximadamente, en las diferentes regiones de este diagrama cromático.

En el año 1.974, el Comité de Colorimetría TC-1.3 de la CIE²⁴⁸ propuso dos espacios uniformes de color que se denominaron CIELUV ($L^* u^* v^*$) y CIELAB ($L^* a^* b^*$).

El CIELAB se ha impuesto sobre el otro sistema y pensamos que ha sido decisivo el hecho de que la fórmula del CIELAB es una versión simplificada de la de Adams-Nickerson²⁴⁹, aunque el CIELUV se utiliza más en el campo de la luminotecnia. Tampoco representa ningún problema el cálculo de las coordenadas cromáticas en este sistema, a partir de los valores triestímulos X, Y, Z, que se pueden obtener con cualquier colorímetro. Las coordenadas CIELAB son cartesianas, junto con el espacio CIELAB, se utiliza también su representación en

coordenadas cilíndricas $L^* C^* H^*$, donde L^* representa la claridad o luminosidad, C^* el croma o la saturación y H^* el tono, ya que es la norma UNE-72.031.²⁵⁰ y será utilizado para establecer la norma oficial española de nomenclatura de colores.

El CIE Lab* es un espacio de color ordenado de una forma similar al espacio de coordenadas polares de Munsell y se pueden compararse entre sí²¹³.

El espacio CIE Lab* representa todos los tonos presentes en todo el espectro visible (a^* positivo representa la gama de rojos, a^* negativo la gama de verde; b^* positivo representa la gama de amarillo y b^* negativo la de azul). También informa de la luminosidad (L^*) para cada tono; si L^* aumenta el color es más claro, si disminuye es más oscuro. Así como la diferencia de color, ΔE , entendiéndose por diferencias de color el número de colores intermedios sensorialmente distinguibles y que viene dada por la expresión:

$$\Delta E = \{(dL^*)^2 + (da^*)^2 + (db^*)^2\}^{1/2}$$

Este espacio y su forma de diferencia de color asociada, intentan ser uniformes sensorialmente en aquellos casos en que se presentan diferencias de color más grandes que el umbral, pero más pequeñas que las normales en el Munsell.

Existe gran controversia alrededor de qué diferencia de color (ΔE) sea perceptible para el ojo humano. Kuehni y Marcus²⁵¹ dicen que una ΔE de 1, es apreciable para el 50% de una muestra de población. Davis et al²¹³ en un trabajo compararon los resultados espectrofotométricos con el análisis visual, y los encuestados sólo diferenciaban valores de ΔE superiores a 1.69. Johnston y Kao²⁵² encontraron que una diferencia de color en la cavidad oral de $\Delta E = 6.8 \pm 2.7$ es perceptible comparando composites y dientes naturales. Ruyter²⁵³ considera, en

odontología, un cambio de color perceptible al ojo de ΔE superior a 1, siendo aceptable hasta 3.3. Y cambios por debajo de este nivel se consideran inapreciables²⁵⁴.

Basados en los resultados de Seghi²¹⁴ et al con porcelanas dentales, puede afirmarse que en condiciones de visión ideales (en el laboratorio), valores de ΔE superiores de 2 pueden ser percibidos fácilmente por la mayoría de los observadores, mientras que valores inferiores a 1 son menos discernibles^{255 221}.

Balderamos²⁵⁶, en su investigación sobre el color de los cementos basados en resinas compuestas, considera una $\Delta E = 3$ como el límite inferior de percepción de cambios de color.

Nosotros hemos considerado como perceptibles ΔE superiores a 2, puesto que todos los autores parecen estar de acuerdo, en que cuando una toma de color se realiza en condiciones adecuadas de iluminación, aunque sea dentro de la cavidad oral, esta diferencia es perceptible. Además, cuando se trata de facetas de porcelana, que es un tratamiento fundamentalmente estético, pequeñas variaciones de color son muy determinantes en el grado de satisfacción de los resultados obtenidos. No obstante, creemos recomendable realizar, entre los profesionales que manejan este tipo de restauraciones de porcelana, un estudio de evaluación de diferencias de color.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Hacer una valoración de nuestros resultados comparándola con la de otros autores ha sido complicada dada la escasa bibliografía existente relacionada con el tema particular que tratamos. Al igual que hemos hecho en la discusión del método, vamos a realizar nuestra exposición siguiendo el guión desarrollado en nuestros resultados.

1. Medimos inicialmente el color de las muestras de las guías comerciales, puesto que el trabajo está realizado bajo los supuestos, que nuestros sustratos son de los colores St1 y St5 de la guía de muñones, y los discos de cerámica son de color 2A de la guía de porcelana, por tanto si queremos estudiar la diferencia de color con respecto de ellas, deberemos de conocer primero sus valores espectrofotométricos L^* , a^* y b^* . Posteriormente realizamos las mediciones de color de :

2. Los sustratos aislados de color St1 y St5 y los comparamos con el color de la guía de muñones correspondiente.

3. Discos de porcelana de espesor 0.3-0.4 mm y color 2A.

3.1. Para comprobar la homogeneidad de la muestra de discos de

porcelana realizamos las mediciones de color sobre un único sustrato St1, el nº 21 y sobre el sustrato nº 1 del grupo de St5, y de esta manera corroborar que no influían como factor individual que pudiesen afectar a las mediciones realizadas en el estudio.

3.2.Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm sin cementar.

Asignamos de forma aleatoria a cada disco de cerámica de 0.3-0.4 mm de grosor y color 2A, un sustrato de resina St1 y los numeramos, pasando a medir el color de cada disco sobre su correspondiente sustrato sin cementar y sin ninguna interfase entre ellos mas que el espacio virtual ocupado por aire.

3.3.Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm cementados

con dos tipos de composite. Los 25 primeros con el cemento blanco y los 25 últimos con el cemento marrón. Realizando una primera medición del color recién cementados y otra al mes del cementado.

4.Discos de porcelana de espesor 0.8-1 mm y color 2A.

4.1.Sustratos St5 con discos de porcelana 8.0-1 mm sin cementar.

Asignamos de forma aleatoria a cada disco de cerámica de 0.8-1 mm de grosor y color 2A, un sustrato de resina St5 y los numeramos, pasando a medir el color de cada disco sobre su correspondiente sustrato sin cementar y sin ninguna interfase entre ellos mas que el espacio virtual ocupado por aire.

4.2.Sustratos St5 con discos de porcelana 0.8-1 mm cementados.

Los 5 primeros con el cemento marrón y los 5 últimos con el cemento blanco. Realizando una primera medición del color recién cementados y otra un mes después.

5. Pruebas adicionales practicadas.

5.1. Analizamos si el tipo de sustrato St1 (claro) o St5 (oscuro) afecta a la colorimetría después de colocar los mismos discos de porcelana, para cada tipo de iluminante, con los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de color 2A sobre u mismo sustrato St5 y los sustratos St1.

5.2. Pruebas con interfase de glicerina transparente con discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de espesor y color 2A .

1. Guías de colores.

Medimos inicialmente el color de **las muestras de las guías comerciales**, puesto que el trabajo está realizado bajo el supuesto de que nuestros sustratos corresponden a los colores St1 y St5 de la guía de muñones, y los discos de cerámica son de color 2A de la guía de porcelana. Por tanto, si queremos estudiar la diferencia de color con respecto de ellas, deberemos de conocer primero sus valores espectrofotométricos L^* , a^* y b^* .

Miller¹³³ estudia la guía por nosotros utilizada entre otras, con el espetrofotómetro y compara lo resultados obtenidos con el color de los dientes naturales, afirmando que no coinciden los valores obtenidos de tono y luminosidad de la guía con los de los dientes.

Disponemos de los valores que nos proporcionó la casa comercial Ivoclar (Schann, Liechestein) para el color 2A: $L^* = 72.40$, $a^* = -1.20$ y $b^* = 26.10$,

medidos en el punto central de la muestra de la guía. Nuestros valores para esta misma muestra 2A, medidos con espectrofotometría fueron: $L^* = 69.10$, $a = -1,39$ y $b^* = 12.6$ con iluminante D65. Como apreciamos, existe una diferencia notable en el valor de b^* . Las mediciones suministradas por la casa comercial están realizadas con un colorímetro y no con un espectrofotómetro, de ahí que no sean comparables. Como ya comentamos, el espectrofotómetro es más exacto, fiable y reproducible que el colorímetro, aunque el colorímetro es un aparato muy útil para medir diferencias de color individualmente, ya que los resultados obtenidos con cada aparato en particular no son extrapolables. Además nos advirtieron que los valores para la guía de porcelana son siempre “sospechosos”, dado que la superficie no es plana y están realizadas con tres capas, con lo cual las medidas exactas sólo son reproducibles con el mismo ángulo y la misma posición.

2. Sustratos aislados de color St1 y St5.

Cuando indicamos, dentro de nuestros tratamientos prostodóncicos, la utilización de facetas de porcelana, es imprescindible, por su transparencia, tener en cuenta el color del diente subyacente preparado. Para ello disponemos de una guía de colores que intenta semejarse a los colores de la dentina de los dientes naturales. Como se describió, el técnico dispone de materiales a base de composite que reproducen los colores de la guía. De ese modo podrá reproducir el muñón de la preparación y comprobar el color final como resultado de la superposición de la faceta sobre dicho muñón coloreado.

En el presente estudio elegimos dos colores de la guía, por un lado el St1 que

según nuestra experiencia clínica es el que más prevalencia tiene dentro de los dientes naturales, y por otro el St5 que semeja el color oscuro de un diente teñido por tetraciclinas. Otros autores²¹³ utilizan sustratos confeccionados con resinas termopolimerizables de diversos colores reflejados en las guías correspondientes de cada fabricante, aunque dichos colores están enfocados a colores de porcelana, para reproducir frentes estéticos de restauraciones veneer y no como guía de color para la dentina humana. Otras resinas utilizadas²⁰⁸ son de tipo autocurable como la Formatray® con polvo de color S3 que semeja el color C4 de la guía Vita Lumin®.

En nuestras mediciones hemos comparado los colores resultantes de los discos-sustrato confeccionados con respecto a los obtenidos con las muestras respectivas St1 y St5 de la guía de muñones. Encontrando que existen diferencias de color de los sustratos claros o St1 ΔE de 3.6 con el iluminante D65 y $\Delta E = 4.2$ con iluminante A, con respecto a la guía St1, debida fundamentalmente a la diferencia de valores de a^* y b^* , sin variar prácticamente la luminosidad, comprobándolo, al observar la diferencia de croma $\Delta E(ab)$, que como sabemos es la diferencia de color excluyendo la luminancia o L^* , es de 3.2 y 3.8 respectivamente. Aconsejamos la toma de color con ambas luces, luz natural y luz artificial, siendo más real la medición, como cabía esperar, con luz natural. Ahora bien, estas diferencias demuestran que el color de los sustratos que elabora el técnico y el color tomado por nosotros con la guía, difieren significativamente y es apreciable por el observador normal, puesto que es $>$ de 2, por lo que introducimos un factor de error en esta fase clínica.

Con los sustratos oscuros o St5, ocurre exactamente lo mismo, o aún peor, obtenemos una $\Delta E = 4.1$ con el iluminante D65 y una $\Delta E = 5.2$ con el A, con

respecto a la guía ST5.

No obstante, el color de los sustratos era homogéneo entre sí, puesto que los valores de la desviación estándar de las diferentes muestras eran pequeños. Ello indica que esta diferencia de color era propia del color del material utilizado y no de la manipulación del técnico de laboratorio, aunque fuese apreciable visualmente la diferencia con el color de la guía. Es decir el color de la guía de muñones St no se corresponde con el color de la resina indicada para fabricarlos, por lo menos de las dos muestras estudiadas por nosotros. Existe mucha bibliografía referida a las guías de cerámica o de resina para la realización de prótesis fija y dientes artificiales, no encontrando ningún estudio que hable en concreto de esta guía de muñones. Hemos elegido esta guía de muñones porque es la única conocida, por nosotros, para tomar el color de la dentina de los dientes tallados; de esta manera podemos transmitir los resultados obtenidos de una manera sencilla y objetiva para el clínico general. El resto de autores utilizan colores de resina termo y autopolimerizables, estableciendo una correlación aproximada con guías de color de porcelana.

3.Discos de porcelana de espesor 0.3-0.4 mm y color 2A

El color seleccionado para los discos de porcelana fue el 2A de la guía Chromascop®, basándonos en que dicho color es el más requerido por nuestros pacientes dado los cánones estéticos actuales. Yaman²⁰⁸ utiliza el mismo color 2A de la guía Vita® basándose en que es el color más usado en la práctica clínica.

3.1.Para comprobar la homogeneidad de la muestra de discos de porcelana realizamos las mediciones de color de todos los discos de 0.3-0.4 de espesor, sobre un único sustrato St1, el nº 21 y sobre el sustrato nº 1 del grupo de St5, observando

en los resultados una desviación estándar baja y de esta manera corroborando que no influían como factor individual que pudiesen afectar a las mediciones realizadas en el estudio.

A. Sobre sustrato St1. Comprobamos la homogeneidad del color de la muestra de discos de porcelana de 0.3-0.4 mm, pero observamos que al colocarlos sobre un mismo sustrato St1, se aprecian diferencias visuales de color con respecto de la guía 2A de porcelana, pues la $\Delta E = 2.2$ con ambos iluminantes, por tanto la ΔE es superior a 2, aunque se encuentra muy próxima al límite señalado.

B. Sobre sustrato St5. Las diferencias de color obtenidas cuando adosamos los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm sobre un mismo sustrato St5 son un poco mayores que con el sustrato claro, apreciándose también las diferencias visuales de color en los resultados con respecto de la guía 2A.

A pesar de la homogeneidad del color de los discos de porcelana 2A, existe una diferencia de color de éstos, respecto al color 2A de la guía de porcelana, apreciable visualmente. Ello nos induce a pensar que la técnica de cerámica inyectada a partir de pastillas de cerámica con color determinado es estable, no influyendo la manipulación a nivel del laboratorio en el color final de la restauración, pero que el color del sustrato o de la dentina influye notoriamente, como posteriormente ratificaremos. Como ya hemos comentado el color de las guías comerciales no se ajusta exactamente al color real ni de la porcelana, ni del diente natural^{31 33 40 42 54 239 238 240 257}. Ya en estas mediciones de los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm sobre uno u otro sustrato se aprecian diferencias de color, influyendo el color del sustrato sobre el color final de nuestras supuestas restauraciones.

Como apreciamos, además, las mediciones no se realizaron de forma ideal, la cual hubiese sido la medición del disco de porcelana aislado, para comprobar su color “real” 2A, sin ningún sustrato debajo, pero el espectrofotómetro Macbeth 1500/ Plus que disponíamos no está preparado para realizar mediciones de cuerpos transparentes. Por ello, los discos de porcelana fueron medidos adosados a sus sustratos y no por transparencia. A pesar de la limitación de este espectrofotómetro, lo utilizamos para medir el color de nuestros especímenes, porque nosotros siempre observamos el color de los frentes laminados de porcelana sobre un sustrato, que es el diente tallado con su color característico. Si apreciamos el color de la carilla aislada, fuera del contexto de la cavidad oral, no podemos valorar el color final de la restauración, puesto que éste depende, además, de otros factores como son el color de la dentina y del cemento de resina.

3.2.Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm sin cementar.

Cuando colocamos cada disco de porcelana 2A de 0.3-0.4 mm adosado a su correspondiente sustrato de resina St1 observamos que la diferencia de color resultante con respecto al color 2A de la guía de porcelana es $\Delta E = 1.8$ con D65 y $\Delta E = 1.7$ con A, por tanto inapreciable visualmente. Esta diferencia de color se produce fundamentalmente por un aumento de la luminancia (L^*), por tanto el color final es más claro que el de la guía. Ello lo comprobamos al revisar la diferencia cromática, que es la diferencia de color, excluyendo la L^* , y vemos que los resultados obtenidos son muy inferiores, de $\Delta E(ab) = 0.8$ para ambos iluminantes. Clínicamente podemos reproducir en nuestras restauraciones el color que nosotros seleccionamos en condiciones ideales de iluminación con la guía de colores de porcelana, no de una manera exacta puesto que existen diferencias de color

estadísticamente significativas con ambos iluminantes, al colocarlos sobre su correspondiente sustrato, pero si de una manera práctica puesto que el ojo humano no aprecia estas diferencias. Estos resultados parecen no estar de acuerdo, con los obtenidos cuando colocábamos todos los discos de cerámica sobre el mismo sustrato nº 21, pero si analizamos los resultados hallados con este sustrato apreciamos unos valores de $b^* = 19.8$ con el iluminante D65, que discrepan con el valor medio de b^* obtenido de los 50 sustratos, que son $b^* = 17.6$ con D65.

3.3.Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm cementados con cemento blanco. 1ª medición recién cementados.

Para proceder al cementado de los discos de porcelana sobre sus correspondientes sustratos podemos, al igual que en clínica, seleccionar un tipo claro u oscuro de cemento. Observamos que cuando cementamos nuestros especímenes con cemento blanco el color final obtenido es más oscuro que el color 2A de la guía de porcelana ($\Delta E = 2.3$ con ambos iluminantes). Ello es debido, principalmente, a la disminución del valor de L^* . El tono del color (diferencia cromática $\Delta E(ab) = 0.8$ y 0.9 respectivamente) no ha variado puesto que b^* y a^* son prácticamente iguales. Aunque estadísticamente esta diferencia de color no es significativa estadísticamente (p-valor de 0.057 con D65 y p-valor de 0.053 con A), si es apreciable visualmente. El color final de nuestros conjuntos sustrato + cemento blanco + disco de porcelana, es más oscuro que antes de realizar el cementado.

La aplicación clínica que podemos deducir de los resultados, apunta a que cuando nosotros realizamos la prueba de color de la carilla sobre el diente natural tallado y en seco, el color será más próximo al que hemos elegido, que cuando lo cementemos con un cemento de composite blanco.

3.3.Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm cementados con cemento blanco. 2ª medición tras un mes de cementados.

En este mismo supuesto, cuando realizamos las mediciones de color tras un mes de realizado el cementado y guardado los especímenes en condiciones fisiológicas se produce un aumento de la diferencia de color, ya que es $\Delta E = 2.3$ para ambos iluminantes recién cementados y transcurrido el mes $\Delta E = 2.7$ con D65 y $\Delta E = 2.8$ con A. Ello es debido a una disminución de la luminosidad, puesto que el valor medio de L^* es 68.3 en el momento del cementado y 66.6 al mes del cementado, por tanto, oscureciéndose algo más tras este período de tiempo y a su vez variado insignificamente los valores de a^* y b^* . Por tanto el color de los discos es ahora más oscuro que la guía 2A de porcelana.

Estas diferencias obtenidas al mes del cementado, comparadas con el color de la guía 2A son estadísticamente significativas (p-valor de 0.013 con D65 y p-valor de 0.024 con A) y también visualmente. Las mismas variaciones de color refieren Hosoya y Goto²⁵⁸ en su estudio sobre composites estudiados al mes, tres, seis meses y un año. Atribuimos este cambio de color como Noie²²¹ al envejecimiento del composite. Balderamos *et al*²⁵⁹ afirman que todos los cementos se oscurecen a las 24 horas del cementado ($\Delta E = 1.93$), es decir, disminuye su luminosidad, pero no encuentran variaciones en las coordenadas a^* y b^* . Estas diferencias no son lo suficientemente grandes como para ser percibidas por el ojo humano. También encuentra diferencias de color entre los cementos de resina definitivos y las pastas de prueba de color, fácilmente detectables a simple vista (ΔE entre 2.6 y 14.5 según colores).

3.4.Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm cementados con cemento marrón. 1ª medición recién cementados.

Cuando realizamos el cementado de los sustratos St1 con los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm con cemento marrón, observamos una diferencia de color $\Delta E = 3.4$ con ambos iluminantes, lo cual, nos indica que el color final con cemento marrón se aleja más del color 2A de la guía, puesto que ha disminuido la luminancia o L^* y ha aumentado los valores de a^* y b^* , es decir el color final es más oscuro y más saturado que antes del cementado.

Y también comprobamos que el color resultante con ambos cementos es diferente. Este cambio se debe, por un lado al decremento del valor de a^* , que es de -1.5 con cemento blanco y -0.88 con cemento oscuro, y a la disminución del valor de L^* siendo de 68 para el cemento blanco y 66 para el oscuro. Estos valores son estadísticamente significativos (p-valor de 0.001 con D65 y p-valor de 0.000 con A) y visualmente apreciables. Estos cambios entre ambos cementos, se deben fundamentalmente a una disminución de la luminosidad, una disminución del verde en favor del rojo.

3.4.Sustratos St1 con discos de porcelana 0.3-0.4 mm cementados con cemento marrón. 2ª medición tras un mes de cementados.

Transcurrido un mes del cementado, la diferencia de color es superior con respecto al color de la guía ($\Delta E= 3.8$ con ambos iluminantes), siendo estadísticamente significativo (p-valor de 0.003 con D65 y p-valor de 0.001 con A) y visualmente apreciable, ocurriendo lo mismo que recién cementados, es decir el color de los discos ahora, es más oscuro y esta más saturado que la guía 2A.

Comparando los resultados obtenidos con cemento blanco y marrón recién cementados y trascurrido un mes, comprobamos que cuando utilizamos un cemento blanco, el color de los discos de porcelana se oscurece más que recién cementado, el valor medio de L^* es de 68.3 en la 1ª medición y pasa a 66.7 en la 2ª con el iluminante D65. Con el cemento marrón, los discos se oscurecen más que con el cemento blanco, tanto recién cementado, como al mes, pero la evolución entre la 1ª ($L^* = 66.1$) y la 2ª medición ($L^* = 65.6$) es menor con el iluminante D65, con el A ni siquiera se modifican, es decir se mantiene más estable con el tiempo el valor de L^* con el composite oscuro, pero además se produce un incremento de a^* .

Yaman *et al*²⁰⁸ utilizaron dos tipos de cerámica a los cuales les incorporaron cantidades diferentes de opaquer y posteriormente cementados a sus sustratos; obtuvieron cambio de color en todas las muestras tras el cementado.

Touati y Miara²⁶⁰ afirman que los cementos de resina influyen sobre el color final de la restauración, aunque de un 10 a 15% menos que el color de la dentina subyacente. Ahora bien, esta influencia cuando hablamos de grosores de cemento de 30 a 50 μ , que es, el ocupado por nuestras restauraciones cementadas, los colores parecen indiferenciables y en consecuencia no se deben anticipar grandes correcciones del color de nuestras carillas a través de la selección del cemento, aunque nosotros podemos afirmar, tras este estudio, que cementando carillas finas, de 0.3-0.4 mm de espesor con un composite blanco modificaremos el color final, resultando éste más oscuro que antes del cementado y aumentando ligeramente con el tiempo, y si las cementamos con un composite marrón, el color final resultante será más oscuro y estará ligeramente más saturado en general que antes del cementado y aumentando también discretamente con el tiempo.

4. Discos de porcelana de espesor 0.8-1 mm y color 2A

4.1. Sustratos St5 con discos de porcelana 0.8-1 mm adosados sin cementar.

En la práctica diaria, cuando intentamos ocultar o corregir el color oscuro de unos dientes teñidos, realizamos de forma empírica preparaciones dentarias más agresivas, reduciendo espesores de diente entre 0.8 y 1 mm para que el volumen de nuestra restauración sea capaz de ocultar el color subyacente.

En nuestro estudio comprobamos que al adosar los discos de porcelana de espesor grueso y color 2A sobre los sustratos oscuros St5, las diferencias de color respecto a la guía de porcelana 2A, son de $\Delta E = 1.3$ y 1.5 con D65 y A respectivamente. Por tanto, visualmente, no hay diferencia de color con el color elegido de la guía. Ello nos indica que el color 2A del disco de 0.8-1 mm de espesor enmascara el color oscuro del sustrato cuando no existe ninguna interfase entre ambos. No ocurriendo igual si el disco de porcelana es fino, como comprobamos en la prueba adicional practicada 5.1. donde analizamos, si un disco de porcelana de pequeño espesor (0.3-0.4 mm), es capaz de enmascarar un sustrato oscuro (St5) de la misma forma que lo hace con uno claro (St1), en ella dedujimos que el disco de porcelana fino adosado enmascara el color claro, obteniendo una ΔE con respecto al color de la guía 2A de 1.8 y 1.7 con ambos iluminantes D65 y A respectivamente, no apreciándose visualmente esta diferencia de color. Pero con el sustrato oscuro, esto no ocurría, el disco de porcelana fino no podía enmascarar completamente el color del sustrato, obteniendo una diferencia de color con respecto de la guía 2A de 2.3 y 2.4, siendo apreciable visualmente por un observador normal, sin embargo, si

le adosamos un disco grueso de 0.8-1 mm, como acabamos de ver, si enmascaramos el color oscuro del sustrato no apreciándose la diferencia con el color de la guía.

O'Keefe²²⁵ afirma que el grosor de una faceta de porcelana afecta más a la transmisión de la luz que la opacidad de la misma. Stang *et al*²⁶¹ confirman dicho punto al decir que el grosor de la faceta afecta a la transmisión de la luz, más que la opacidad y la tonalidad de la misma. Chang y Boyer²⁶² publican hallazgos similares. O'Keefe afirma que un espesor de 1 mm en una faceta de porcelana reduce las diferencias de color aparente del cemento y de la dentina.

Judd y Wyszecski²⁰⁵ describen la opacidad como la capacidad de esconder, y la relacionan con el espesor. La capacidad de una carilla de porcelana para enmascarar el color depende del número y tamaño de las partículas de opaquer y pigmentos por unidad de superficie, de su capacidad de absorción y refracción de la luz.

Touati²⁶⁰ aconseja que para modificar el color de la dentina hay que aumentar la opacidad de la cerámica.

4.2. Sustratos St5 con discos de porcelana 0.8-1 mm cementados con dos tipos de composite . 1ª medición, recién cementados.

Queremos observar la influencia del cemento al interponerse entre el sustrato oscuro St5 y el disco de porcelana de 0.8-1 mm de espesor y color 2A. Cuando el cementado lo realizamos con cemento blanco observamos una $\Delta E = 4.5$ con ambos iluminantes y con el cemento marrón una $\Delta E = 5.1$ y 4.5 con D65 y A, con respecto al color de la guía 2A de porcelana. Ello nos indica que el color final conseguido dista mucho del color elegido de la guía, siendo estadística (p-valor de 0.0051) y

visualmente significativa la diferencia independientemente del tipo de cemento. El color final obtenido es prácticamente el mismo con los dos tipos de color de cemento. Ello confirma que la influencia del espesor es superior a la del tipo de cemento, pero no al cementado en general.

4.2. Sustratos St5 con discos de porcelana 0.8-1 mm cementados con dos tipos de composite . 2ª medición, tras un mes del cementado.

Transcurrido el mes desde el cementado, observamos que la diferencia de color del cemento blanco ($\Delta E = 4.1$ con D65 y $\Delta E = 3.9$ con A) con respecto de la guía, es prácticamente el mismo que un mes antes . Con el cemento oscuro se repite la misma situación ya que encontramos una $\Delta E = 4.3$ con D65 y $\Delta E = 4.2$ con A.

Por ello, no existen diferencias según el tipo de cemento (con ambos iluminantes), ni se han observado diferencias significativas tras el cementado, entre la diferencia de color en la primera y en la segunda medición. El espesor de la carilla, cuando este alcanza espesores de 0.8-1 mm, enmascara en parte el color del cemento.

5. Pruebas adicionales practicadas.

5.1. Analizamos si el tipo de sustrato St1(claro) o St5(oscuro) afecta a la colorimetría después de colocar los mismos discos de porcelana, para cada tipo de iluminante, con los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de color 2A sobre u mismo sustrato St5 y los sustratos St1.

Esta diferencia de color era mayor, estadísticamente significativa y

visualmente, para el conjunto sustrato St5 más disco de porcelana de 0.3-0.4 mm. de espesor ($\Delta E = 2.3$ con D65, y $\Delta E = 2.4$ con A), que para el conjunto de los 50 sustratos St1 más disco de porcelana 0.3-0.4 ($\Delta E = 1.8$ con D65 y $\Delta E = 1.7$). Como ya hemos discutido en el apartado superior.

5.2. Pruebas con interfase de glicerina transparente con discos de porcelana de 0.3-0.4 mm de espesor y color 2A .

Con el objetivo de verificar el efecto de la colocación de un cemento completamente transparente sin color, colocamos una interfase de glicerina entre los discos de porcelana de 0.3-0.4 mm y el sustrato St1, haciendo desaparecer el espacio virtual de aire existente entre ambos y facilitando la transmisión lumínica.

Encontramos una $\Delta E = 4.6$ con D65 y $\Delta E = 4.7$ con A respecto del color 2A de la guía de porcelana ($L^* = 67$, $a^* = -0.6$ y $b^* = 20.5$). En cambio, si comparamos los resultados L^* a^* b^* de estas mediciones con interfase ($L^* = 64.6$, $a^* = -2.0$ y $b^* = 12.3$ con D65), con los valores medios del color de los sustratos St1 ($L^* = 65.8$, $a^* = 2.1$ y $b^* = 17.6$), observamos su similitud. Ello apunta a que al colocar como interfase una glicerina completamente transparente, el color final resultante es muy próximo al del sustrato St1, influyendo escasamente el color del disco de porcelana de 0.3-0.4 mm. Clínicamente, este hecho aconseja utilizar únicamente un cemento de resina compuesta transparente en los casos en los cuales no deseemos modificar el color dentinario. Durante la prueba de las carillas, en el supuesto anterior, el efecto resultante podrá observarse interponiendo glicerina líquida entre el muñón y la restauración. En el caso de que el la presentación comercial del cemento a utilizar no disponga de cemento transparente, es mejor realizar la prueba con la base de los diferentes colores disponibles para realizar la elección más apropiada.

6. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Una vez evaluados los parámetros sometidos a estudio y aplicados los métodos de estadística habituales en Medicina y Cirugía, los resultados obtenidos nos conducen a las siguientes conclusiones:

Derivadas de la revisión bibliográfica de la introducción:

1. Las restauraciones prostodóncicas realizadas únicamente de porcelana, particularmente los frentes laminados, son un tipo de reconstrucciones que se están utilizando con más frecuencia dentro del campo de la Prostodoncia, dado su escasa agresividad con el tejido dentario, sus excelentes resultados estéticos y su ya demostrado buen pronóstico a largo plazo.

2. Es recomendable que a todos los profesionales de la odontología nos practiquen las pruebas oftalmológicas de sensibilidad al color, para detectar posibles anomalías y así poderlas corregir.

Derivada de la aplicación del material y métodos:

3. Los sistemas de medición de color y en especial el espectrofotómetro, se muestran útiles para el análisis del color *in vitro* de las porcelanas dentales y de los cementos de resina de composite. La forma de disco plano utilizada en este estudio, facilita el análisis del color obteniéndose valores muy precisos, fiables y fácilmente reproducibles.

Derivadas de los resultados:

4. Se observan, generalmente, menores diferencias de color utilizando el iluminante D65 o luz natural que con el iluminante A. Por tanto, cuando realicemos la toma de un color en paciente, es aconsejable realizarla como mínimo con dos luces diferentes, una de las cuales será luz natural de día, aunque sin darle mucha importancia a la orientación de la ventana, ni a la hora del día, exceptuando el atardecer que lo evitaremos siempre. El técnico de laboratorio, debe de utilizar las mismas fuentes de iluminación que nosotros hemos utilizado para seleccionar el color.

5. Es aconsejable tener en cuenta el color de la dentina del diente subyacente preparado e informar al técnico de laboratorio para su reproducción, pues el color de ella influye notablemente en el color de la restauración. Aunque los colores de la guías comerciales de muñones utilizados, no se ajustan al color de la resina fotopolimerizable que se dispone para su elaboración y reproducción.

6. Cuando colocamos una faceta fina de porcelana, de 0.3-0.4 mm y color claro, sobre una dentina oscura, el color final resultante no se corresponde con el color de la muestra de la guía de porcelana.

7. Si el color del muñón es oscuro y deseamos modificarlo, es aconsejable realizar facetas más gruesas, de 0.8-1 mm de espesor, así como cementarlas con resinas basadas en composite, que no sean transparente.

8. Al realizar la prueba en boca del paciente, deberemos hacerlo con la base del cemento que pensemos utilizar; si la realizamos en seco, el color de la restauración será muy próximo al deseado, pero nos conducirá a errores, lo mismo

que si la hacemos con una glicerina transparente, pues ésta aumenta la transmisión de la luz dejando ver el color del muñón.

9. Los cementos a base de resina de composite que hemos utilizado en el presente estudio, oscurecen el color final de la restauración de la siguiente manera:

a) Cuando utilizamos facetas finas y cementos claros, generalmente este oscurecimiento no se aprecia visualmente, recién cementadas. Transcurrido un mes desde cementado, este oscurecimiento es mayor y si que es apreciable visualmente.

b) Cuando utilizamos facetas finas y cementos oscuros, podemos apreciar visualmente, recién cementadas, que el color final es más oscuro y más saturado que el color de la muestra de la guía de porcelana. Y transcurrido un mes desde el cementado, este oscurecimiento es más acusado.

c) Cuando los frentes laminados son gruesos, el cementado varía también el color final, se oscurecen y se desaturan en general, apreciándose la diferencia de color visualmente ya recién cementados, pero estos cambios de color son independientes del tipo de cemento utilizado, pues la influencia del espesor es superior a la del tipo de cemento.

10. Los sistemas de medición para el registro de color directamente en la cavidad oral deben adaptarse todavía a las condiciones de dicho medio para obtener mediciones fiables. Necesitamos, por ello, desarrollar métodos de medición de color en clínica y sobre paciente más exactos y reproducibles, para de esta manera poder transmitir los datos obtenidos.

7. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. The Academy of Prosthodontics. The Glossary of Prosthodontic Terms. Sixth edition, GPT-6, 1994.
2. Mallat E, Keogh TP. Prótesis Parcial removible. Clínica y laboratorio. 1ª ed. Madrid: Mosby/Doyma Libros, 1995.
3. Anitua E, Gascón F. Soluciones estéticas en dientes con decoloraciones. Vitoria: Puesta al día en Publicaciones S.L., 1992.
4. Jordan RE. Composites en Odontología Estética. Técnicas y materiales. Barcelona: Salvat Editores S.A., 1987.
5. Kuwata M. Theory and Practice for Ceramo Metal Restorations. Chicago: Quintessence Publishing Co., 1980.
6. Rosenstiel SF. Land MF. Fujimoto J. Prótesis Fija. Procedimientos clínicos y de laboratorio. Barcelona: Salvat Editores S.A., 1991.
7. Rosenberg M. Periodontal and Prosthetic management for advanced cases. Chicago: Quintessence Publishing Co. Inc., 1988.
8. Brusatin M. Historia de los colores. Barcelona: Ed. Paidós, 1987.
9. Jacobs GG. Wavelength discrimination in gray squirrels. *Vision Res* 16:325-27, 1976.
10. Jacobs GH Neitz J Deegan JF. Retinal receptors in rodents maximally sensitive to ultraviolet light. *Nature* 353:655-6, 1991.
11. Jacobs GH. The distribution and nature of colour vision among the mammals. *Biol Rev* 68:413-71, 1993.
12. Jacobs GH. Spectral sensitivity, photopigments, and color vision in the Guinea Pig (*Cavia porcellus*). *Behav Neurosci* 108:993-1004, 1994.
13. Mollon JD. Uses and evolutionary origins of primate colour vision. *Vision and Visual disfunction*. London: Ed. Cronly-Dillon JR Gregori RL, 1991.

14. Muntz WRA. Vision in frogs. *Sci Am March*: 111-9, 1964.
15. Neitz J Jacobs GH. Spectral sensitivity of cones in an ungulate. *Visual Neurosci* 2: 97-100, 1989.
16. Neitz J Geist T Jacobs GH. Color vision in the dog. *Visual Neurosci* 3: 119-25, 1989.
17. Berlin B. Kay P. Basic color terms. Berkeley, Los Angeles: University of California Press, 1969.
18. Kuehni RG. Notes on the color terminology in the Iliad and the Epic of Gilgamesh. *Color Res Appl* 6:233-236, 1981.
19. Parkhurst C. Feller SF. Who invented the color wheel? *Color Res Appl* 1982; 7:217-230.
20. MacAdam DL. Discovery of the composite nature of white light. *Color Res Appl* 1983;8:123-4.
21. Pawlik J. Teoría del color. Barcelona: Ed. Paidós, 1.996
22. Newton I. Opticks, or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light, Dover Publications New York 1950. (Reprint based on the 4th Ed., London 1730: 1st ed ,1704).
23. Goethe von JW. Zur Farbenlehre Cotta. Tübingen, 1810.
24. Committee on Colorimetry, Optical Society of America. The science of color, Ann Arbor Mich. Edward Brothers Inc. 1966.
25. Sproull RC. A Survey of Color Education in the Dental Schools of the World. El Paso Texas 1967, U.S. Army Research Report.
26. Artigas JM et al. Óptica Fisiológica. Psicofísica de la Visión. Madrid: Ed Interamericana, Mcgraw-hill, 1995.
27. Richter M. The Development of Color Metrics. *Color research and application* 1984;9:69-83.
28. Billmeyer Jr, Saltzman M. Principles of Color Technology. New York Interscience Publishers, 1966.
29. Freedman GA. McLaughlin G. Atlas a color de facetas de porcelana. Espaxs Barcelona 1991.
30. Adler. Fisiología del Ojo. Ed Panamericana. Buenos Aires. 1988.

31. Lemire PA, Burk B. Color in dentistry. Hartford. Ney 1975.
32. C.I.E. Publicación n°15(E-1-3-1) 1971.
33. Miller Lloyd L. Similitud entre tonalidades de color. Journal of Esthetic Dentistry (ed. esp.) 1994; 4:5-15.
34. J Am Dent Assoc 1981;102:209-210.
35. Bergen SF, McCasland J. Dental operatory lighting and tooth color discrimination. J Am Dent Assoc 1977; 94:130.
36. Hurvich LM. Color vision Sunderland. Mass...1981. Sinaver Assoc. Inc.
37. Preston JD, Ward LC, Mitchell B. Light and lighting in the dental office. Dent Clin North Am 1978;22:431.
38. Schärer P, Rinn LA, Kopp FR. Principios Estéticos en la Odontología Restaurativa. Cap.1: El color en la cerámica dental. Ed. Doyma Barcelona 1991.
39. Sahel H. Des dents et de leurs couleurs. R.F.O.S. Tomo 3• n°2 91-92. 1974.
40. Muia PJ. Esthetic Restorations: Improved Dentist-Laboratory communication. Quintessence Publishing co, Inc Chicago. 1993.
41. Zena RB, Hegenbarth E A. Transparencia: la cuarta dimensión cromática. Quintessence técnica (ed. esp.) 1994;5,6:339-58.
42. Hayasi T. Medical Color Stadar. V Tooth Crown Tokyo 1967; Japan Color Research Institute.
43. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. J Prosthet Dent 1973; 29:556-66.
44. 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.
45. Skinner PH. La ciencia de los materiales dentales. Cap 3: Propiedades de los materiales dentales. Reología. Color. Propiedades térmicas. Pag 53. Ed. Interamericana-Mcgran-Hill. México 1991.
46. Martinez Vazquez de Parga J, Del Rio Higsmitth J, Vela Ramón L. Principios Básicos Del Color. Rev Europea de Odonto-Estomatología VI 3: 151-154.1994.
47. Feller RL, Stenius AS. On the color Space of Sigfrid Forsius 1.611 Color Eng. 1970; 8: 48-51.

48. Munsell A H. A grammar of color. New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1969.
49. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. J Prosthet Dent 1973; 29:416-24.
50. Clark B. An analysis of tooth color. J Am Dent Assoc 1931;18/11: 2093-2103.
51. Hunt RWG. Color terms, symbols and their usage. Optical Radiation Measurement vol 2 Color Measurement. Ed F Grum y CJ Bartleson, Academic Press 11-31 1980.
52. Munsell A H. Color Notation ed.11 Baltimore: Munsell Color Company. Inc. p. 15 1961.
53. Yamamoto M. Système de conversion de la valeur. Art&technique dentaires. Vol.3 N 2 Extrait 1992.
54. Miescher K Et al. Über das natürliche Farbsystem Farbe 1961;10 :115-262.
55. Grassmann H. Zur Theorie der Farbmischung, Poggend Ann Phys Chem 1853; 89: 69-84.
56. Optical Society of America, Committee on Colorimetry. The science of color. Crowell Ed.7,1970.
57. Koppers H. Color: Origin, Systems, Uses. London, 1972, Van Nostrand Reinhold, Ltd.
58. Rhoads JE Kenneth DR Morrow RM. Procedimientos en el Laboratorio Dental. Barcelona: Salvat, 1988.
59. Le Denmat D, Nguyen T, Bonifay P. La couleur en odontologie: caractéristiques objectives. Les Cahiers de Prothèse 1987; 57:49-71.
60. Gerritsen F. Theory and practice of color. New York : 1974 Van Nostrand Reinhold Co.
61. Houssay B A. Fisiología Humana. Barcelona: Ed El Ateneo, 1975.
62. Baker HD, Rushton WA. The red sensitive pigment in normal cones. J Physiol 1965; 176: 56-72.
63. Young T. On the theory of light and colours. Philos Trans R Soc London 1802;92:12-48.
64. Darnatnall HJA. Photochemistry of visión. Handbook of sensory physiology. New York: Ed Springer-Verlang, 1972.

-
65. O'Brien WJ, Ryge G. An Outline of Dental Materials. Philadelphia: W B. Saunders 1978.
66. Pokorny J. Congenital and Acquired Color Vision Defects. New York: Grune & Stratton, 1969.
67. Wasson W, Schuman N. Color vision and dentistry. Quintessence International 1992; 23,5:349-53.
68. Birch J. A practical guide for colour-vision examination. Report of the standardization committee of the international research group on colour-vision deficiency. Ophthalmic Physiol Opt 1985; 5:265-85.
69. Hollwich F. Oftalmología. Barcelona: Salvat Editores S. A., 1978.
70. Sahel H. Quelques aspects des anomalies de la vision des couleurs. Extrait de la revue d'Odontostomatologie, Maloine 1975 Tome IV n°5.
71. Ridgway R. Color Standards and Color Nomenclature, Hoen, Washington, CD, 1912.
72. Ostwald, W., Farbenlehre: Vol.1 Mathematische Farbenlehre (19 Vol.2, Physikalische Farbenlehre (1.919), Unesma Verlag, Leiz & Grossbothen.
73. Hard A. Philosophy of the Hering-Johansson Natural Colour System. Farbe 15, 289-295. 1966.
74. Hard A, Sivik L, NCS -Natural Color System. A Swedish standard for color notation. Color Res Appl 1981;6:129-142.
75. Nakaura K. et al. Color space model on color of tooth-crown. A.I.C., Color 89. Vol II- Papers. Buenos Aires 1989.
76. Monsénégo G. Contribution à l'étude de la fluorescence de la porcelaine dentaire. Thèse d'Université Paris V 1990.
77. Kowaliski, P. Vision et mesure de la couleur. Paris, Masson, édit., 1978.
78. German Standard DIN 6164: DIN-Farbenkarte, Beuth-Verlag, Berlin 1960-1962; 2nd ed. (glossy samples). 1980-1983.
79. Richter M. The official German standard color chart. J Opt Am 1995;45:223-226.
80. Barlow F. A Point Indentation Loading Study of Two Ceramometal Systems Relative To: Porcelain Thickness, Repeated Firings and Surface Conditions. Thesis, University of Minnesota, 1976.
81. Clark EB. Tooth color selection. J Am Dent Assoc 1933; 20:1065.

82. Hemmendinger H. Color Measurement Laboratory, Belvidere, N J ;1978.
83. Barghi N. Golberg J. Porcelain shade stability after repeated firings. J Prosthet Dent 1977; 37:173.
84. Rhoads JE. Rudd KE. Morrow RM. Procedimientos en el laboratorio dental. Salvat Ed Barcelona 1988.
85. Workshop on color ordering system for dental shade guides. Addendum 1. Council on dental materials, instruments and equipment. Am Dent Assoc Nov 1984.
86. Richter M. The Development of Color Metrics. Color research and application 1984;9:69-83.
87. Helmholtz H. Über die Theorie der zusammengesetzten Farben, Poggend Ann Phys Chem 1852; 87:45-66.
88. Helmholtz H. Handbuch der physiologischen Optic 2nd ed. Voss, Hamburg & Leipzig 1896.
89. Köning A. Dieterici C. Die Grundempfindung in normalen und anomalen Farbensystemen und ihre Intensitätsverteilung im Spektrum. Z Psychol 1892;4:241-347.
90. Maxwell JC. Experiments on colour as perceived by the eye, with remark on colour-blindness. Trans R Soc Edinburgh 1855; 21:275-97.
91. Maxwell JC. On the theory of compound colours, and the relations of the colours of the spectrum. Proc R Soc London 1860; 10:404-9, 484-6.
92. Gibson JJ Radner M. Adaptation, after-effect and contrast in the perception of tilted lines. J of Experimental Psychology. 1937; 20:553-69.
93. Coblentz WW Emerson WB. Relative sensibility of the average eye to light of different colors and some practical applications of radiation problems. U.S. Bureau of Standards Bulletin. 1918; 14:167.
94. Hartman LW. Visibility of radiation in the blue end of the visible spectrum. Astrophys J. 1918; 47:83-95.
95. Monsénégo G. La couleur de la dent naturelle. Le chirurgien-dentiste de France. 1989; 494:71-4.
96. C.I.E.:Publication 1-1, 1957.
97. Ferrari J, Sadoun M. Classification des céramiques dentaires. Les cahiers de prothèse. 1995, 89:17-25.

98. Burdairon G. *Abrégé de Biomatériaux Dentaires*. Paris: Ed. Masson 1990. 202-10.
99. Anglada JM, Salsench J, Nogueras J, Samsó J. Análisis de la composición de algunas cerámicas dentales. *Archivos de OdontoEstomatología* 1992;8:221-4.
100. Leinfelder KF, Lemons JE. *Clinical Restorative Materials and Techniques*. Philadelphia. Lea & Febiger, 1988.
101. Ogolnik R, Picard B. Les céramiques dentaires *Encyc Méd Chir* 1982;23065G10.
102. Sadoun M, Degrange M. Les céramiques dentaires 1ª partie. *J Biomat Dent*. 1986;2:215-225.
103. Haster P. Tecnología de la cerámica. *Revista Española de Estomatología*. 1991;1:387-94.
104. McLean JW. Restauraciones metal-cerámica. *Clin Odont Norteamer* 1983;4:769-70.
105. Fons A et al. Evaluación de una nueva cerámica de alta resistencia y su sistema de fabricación. Un estudio preliminar. *Acta Estomatológica Valenciana* 1988;3:3-12.
106. McLean JW. The future of restorative materials. *J Prost Dent* 1979;42:154-8.
107. Nogueras J, Anglada J, Salsench J, Samsó J. Estado actual de las cerámicas feldespáticas usadas en las restauraciones ceramometálicas. *Acta Estomatológica Valenciana*. 1991;3:129-34.
108. Gascón F, Torrella F, Fons A. Clasificación de las actuales cerámicas utilizadas en prótesis estomatológicas fija: un estudio preliminar. *Acta Estomatológica Valenciana* 1986;2:113-20.
109. Land J. Porcelain dental arts. *Dent Cosmos* 1903;45 615.
110. Llistosella R. Evolución histórica de la cerámica. *Revista Española de Estomatología*. 1983;1:27-31.
111. Piddock V, Qualtrough AJE. Actualización en cerámica dental. *Arch Odont* 1991;7:61-74.
112. Kingery WD, Bowen HK, Uhlmann DR. *Introduction to ceramics* 2ª ed. New York J. Willey and Sons edit; 1976.
113. Knellesen C. Une nouvelle céramique dentaire: la céramique de verre coulé. *Cah Prothèse* 1985;50:129-140.
114. McLean JW, Kedge MI. *Cerámicas de alta resistencia*. Quintessence ed esp

1988;1:76-85.

115.Fons A, Labaig C, Solá MF, Torrella F. Clasificación de las porcelanas dentales. *Rev Europ Odontostomatología*. pendiente de publicación 1997.

116.Wohlwend A, Schärer P. Die Empress Technik; Eine neue Möglichkeit Einzelkronen, Inlays und Verblendschalen herzustellen. *Quintessenz Zahntech* 1990;16:960-78.

117.Beham G. IPS-Empress. A new ceramic technology. *Ivoclar-Vivadent Report* 1990;6:1-13.

118.Wohlwend A, Brodbeck U. Das IPS-Empress-Keramik-Inlay. Innovationen für die Zahnheilkunde, Teil 23. Balingen: Spitta, 1992.

119.Wohlwend A, Strub JR, Schärer P. Metal ceramic and all porcelain restorations. *J Prosth Dent* 1990;2:13-26.

120.Wolfram H, Martin F, Volker R. Estructura real y textura de la cerámica vítrea Empress después del grabado ácido. *Quintessence (ed. esp.)* 1995;172-179.

121.Dong JK. Cerámica de presión en caliente: tecnología y resistencia. *Quintessence (ed esp)* 1994;109-17.

122.Wohlwend A, Schärer P. La técnica Empress. Un nuevo procedimiento para la confección de coronas, incrustaciones y carillas totalmente cerámicas. *Quintessence Técnica (ed esp)* 1994;109-17.

123.Ludwig K. Analisis de la resistencia a la rotura de las coronas de cerámica sin metal. *Dental Labor*. 1991;5:647-51.

124.Adair PJ, Grossmann DG. The castable ceramic crown. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1984;4(27):32-46

125.Solá MF, Labaig C, Martínez A, Mañes JF. Estudio comparativo "in vitro" del ajuste marginal de restauraciones ceramo metálicas y completas de cerámica. *Soprodent* 1993;3:67-70.

126.Martínez A, Solá MF, Selva E, Fons A. Análisis experimental in vitro del ajuste marginal en restauraciones estéticas. *Av Odontostomatol.* 1995;11:369-72.

127.Keramik Ch, J Wiesbaden, Ebeling, 1977

128.Waltke R. Subtractive color mixtures. New Rochelle, Jelenko, 1976

129.Kufner G, Rinn LA. Farb-und Formgestaltung in der Metallkeramik. *Dent Lab* 1979.

130. Goldstein RE. Esthetics in dentistry. Filadelfia, Lippincott, 1976.
131. Bernhard E. El status quo de la estética. Un análisis de los métodos y materiales actuales para la reproducción del color. Quintessence técnica (ed. esp) 1997;4:168-83.
132. Preston JD, Bergen SF. Color Science and Dental Art. St Luis : The CV Mosby Co. 1980.
133. Miller L. Organising color in dentistry. J Am Dent Assoc Special Issue 23 E-40 E, Dec 1987.
134. Pincus CL. Building mouth personality. J Calif Dent Ass 1938;14(4):125-29.
135. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 1955;34:849-53.
136. Bowen RL. Development of a silica-resin direct filling material. Report 6333. Whashington. National Bureau of Standards 1958.
137. Faunce FR. Tooth restoration with preformed laminated veneers. Dent Surv 1977;53:30-2.
138. Faunce FR, Myers DDR. Laminate veneer restoration of permanent incisors. J.A.D.A. 1976;93:790-2.
139. Barreiro A, Alvarez C, Morante M. Lamins veneeres preformadas. Rev Act Estom Esp 1984;44:19-22.
140. Boyer DB, Chalkley Y. Bonding between acrylic laminates and composite resin. J Dent Res 1982;61:489-92.
141. Yaffe A, Zalkind M. The effect of topical application of fluoride on composite resin restorations. J Prosthet Dent 1981;45:59-62.
142. Cannon ML. In vivo and in vitro abrasion of preformed resin veneers. J Dent Rest 1980;61:489-92.
143. Cheung WS, Pulver F, Smith DC. Custom-made veneers for permanent anterior teeth J.A.D.A. 1982;105:1015-8.
144. Ronk SL. Dental Lamination: clinical problems and solutions J.A.D.A. 1982;104:844-6.
145. Róchette A. Prevention des complications des fractures d'angle d'incisive chez l'enfants: reconstitution en resine ou en ceramique dont la retention n'est due qu'a l'adhesion. Entretiens de Bichat. Odonto-stomat. Paris 1972. Expansion Scientifique

Francais, p.109-114.

146. Róchette A. A ceramic restoration bonded by etched enamel and resin for fractured incisors. J Prosthet Dent 1975;33(3):287-93.

147. Horn HR. Porcelain laminate veneer bonded to etched enamel. Dent Clin North Am 1983;27:671-84.

148. Calamia JR. Etched porcelain veneers:the current state of the art. Quintessence Int 1985;16:5-12.

149. Simonsen R. Clinical applications of the acid etch technique. 1• ed. Chicago. Quintessence Pub Co. 1978.

150. Mink JR, Timmons JH. Veneers laminados. Clin Odont North Am1984;1:185-99.

151. McLaughlin G. Porcelain fused to tooth. A new esthetic and reconstructive modality. Comp. Cont Educ 1984;5:430-5.

152. Boksman L. Etched porcelain labial veneers. Ont Dent 1985;62:11-5.

153. Calamia JR. Etched porcelain facial veneers: a new treatment modality based on scientific and clinical evidence. NJY Dental 1983; 53:255-9.

154. Torrella F, Gascon F, Castañer F. Frentes laminados de porcelana. Av Odonto Estom 1987;3:5-13.

155. Camps I, Gascon F. Las alteraciones estéticas en los dientes anteriores: su solución con frentes laminados de cerámica. Medicina Estética 1987;8:17-24.

156. Haga M, Nakazawa A. Estética dental. Carillas de porcelana. Caracas: Actualidades Medico Odontológicas Latinoamericana,1991.

157. Touati B, Bersay L. Emailage des dents au moyen de facette de vitroceramique. Cah Prothese 1987;60:67.

158. Jordan R. Composite en odontología estética. Barcelona: Salvat, 1989.

159. Calamia JR. Restauraciones de porcelana adherida de alta resistencia: Anteriores y posteriores. Quintessence Int 1990;3:541.

160. Cuthbirth S. Técnica indirecta de veneers de porcelana para las restauraciones de dientes con tinción intrínseca. J Esthet Dent 1993;3:25.

161. Garber D. Carillas de porcelana: diez años después. Parte II. J Esthetic Dentistry. ed esp. 1993.

- 162.Christensen GJ,Christensen RP. Observaciones clínicas de los veneers de porcelana: resultados a los tres años. *Journal of Esthetic Dentistry* 1992;2:33-9.
- 163.Solá MF, Martínez A, Labaig C, Romero A. Estudio clínico longitudinal sobre coronas completas y frentes laminados de porcelana IPS-Empress a los tres años de su cementado. Quintessence (ed esp). Pendiente de su publicación, 1997.
- 164.Gogswaartd DC. Facetas de cerámica para la corrección estética de incisivos. Indicaciones y aplicaciones(III). *Quintessence (ed esp)*1991;4:63-9.
- 165.White G, Sorensen JA, Kang K, Caputo A. Microleakage of new luting agents. *J Dent Res* 1990; 69:163 (abs 514).
- 166.Barkmeier W, Cooley R. Resin adhesive system: In vitro evaluation of dentin bond strength and marginal microleakage. *J Esthet Dent* 1989,1:67.
- 167.Kanka J. A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin-emanal conditioner. *Quintessence Int* 1991;22:285.
- 168.Tseng E, Cooley R, Evans J. Fuerza de adhesión entre la porcelana y la dentina de un adhesivo a la dentina. *J Esthet Dent* 1992;2:26.
- 169.Ibsen R. Oullet A. Restauración de la dentición desgastada. *J Esthet Dent* 1993;2:5.
- 170.Lacy A. Porcelain veneers.1989.
- 171.Ibsen R, Yu X. Establishing cuspid-guided occlusion with bonded porcelain. *J Esthet Dent* 1989;1:80.
- 172.Cuthbirth S. Técnica indirecta de veneers de porcelana para la resturación de dientes con tinción intrínseca. *J Esthet Dent* 1993;3:2.
- 173.Mello H. The mechanism of tetracycline staining in primary and permanent teeth. *J Dent Child* 1967;34:478.
- 174.Feinman RA, Goldstein RE, Garber DA. Bleaching teeth.Chicago Quintessence Publishing Co. Inc. 1987;23:803-8.
- 175.Abou-rass M. The elimination of tetracycline discoloration by intentional endodontics and internal bleaching.1982.*J. Endod.* 8:101.
- 176.Anitua E, Zabalegui B, Gil J, Gascon FJ. Internal bleaching of severe tetracycline discoloration:A 4-year clinical evaluation. *Quintessence Int* 1990;7:83.
- 177.Anitua E, Gascon FJ. Modified internal bleaching of severe tetracycline

- discolorations: A6-year clinical evaluation. Quintessence Int 1992;23:1.
- 178.Puente J, Galvan A. Blanqueamiento ambulatorio con endodoncia intencional en un caso de tinción grave por tetraciclinas. Rev Act Odont 1984;14:47.
- 179.Calamia JR. Clinical evaluation of etched porcelain veneers. Am J Dent 1989;2:9.
- 180.Christensen GJ. Odontología estética alargo plazo. Quintessence Int 1990; 3:45.
- 181.Hahn C. Confección de incrustaciones de cerámica mediante el sistema Optec-HSP. Quintessence Int 1991;4: 17.
- 182.Nichol JS. Esthetic veneer cementation. J Prosthet Dent 1986;56:912-3.
- 183.McIntyre FM, Bochierichio RA, Johnson R. Marginal gap width of a new refractory die system. J Prosthet Dent 1993;69:564.
- 184.Holmes J, Tenniswood MJ. Técnica de impresión con tira para carillas de cerámica. Quintessence (ed esp) 1993;6:364.
- 185.Albers HF. Odontología estética. Selección y colocación de materiales. 1ªed. Barcelona:Labor, 1988.
- 186.McLaughlin G. Controlling color in the porcelain laminate. Compend Cont Educ 1987;8(5):362-71.
- 187.Jäger K, Wirz J, Jungo M. Inlays y veneers de cerámica según el procedimiento indirecto Mirage. Quintessence Int 1993;6:628.
- 188.Van Gogswaartd DC. Facetas de cerámica para la corrección estética de dientes anteriores .Indicaciones y aplicación I.Quintessence(ed. esp.) 1990;3:551-606.
- 189.Rada T, Jankowski P. Carillas de porcelana provisionales con resina acrílica fotopolimerizable. Quintessence Int 1991;22:291.
- 190.Feinman R. Carillas provisionales en dientes inferiores. Quintessence (ed esp) 1990; 3:409-11.
- 191.Elledge D, Hart J, Schorr B. A provisional restoration technique for laminate veneers preparation. J Prothet Dent 1989;62:139-42.
- 192.Done B. Thechniques of placement of porcelain laminate veneers. JADA 1987; 114:115-56.
- 193.CRA (Newsletter). Carillas de porcelana: sistemas de cementación. Newsletter 1988.

194. Calamia JR: High-strength porcelain bonded restorations : anterior and posterior. Quintessence Int 1989;20:717-26.
195. Lieberg W H. Generalización del del aislamiento con dique de goma: técnicas alternativas II. Quintessence (ed esp) 1994;7:419-29.
196. Jordan RE, Boksman L. Conservative vital bleaching of discolored dentition. Compend Cont Educ Dent. 1984; 5:803-8
197. Martínez A, Solá MF, Fons A, Casado A. Técnica de laboratorio en cerámica inyectada. Quintessence Técnica. 1995;6:123-31.
198. Bagán JV, Ceballos A, Bermejo A, Aguirre JM, Peñarrocha M. Medicina oral. Barcelona: Ed Masson, 1995.
199. Beltran M, Bustos JL, Gonzalez R, Solá F. Facetas de porcelana. Revisión y actualización. Soprodent 1996;2:133-40.
200. Garber DA, Goldstein RE, Feinman RH. Porcelain laminate veneers. Chicago: Quintessence 1988.
201. Chiche GJ, Pinault A. La rajeunissement du sourire. Approche méthodique. Les cahiers de prothèse 1993;84:7-14.
202. Chiceehe GJ, Pinault A. Esthetics of anterior fixed prosthodontics. Chicago: Quintessence, 1994:442-4.
203. Touati B. Comunicación oral. Symposium de Céramique à Paris 1993.
204. Nixon RL. The chairside manual for porcelain bonding. Wilmington: B.A. Videographics, 1987:34.
8. McLaughlin G. Controlling colour in porcelain laminate veneers. Cont Comp Educ, 1987:362.
205. Judd DB, Wyszecski G. Color in Business, Science and Industry, ed3. New York, John Wiley & Sons, Inc, 1975.
206. Yamada K. Porcelain Laminate veneers. Int J Prosthodont. 1993 :6-242.
207. McLaughlin G. Controlling color in the porcelain laminate. Compend Cptin Dental Educ 1989;8:362-70.

208. Yaman P, Qazi SR, Dennison JB, Razzoog ME. Effect of adding opaque porcelain on the final color of porcelain laminates. *J Prosthet Dent* 1997;77:136-40.
209. Davis BK, Scott JO, Johnston WM. Effect of porcelain shade on final shade of porcelain veneers. *J Dent Res* 1991;70:475.
210. Johansen R, Schlobohm C, Mullick S. Colorimetric analysis of porcelain veneer shade variance by composite cements. *J Dent Res* 1991;70:385.
211. Corrales M *et al.* Ajuste de carillas de cerámica inyectada y cerámica feldespática convencional: estudio *in vitro*. *Quintessence (ed. esp.)* 1997;10:69-74.
212. Yaman P. *et als.* Effect of adding opaque porcelain on the final color of porcelain laminates. *J Prosthet Dent* 1997;77:136-40.
213. Davis BK, Aquilino SA, Lund PS, et als. Colorimetric evaluation of the effect of porcelain opacity on the resultant color of porcelain veneers. *Int J Prosthodont* 1992;5:130-5.
214. Shegi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent* 1986;56:35-40.
215. Newburg R, Pameijer CH. Composite resins bonded to porcelain with silane agents. *J Am Dent Assoc* 1978;96:288-291.
216. Ekstrand K, Ruyster JE, Oysaed H. Adhesion to titanium of metacrylate-based polymer materials. *Dent Mater* 1988;4:11.
217. Fernandez BH. Estudio de tracción y efecto de los agentes de acoplamiento sobre porcelana grabada. *Avances en odontostomatología* 1990;6:621-29.
218. Müller B. Ätzen und Silanisieren dentaler Keramiken. *Dtsch Zahnärztl Z* 1988;43:438.
219. Boyer DB, Chalkley Y. Bonding between acrylic laminates and composite resin. *J Dent Res* 1982;61:5.
220. Lacy AM, LaLuz J, Watanabe LG, Dellinges M. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. *J Prosthet Dent* 1988;60:288-291.
221. Noie F, O'Keefe KL, Powers JM. Color stability of resin cement after accelerated agents. *Int J Prosthodont* 1995;8:51-5.
222. Powers JM, Barakat MM, Ogura H. Color and optical properties of posterior

composite under accelerated aging. *Dent Mater* 1985; 1:62-7.

223. Ferracane JL, Moser JB, Greener EH. Ultraviolet light-induced yellowing of dental restorative resins. *J Prosthet Dent* 1985;54:483-7.

224. Wang X, Powers JM. Color differences between a resin cement and try-in paste. *J Dent Res* 1995;74:487.

225. O'Keefe KL, Pease PL, Herrin HK. Variables affecting the spectral transmittance of light through porcelain veneer samples. *J Prosthet Dent* 1991;66:434-8.

226. Kern M, Fechtig T, Strub JR. Influence of water storage and thermal cycling on the fracture strength of all-porcelain, resin-bonded fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1994;71:251-6.

227. Kern M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: adhesive methods and their durability. *J Prosthet Dent* 1995; 73:240-9.

228. Olsson H, Henricsson V, Svensson A, Axell T. Evaluation of in vitro properties of films of saliva substitutes in contact with different surfaces. A comparative study with instruments for measurements of friction and rheologic properties. *Acta Odontol Scand.* 1995;53:334-8.

229. Culpepper WD. A Comparative Study of Shade-Matching Procedures. *J Prosthet Dent* 1970;24:166-73.

230. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part III. Color Control. *J Prosthet Dent* 1974; 31:146-54.

231. Kowaliski P. *Vision et mesure de la couleur*. Paris, Masson, édit., 1978.

232. Monsénégo G. *Contribution à l'étude de la fluorescence de la porcelaine dentaire*. Thèse d'Université, Paris V, 1990.

233. Swift EJ Jr, Hammel SA, Lund PS. Colorimetric evaluation of Vita shade resin composite. *Int J Prosthodont* 1994;7:356-61.

234. Yeh CL, Powers JM, Miyagawa Y. Color of selected shades of composite by reflection spectrophotometry. *J Dent Res* 1982; 61:1176-9.

235. Monsénégo G et al. Fluorescence des nuanciers. *Les cahiers de prothèse* 1991;73:85-91.

236. Nakagawa Y et al. Analysis of the color of natural teeth. *Shikai Tembo*, 1975;

46:527-37.

237.Nakagawa Y et al. Analysis of the color of shade guides. Sikai Tembo 1976; 18:1-9.

238.Clark E B. Tooth Color Selection. J Am Dent Asssoc 1933;20:1065-73.

239.Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. J Prosthet Dent 1973;29:416-24.

240.Miller LL. A scientific approach to shade matching. In Preston JD, ed. Perspectives in dental ceramics. Proceedings of the Fourth Int. Symposium on Ceramics. Carol Stream, IL Quintessence 1988:193-208.

241.Weider S. A custom shade guide system for composite resins. J Esthet Dent 1990;2:10-12.

242.Council on Dental Materials de la American Dental Association. J Am Dent Assoc 1981;102:209-10.

243.Barna GJ et al. The influence of selected light intensities on color peception within the color range of natural teeth. J Prosthet Dent 1981;46:450-53.

244.Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WI. Performance assessment of colorimertic devices on dental porcelain. J Dent Rest 1989;Dec:1755-59.

245.Ishikawa-Nagai S, et al. Using a computer color matching system in color reproduction of porcelain restorations. Part 1: Application of CCM to the opaque layer. Int J Prosthodont 1992;5:495-502.

246.MacAdan DL. Specification of small chromaticity differences. J Opt Soc Am. 1943;33:18.

247.MacAdan DL. Visual sensitivities to color differences in daylight. J Opt Soc Am. 1942;32:247.

248.Committee TC-1.3 CIE. Proposal for study of color spaces and color difference equations. J Opt Soc Am. 1974;64:896-7.

249.Aguilar M. Ciencia del Color. ICE de la Universidad de Valencia. 1981.

250.Artigas JM, Gil JC, Felipe A. El espacio uniforme de color CIELAB:Utilización Rev Agroquím Tecnol Aliment 1985;25:316-20.

251.Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences.

Color Res Appl 1979;4:83.

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

253. Ruyter IE, Nilner K, Möller B. Color stability of dental composite resin material for crown and bridge veneers. Dent Mater 1978;3:246-51.

254. Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. Quintessence Int 1991;22:377-86.

255. Knispel G. Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. Quintessence Int 1991;22:525-31.

256. Balderamos LP, O'Keefe KL, Powers JM. Color accuracy of resin cements and try-in pastes 1997;10:111-115.

257. Kim HS, Um CM. Color differences between resin composites and shade guides. Quint Int 1996;27:559-67.

258. Hosoya Y, Goto G. Color changes of light cured composite resins. J Clin Pediatr Dent 1992;16:247-52.

259. Balderamos LP et al. Color accuracy of resin cements and try-in pastes. Int J Prosth 1997;10:111-5.

260. Touati B, Miara P. Transmisión de la luz en restauraciones de cerámica adhesiva. J Esthet Dent 1993;3:11-18.

261. Strang R, McCrosson J, Muirhead GM, Richardson SA. The setting of visible-light-cured resins beneath etched porcelain veneers. Br Dent J 1987;163:149-51.

262. Chan KC, Boyer DB. Curing light-activated composite cement through porcelain. J Dent Res 1989;68:476-80.