



UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO.
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA
CATEDRA DE PROTESIS FIJA.

**“EVALUACIÓN ESPECTROFOTOCOLORIMÉTRICA DE CORONAS
PROCERA ALL-CERAM SOBRE DISTINTOS TIPOS DE MUÑONES,
ESTUDIO IN VITRO”**

**Seminario de Tesis
para optar al título
de Cirujano dentista.**



Alumno:
Christian Huiriqueo Carrizo.

Docente guía:
Dr. Francisco Bravo Gallardo.

Docente colaborador:
Dr. Eduardo Orellana Toro.

Valparaíso-Chile
2003.

DEDICATORIA:

En estos momentos tan especiales, cuando llegan a mi mente una serie de recuerdos vividos a lo largo de estos seis años, es la instancia para valorar el apoyo incondicional recibido por tantas personas. Sin embargo, es necesario agradecer a quien me ha llevado a su lado y me ha sostenido en sus brazos.

Gracias Padre Santo por tu gran amor y misericordia,

Es bien sabido el dicho, "que la familia no se elige", pero si naciera nuevamente, no dudaría en seguir con esta, por eso... quiero brindar... por mi gente sencilla.

A mis padres y abuelitas, por su gran amor y comprensión. En especial a mi segunda madre... muchas gracias.

A la mujer que me acompañado en gran parte de este camino y que gracias a Dios nos encontramos terminando. A ti Paulina amada mía.

A mis hermanos y tíos. En especial a mis padrinos.

A mis amigos, Luis, Marcela, Jesús y Hugo, quienes a duros golpes a veces, me han ayudado a crecer junto a ellos. A Rosa, Carolina, Verónica, Alejandra y Pablo mis amigos del camino, el cual muchas veces estuvo alejado, sin embargo, el cariño fue más grande.

A las personas que sirven sin esperar recompensa.

Be prepared...

AGRADECIMIENTOS:

Dr. Francisco Bravo, por su gran apoyo y comprensión en los duros momentos vividos en esta tesis. Por los consejos extracurriculares y paciencia.

Dr. Eduardo Orellana, por su incansable apoyo en el tema a estudiar y sus indispensables aportes

Sr. Rubén Roman, por su ayuda abierta y desinteresada en la planificación y desarrollo de este estudio.

Constanza Pertuze y Sebastián Boti, Nobel Biocare, Chile. Por el apoyo en el proyecto emprendido

Don Patricio Miranda, Ingeniero en Marketing, Hanna Instruments, Santiago. Por su infinita paciencia en el largo proceso de aprendizaje con el espectrofotocolorímetro y por su impagable buena voluntad.

Don Leopoldo Rodríguez, Ingeniero Electrónico, Jefe Departamento de Fotometría, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Por su fundamental y clarificadora ayuda técnica a través de un gentil trato.

Srta Magali, por su oportuna e incalculable disposición.

Don Ricardo Rojas, muchas gracias por haber facilitado de sobremanera el desarrollo de esta tesis.

Andrés Huiriqueo, estimado primo, colaborador indispensable en el momento de la medición.

Mauricio, Heber y Gonzalo, gracias por sus consejos en el transcurso de esta tesis.

A todos ustedes, muchas gracias.

I INDICE

| | Contenidos. | Pág. |
|----|---|-------------|
| | <i>DEDICATORIA</i> | |
| | <i>AGRADECIMIENTOS</i> | |
| | INDICE | |
| I | INTRODUCCION | 1 |
| II | MARCO TEÓRICO | 3 |
| | 1. Porcelana | 3 |
| | 2. Procera All-Ceram | 4 |
| | 2.2 Preparación dentaria | 4 |
| | 2.2a Principios generales | 4 |
| | 2.3 Fabricación del troquel | 5 |
| | 2.3a Escaneado del troquel y diseño del casquete | 5 |
| | 2.3b Fabricación del casquete | 6 |
| | 2.4 Exactitud del Procedimiento Procera | 8 |
| | 2.5 Propiedades | 9 |
| | 2.5a Resistencia de la corona Procera All-Ceram | 9 |
| | 2.5 b Precisión en el Ajuste Marginal | 10 |
| | 2.5 c Estabilidad del color | 10 |
| | 2.5 d Biocompatibilidad | 10 |
| | 2.6 Cementación | 11 |
| | 2.6 a Agentes de Cementación para Coronas Procera All-Ceram | 11 |
| | 2.7 Seguimiento Clínico | 11 |
| | 2.8 Translucidez | 12 |
| | 3. Problema de la translucidez de las porcelanas puras | 13 |
| | 4. Color | 16 |
| | 4.1 Definición | 16 |
| | 4.2 Percepción y Selección de Color | 17 |
| | 5. Medición visual del color | 19 |
| | 6. Medición instrumental del color | 19 |

Evaluación espectrofotocolorimétrica de coronas Procera All-Ceram, Estudio in vitro.

| | |
|---|----|
| 7. Sistema Munsell. | 20 |
| 8. CIE Lab. | 21 |
| 8.1 Problemas de la medición instrumental | 22 |
| 9. Umbrales de perceptibilidad y aceptabilidad | 24 |
| 9.1 Capacidad para realizar comparaciones de color asociado a la selección visual | 25 |
| 10. Comparación entre métodos visuales e instrumentales | 25 |
| 11. Estandarización de Procedimientos de medición | 25 |
| 11.1 Iluminante | 25 |
| 11.2 Iluminante versus fuente | 26 |
| 11.3 Índice de rendimiento de color. CRI | 26 |
| III OBJETIVOS | 28 |
| IV MATERIALES Y METODOS | 29 |
| 1. Definiciones | 29 |
| 2. Metodología Estadística | 30 |
| 3. Pruebas Estadísticas | 30 |
| 4. Análisis Estadístico | 31 |
| 5. Tamaño de Muestra | 31 |
| 6. Preparación de la Muestra | 32 |
| 7. Confeción de los casquetes | 35 |
| 8. Preparación de la matriz | 36 |
| 9. Mediciones | 36 |
| V RESULTADOS | 38 |
| VI DISCUSION | 51 |
| VII CONCLUSIONES | 56 |
| VIII SUGERENCIAS | 58 |
| IX RESUMEN | 59 |
| X REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 60 |
| ANEXO | |



I. INTRODUCCION

El desarrollo de materiales restauradores y de procedimientos clínicos destinados a lograr una apariencia natural en los tratamientos odontológicos, ha sido un tema que ha preocupado durante años a la profesión. El avance en la calidad de los materiales y de la estética conseguida por estos, ayudado por la gran difusión de la información, ha provocado un aumento en las expectativas de la calidad de los tratamientos por parte de la mayoría de los pacientes, extendiéndose incluso al sector posterior de la arcada dentaria.

Dentro del contexto de las restauraciones odontológicas, la porcelana dental es reconocida como un material que logra excelentes resultados estéticos y mecánicos, sin embargo, durante mucho tiempo presentó la limitante de necesitar una estructura metálica subyacente, que muchas veces disminuía la naturalidad final de la restauración. En un intento por mejorar esta situación, diversas empresas han buscado nuevas alternativas, y las han encontrado en la fabricación de casquetes completamente cerámicos. Los cuales son terminados mediante la técnica incremental con su posterior caracterización, todo esto íntegramente de porcelana. Otra alternativa es a través del tallado directo sobre un bloque cerámico de la corona completa y luego realizar la terminación en su superficie. Todos estos cambios, generados gracias a la aplicación de la tecnología CAD/CAM, han llevado al desarrollo de sistemas innovadores con muy buenos resultados biomecánicos y estéticos.

Uno de los sistemas de porcelanas puras más ampliamente conocido es Procera All-Ceram de Nobel Biocare, el cual está compuesto por un casquete de alumina pura, altamente sinterizado, combinado con una porcelana de baja fusión en su superficie, la cual le entrega la terminación estética característica.

Los resultados estéticos y mecánicos entregados por este sistema han sido largamente estudiados en estos últimos años, reportando excelentes propiedades. Dentro de estas, se encuentra la translucidez obtenida al utilizar una estructura de porcelana pura, la cual permite un comportamiento similar a un diente natural al interactuar con la luz. Sin embargo, esta translucidez final podría provocar un cambio en el color seleccionado para la corona al ser cementada sobre un muñón de color distinto, pudiendo considerarse dentro de este caso, muñones metálicos e incluso tinciones dentinarias. A pesar de que los estudios, no han reportado diferencias estadísticamente significativas en las evaluaciones de la capacidad de enmascaramiento de las coronas Procera All-Ceram, llegando incluso a afirmar, que estas pueden ser utilizadas sobre cualquier color de substrato sin necesidad de ocupar un material opacante, estos estudios no han comparado sus resultados con los criterios de aceptabilidad clínica para la diferencia de color, y por lo tanto distan de relevancia clínica cuando se necesita realizar la planificación de un tratamiento rehabilitador que involucre alta estética.

Si consideramos la translucidez final de las coronas Procera All-Ceram, deberíamos esperar un cambio en el color deseado cuando estas restauraciones son utilizadas por ejemplo, sobre muñones metálicos. Este problema puede llegar a suceder, debido a que podríamos encontrarnos ante un paciente con un tratamiento de prótesis fija metal cerámica antigua, sobre muñón metálico, que requiera cambiar la corona, pero que no sea posible retirar el muñón. En este caso sería muy útil saber el comportamiento que tendrá la corona y que alternativas o procedimientos existen para poder emplear este tipo de restauraciones sin tener alteraciones estéticas.

Debido a las características de la rehabilitación mediante el uso de coronas Procera, el cual es de un costo más elevado que el tratamiento convencional, es de suma importancia evaluar las propiedades ópticas de este sistema, específicamente la translucidez y la capacidad de opacar el material subyacente. De esta manera, podrían evitarse rehacer la corona que podría requerirse incluso una vez que esta ya ha sido cementada. Este último problema podría ocurrir, ya que, el tema de la translucidez no es el único escollo a solucionar entre las dificultades del tema del color, sino que a este se le suman todos los factores relacionados con la valoración su visual.

La selección y la valoración clínica del color del diente natural, han sido durante años un tema de gran controversia, debido a la dificultad que conlleva este procedimiento, el cual es un proceso muy subjetivo que se ve influenciado por una serie de variables dependientes de la muestra, el entorno y el observador. Por esta razón se ha intentado incorporar la aplicación de instrumentos que cuantifiquen el color, pero aún no se han reportado hallazgos clínicamente satisfactorios. En este estudio se utilizarán los beneficios de la comparación instrumental de color, para evaluar la capacidad de las coronas Procera All-Ceram de enmascarar el color del muñón subyacente.

La importancia de contar con esta información, radica en la posibilidad de seleccionar las alternativas de tratamiento necesarias al momento de enfrentarse con un caso, cuyo muñón sea metálico y vaya a ser utilizado como parte del tratamiento. De esta manera, se podrían prever problemas de variación de color en el resultado final del tratamiento y ser manejados a través de la variación del grosor del casquete, o tal vez como se intenta probar en este estudio, mediante el uso de cemento fosfato de zinc.

II MARCO TEORICO

1. PORCELANA

En los orígenes de la odontología, la estética ya era una preocupación entre los clínicos, por esta razón se buscaron soluciones tan variadas, como el uso de dientes naturales humanos, marfil de elefante e incluso de hipopótamo. Desde esa época la cerámica era considerada como un material altamente estético hasta que en 1774 Alexis Duchateau hizo la primera dentición exitosa de porcelana. Posteriormente se hicieron muchos avances en lo que respecta a porcelana, como la fórmula de Elías Wildman en 1838, hasta la introducción de la cocción al vacío en 1949. (Kelly y colaboradores, 1996)

La técnica metal cerámica comenzó a ser utilizada en la década de los 60's, y ha sido la más usada en la actualidad en nuestro medio. A pesar de las mejoras de los sistemas metal cerámicos, el hecho de utilizar una cofia metálica, los limita en la obtención de una alta estética, viéndose afectadas la naturalidad y la translucidez, particularmente si se trata del sector anterior. Por esta razón, se han realizado una serie de investigaciones para encontrar soluciones estéticas, buscando cambiar la estructura metálica por cofias cerámicas (Prestipino y colaboradores, 1998). Más adelante, en 1978 el Dr. John MacLean reportó la existencia de una directa relación entre las microfisuras presentes en las cerámicas convencionales de feldespato y las fracturas resultantes de la cerámica por fatiga de material.

Desde principios de los 80's se han lanzado al mercado sistemas cerámicos completos, algunos de estos sistemas consisten en una subestructura de cerámica opaca, como la Cerestore o Hi-Ceram, que son revestidos mediante la técnica convencional. En algunas ocasiones son utilizados recubrimientos cerámicos translúcidos en la confección total de la corona, como el sistema Optec, y porcelanas coladas centrífugamente, como la Dicor (Stephen y Campbell, 1989)

Posteriormente, con el avance de la tecnología, se lanzaron al mercado otras soluciones como la Técnica IPS Empress, de porcelana inyectada. En 1989 el Dr. Michel Sadoun popularizó el método In-Ceram, lo cual fue un paso significativo hacia el incremento de la resistencia en las restauraciones exclusivamente cerámicas. El núcleo de estas cofias está constituido por polvo de óxido de aluminio, cuyo grosor de grano es de 2 a 5 μm . Tras la presinterización de este material a 1.120°C, la cofia es infiltrada con un vidrio especial que cierra los poros y permite obtener mayor resistencia. En una evaluación de la dureza de estos cuerpos de In-Ceram, según la norma DIN 13925 (flexión sobre tres puntos) se encontraron valores de 350 Mpa. Esto fue considerado altamente exitoso, puesto que las cerámicas convencionales empleadas entonces en prótesis dental, alcanzaban valores de resistencia a la flexión de tan sólo 60 a 150 Mpa. (Kappert y Knode, 1990; Schwickerath, 1994)

El óxido de aluminio tiene una biocompatibilidad que ha sido aprovechada desde hace tiempo, tanto en medicina como en odontología. Se han realizado varios intentos para aumentar la resistencia de las coronas periféricas. Esto se ha logrado añadiendo más óxido de aluminio a las masas de bases o núcleos de porcelana.

Un cambio radical, en este sentido, se produjo en el área de las coronas completamente cerámicas, cuando Nobel Biocare introdujo el sistema Procera All-Ceram desarrollado por Matts Andersson (1993) en Suecia y que luego se expandiera rápidamente por el mundo. Gracias a la concepción de un método de elaboración que combina tecnología computacional y creatividad, es posible usar el diseño asistido por computación (CAD/CAM), para la fabricación de un núcleo o casquete de óxido de aluminio de alta pureza densamente sinterizado. El cual, luego de ser recubierto con porcelana de baja fusión, permite obtener coronas completamente cerámicas que cumplen con una serie de exigencias. Estas han sido evaluadas a lo largo de los años en relación con la estética, resistencia, ajuste marginal y biocompatibilidad.

2. PROCERA ALL- CERAM.

2.1 Indicaciones:

La alta resistencia y excelente ajuste reportado por diferentes autores, permiten el uso de estas restauraciones en cualquier segmento de los arcos dentarios, con un pronóstico predecible a largo plazo. (Odén y cols, 1998)

Sin embargo, deben ser tomadas en cuenta todas las precauciones comúnmente recomendadas para este tipo de coronas completamente cerámicas: Eliminación o control de las parafunciones, el establecimiento de un esquema oclusal orgánico, contactos oclusales puntiformes, simultáneos y simétricamente distribuidos en céntrica al ocluir ambas arcadas.

También son comunes, todas las indicaciones específicas que en rehabilitación oral hacemos para una corona unitaria: fractura coronaria, caries extensas, decoloración dentaria, malformación dentaria, corona puesta sobre muñón metálico intrarradicular.

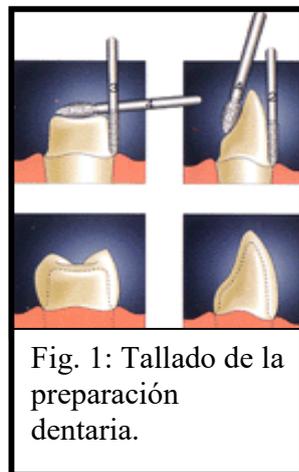
2.2 PREPARACIÓN DENTARIA:

2.2.a Principios Generales:

Para obtener óptimos resultados en la elaboración de una corona Procera, la preparación del diente requiere que sea hecha de forma convencional por el dentista, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones: (Fig. 1)

1. Preparación con terminación cervical en chamfer. La ubicación que se recomienda para la línea de terminación cervical es de sólo 0.5 mm subgingivales, e incluso, debido a las altas propiedades estéticas del sistema, es posible ubicar la línea de terminación ligeramente más superficial en comparación con los métodos tradicionalmente recomendados, es decir, a nivel yuxtapingival. Otro requisito importante es asegurar la identificación nítida y completa (en los 360°) de la preparación,

2. El ángulo de terminación interno debe ser redondeado con una profundidad de 0.8 a 1 mm. También es recomendable redondear todos los bordes de transición entre las diferentes superficies del diente, sin dejar aristas filosas.
3. En las piezas posteriores, se deberá crear un adecuado espacio interoclusal de a lo menos 2 mm para el material del núcleo y la porcelana que lo recubre (semejante al espacio que se requiere para una corona de cerámica sobre metal), y debe tener una topografía de superficie relativamente suave.
4. No minimizar el desgaste proximal, con la finalidad de crear el espacio natural y que biológicamente se requiere para preservar la integridad y salud de las papilas interproximales, y así, maximizar las condiciones de biocompatibilidad, estética y función a largo plazo.



2.3 FABRICACIÓN: (Fig. 5)

2.3a Escaneado del troquel y diseño del casquete.

Como se ha señalado anteriormente, el sistema Procera consiste en la aplicación de la tecnología CAD/CAM, en la cual la estación de diseño asistido por computador (Computer Aided Design/ CAD) se encuentra en el laboratorio local. Este, se encuentra unido vía Modem con la estación de producción (Computer Aided Machinery/ CAM) de Procera Sandwik AB en Suecia, en donde es fabricado el casquete.

En la estación de diseño, la que corresponde al laboratorio local, el troquel es escaneado en un escáner desarrollado por Nobel Biocare, que es controlado por una computadora personal, que mapea o copia la superficie del troquel. Para tal efecto, el troquel es posicionado verticalmente en la plataforma porta troquel del escáner. Un zafiro redondeado conforma la punta examinadora del escáner. Esta, se pone en contacto con la superficie del troquel (con una presión extremadamente ligera de sólo 20 grs) y rota en forma helicoidal alrededor de su eje vertical.

Por cada grado que gira la plataforma con el troquel, un punto de información es registrado hasta completar la circunferencia de 360° del troquel. Este escaneado se realiza en tres etapas consecutivas, dirigidas a cada área específica para captar el máximo detalle a cada nivel: Área cervical, de caras libres y oclusal. De este modo, se definen para cada diente el registro de aproximadamente 50.000 puntos para mapear un troquel.

Cuando el escaneado está finalizado, la información lograda es observada en la pantalla del computador, para ser examinada y perfeccionada si es necesario. Lo vital es verificar la ausencia de cualquier vacío en el registro lineal de la topografía del troquel.

Después que esta primera evaluación está completa, una imagen bidimensional, puede ser visualizada en la pantalla del computador y girada cada 5 grados en torno a su eje vertical, el propósito es examinar cuidadosamente la línea de terminación cervical, la cual es aumentada mediante un zoom para su verificación y eventualmente perfeccionada por el operador.

El siguiente paso en el proceso de diseño, es establecer el grosor del casquete cerámico que será fabricado. Un grosor de 0.6mm es asignado automáticamente por el software sobre la imagen del troquel. Sin embargo, en situaciones especiales, el operador puede elegir cambiar esta dimensión.

El ángulo o perfil de emergencia del casquete para cada diente en particular, así como el espacio de alivio para el agente cementante, también es establecido automáticamente por un algoritmo computacional. Pero el sistema también permite al operador seleccionar o modificar el perfil de emergencia deseado para cada caso en particular.

Cuando el diseño del casquete ha sido terminado, el archivo es guardado en el computador y está listo para ser enviado por transmisión vía Módem hacia la estación de producción (Procera Sandvik AB, Suecia y actualmente a otra ubicada en Estados Unidos), en donde se prosigue con el proceso de elaboración del casquete.

2.3b Fabricación del casquete:

Con la información recibida por módem, se procede a fresar un modelo de troquel en grafito, que será usado en la manufacturación del casquete. Este troquel se fabrica aumentado en un 20%, para compensar la contracción del casquete durante el proceso de sinterizado. Luego se compacta polvo de óxido de aluminio contra el troquel, conformando un bloque alrededor de éste, etapa de presinterizado. (Fig. 2) La forma externa del casquete es fresada en un torno, obteniéndose así, un casquete aumentado en un 20%, el cual vuelve a su tamaño original, a través del proceso final de "sinterizado" a una temperatura de 1600-1700 °C, que termina por compactar aún más las partículas de óxido de aluminio que conforman el casquete (Fig. 3) Convirtiéndose en un material no poroso y muy resistente. El casquete obtenido es examinado en el control de calidad (Fig. 4) y enviado por correo rápido al laboratorio local.



Fig. 2: Izquierda: Tallado mecánico de modelo aumentado en un 20%; Centro: Modelo terminado; Derecha: Modelo para control de calidad



Fig. 3: Muñones con porcelana presinterizada antes de ser llevada al horno.



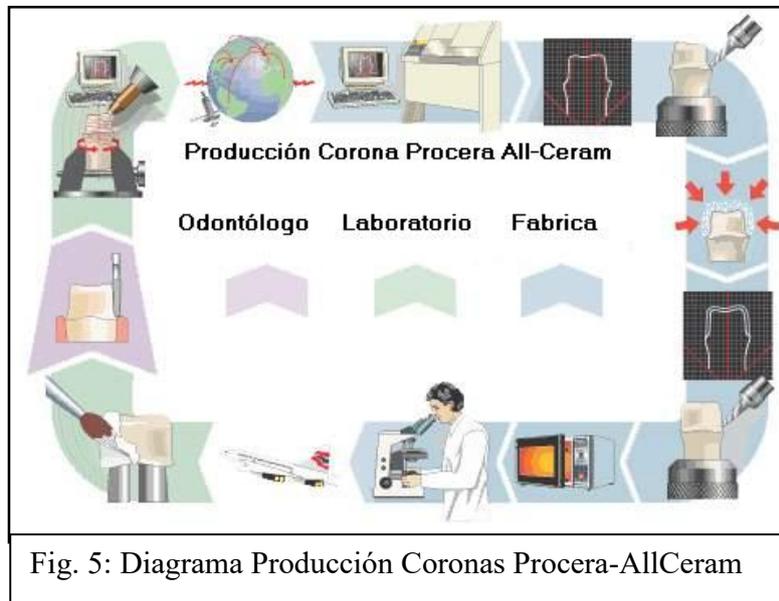
Fig. 4: Control de Calidad

2.3c Proceso final en el laboratorio local:

El grosor con el cual llega el casquete puede ser disminuido en caso de ser necesario, por ejemplo en las zonas proximales, llegando hasta grosores de 0.3 a 0.4 mm, con el fin de mejorar la estética o evitar un sobre contorno. Esto se debe hacer bajo estereomicroscopio con magnificación de 15 a 25x, usando fresa lanceolada de diamante de grano fino y abundante irrigación (turbina de alta velocidad)

El recubrimiento se realiza con una porcelana de baja fusión “Procera AllCeramic” de Ducera, con un coeficiente de expansión térmica a la par al del óxido de aluminio del casquete (7×10^{-6} $\mu\text{m}/\text{mL}$). La temperatura de cocción es de 900°C a 910°C para la dentina y de 880°C a 890°C para el glaseado. Lo que lleva a una menor disminución de volumen durante su cocción. Por otra parte, es importante destacar que debido a la alta temperatura de fusión del óxido de aluminio (2.050°C) es posible, la mantención de márgenes delgados, muy bien definidos en la periferia del casquete, sin que estos finos bordes sufran distorsión cuando la porcelana All-Ceram es cocida sobre su superficie en el horno a 910°C.

El glaseado se realiza de manera estándar a una temperatura de 880°C a 890°C, para finalizar con el pulido mecánico de la corona con pasta de diamante, quedando así preparada para quedar cementada.



2.4 Exactitud del Procedimiento Procera:

En una evaluación de la exactitud del sistema de fresado mecánico y electroerosión utilizado por Procera en la creación de cuerpos geométricos específicos, los que fueron comparados con las dimensiones conocidas de estos cuerpos en los archivos CAD. Los errores o discrepancias promedio de manufacturación mediante fresado fueron de 6.5 μm para la forma de elipse, 3.4 μm para la forma cuadrada y de 5.8 para la forma cilíndrica. (Andersson y cols, 1996) De estos resultados, los autores concluyeron que una restauración coronaria producida por el sistema CAD/CAM de Procera, estará siempre dentro del rango clínicamente aceptable de apertura marginal. Es decir, por debajo de los 100 μm .

En otro estudio similar, (Persson y cols, 1995) evaluaron la exactitud del instrumento digitalizador en la captación y transferencia de información desde un cuerpo de forma y dimensiones conocidas, hacia el computador y compararlas con la información previamente registrada en el archivo, para así determinar la exactitud de la digitalización. El máximo de discrepancia relacionada con la transferencia de la forma, sumando los errores de fresado mecánico, electroerosión y proceso de sinterizado fueron de 10 μm , valor que está muy por debajo del rango exigido en la producción clínica (<100 μm). Este resultado confirma una vez más, la gran exactitud del procedimiento CAD/CAM aplicado en la elaboración industrializada de restauraciones protésicas propuesta por la tecnología Procera.

2.5 PROPIEDADES.

2.5a Resistencia de la corona Procera All-Ceram.

Las cerámicas dentales contienen óxido, que es la unión entre átomos del material con el oxígeno. Estas uniones están representadas por enlaces covalentes y enlaces iónicos muy fuertes, responsables de la dureza y el módulo de elasticidad de las cerámicas, así como también de su alta resistencia al ataque químico.

Durante la década de 1960, las porcelanas empezaron a ser reforzadas con óxido de aluminio para aumentar su resistencia. Pero sólo en el año 1989, cuando se popularizó el método In-Ceram, se logró dar un significativo incremento en la resistencia a las restauraciones cerámicas.

En cambio, Procera utiliza en la confección de sus casquetes el mismo procedimiento de presinterizado del óxido de aluminio, hasta la obtención del casquete fresado, con la salvedad que este tiene aumentado en un 20% su tamaño real, para luego en la etapa final de “sinterizado”, terminar por aglomerar o compactar las partículas del óxido, recuperando así su tamaño real en un material altamente denso, no poroso y resistente.

En una comparación de la resistencia a la fractura in vitro de coronas Procera All-Ceram fabricadas con cofias en dos espesores diferentes de casquetes (0.5 y 0.7 mm). Los espesores totales de las coronas fueron de 1mm en los contornos y 2.5mm en oclusal. Luego de ser arenadas y cementadas con Panavia 21 se produjo la fractura con la aplicación de 225 y 220 Kg para los grosores de 0.5 y 0.7mm respectivamente. (Abed y cols, 1997)

En otro estudio se evaluó la resistencia a la flexión de los casquetes Procera All-Ceram, usando el test de resistencia a la flexión de tres puntos. La resistencia obtenida fue de 601 +-73Mpa. (Anderson y Odén, 1993)

Posteriormente, en un estudio similar se evaluó la resistencia biaxial de tres sistemas de coronas completamente cerámicas. Diez muestras de coronas cerámicas Empress, In ceram y Procera All-Ceram, fueron fabricadas de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes. Los resultados revelaron significativas diferencias en la resistencia a la flexión para los tres materiales ($p \leq 0.05$). IPS Empress 134 Mpa, In-Ceram 352 Mpa y Procera All-Ceram 678 Mpa. (Wagner y Chu, 1996)

Desde el punto de vista clínico, es de vital importancia conocer cuál es el comportamiento del material de restauración con respecto a la arcada antagonista, especialmente cuando esta restauración ocluye con esmalte natural. En este sentido, el oro ha sido siempre considerado un metal dúctil o blando, por lo cual prácticamente no produce daño al esmalte natural opuesto, pero tiene la desventaja de no ser estético. En cambio la porcelana si es altamente estética, pero su dureza y textura ha demostrado ser altamente abrasiva para el esmalte opuesto en boca. De esto se desprende que un material ideal debería ser altamente estético, pero a la vez causar el menor desgaste posible al esmalte opuesto.

Mediante un estudio in vitro se evaluó el comportamiento del esmalte natural frente a tres materiales restauradores opuestos: Oro (Olimpia), una porcelana de baja fusión (Procera All-Ceramic) y la porcelana con feldespato (Ceramco). Fueron encontradas diferencias significativas para el desgaste sufrido por el esmalte, con el Oro ($9.0\mu\text{m}$), con la Porcelana All-Ceram ($60\mu\text{m}$) y con la Porcelana Ceramco ($230\mu\text{m}$). Por otra parte también se encontraron diferencias significativas en el desgaste del material con valores de $0.32\mu\text{m}$, $4.3\mu\text{m}$ y $3.7\mu\text{m}$ respectivamente. Estos resultados demuestran que la porcelana de baja fusión empleada en el sistema Procera All-Ceram es bastante menos abrasiva para el esmalte que la porcelana con feldespato. (Hacker y cols, 1996)

2.5 b Precisión en el Ajuste Marginal.

Mclean y von Fraunhofer, concluyeron que un desajuste marginal $\leq 120\mu\text{m}$ es clínicamente aceptable para coronas periféricas completas. No obstante el continuo avance en técnicas y materiales dentales ha llevado a la opinión clínica generalizada en la mayoría de lo profesionales que un desajuste marginal de menos de $100\mu\text{m}$ es considerado clínicamente tolerable. (Mclean y von Fraunhofer, 1971)

May y col, consideran que la precisión del ajuste marginal es un importante requerimiento de una restauración cerámica en la rehabilitación exitosa de un diente. En un estudio realizado por estos autores en 1996, en el cual evaluaron el desajuste marginal y la adaptación interna de las coronas Procera fabricadas para premolares y molares utilizando la tecnología CAD/CAM. Las aperturas marginales para ambos grupos (55 y $62\mu\text{m}$ respectivamente) se encontraban muy por debajo de los $100\mu\text{m}$ sugeridos como clínicamente aceptables. (May y col, 1997)

2.5 c Estabilidad del color:

En relación con la estabilidad del color de la porcelana de recubrimiento que se ha desarrollado para aplicar sobre los núcleos o casquetes Procera. Se realizó un estudio in vitro con discos de alumina densamente sinterizada, sometidos a un acelerador de tiempo por 1.200 horas, equivalente a cuatro años. Posteriormente fue evaluado con un espectrofotómetro Minolta II y no se encontraron cambios de color clínicamente detectables al comparar los valores en unidades CIE $L^*a^*b^*$ del registro inicial con el final. (Attanasi y cols, 1996)

2.5 d Biocompatibilidad.

Al igual que en todos los materiales de restauración utilizados en boca, es necesario conocer las propiedades que poseen y/o los cambios que generan en los tejidos. En estudio sobre la liberación de aluminio desde el óxido de aluminio densamente sinterizado y desde una lámina de aluminio puro. Las láminas de ambos materiales en estudio fueron guardadas durante 24 días en tres diferentes tipos de solución de saliva artificial con pH de 5, 6 y 7 respectivamente a 37°C . Las soluciones fueron cambiadas cada cuatro días. Desde la placa de aluminio fueron liberadas considerables cantidades de aluminio dentro la solución de saliva con pH bajo. En cambio, no hubo ningún tipo de liberación detectable desde el óxido de aluminio de alta pureza densamente sinterizado, en ninguna de las tres soluciones de saliva. (Odén y cols,

Por otra parte, en una evaluación del efecto del ph en la liberación de iones de aluminio desde casquetes Procera de alumina de alta pureza altamente sinterizada, los cuales fueron colocados en 50 ml de saliva artificial con diferentes ph: 3, 4, 5, 6 y 7 a una temperatura de 37°C. Estas soluciones fueron cambiadas a los 4, 12, 20, 28 y 90 días. El análisis se realizó mediante un espectrómetro de absorción atómica (PYE UNICAM SP9, Phillips) los resultados indicaron que no se encontró liberación de aluminio en ninguna de las soluciones de saliva, sin importar el nivel de pH, después de los 90 días. (Adamczak y Linden, 1997)

2.6 CEMENTACION

2.6 a Agentes de Cementación para Coronas Procera All-Ceram.

En relación con los efectos que tienen diferentes cementos en la resistencia a la fractura de las coronas Procera All-Ceram. Se testearon tres agentes de cementación: fosfato de zinc, un cemento de resina (Panavia 21) y un cemento de ionómero de vidrio Híbrido (Fuji GC). Los cementos Panavia 21 (225 Kg) y Fuji GC (214.6 Kg) mostraron valores de carga hasta la fractura, significativamente más altos que el cemento de Fosfato de Zinc (153.5 Kg). Sin embargo, todos los valores para los diferentes agentes cementantes se consideran clínicamente aceptables. (Dwan y cols, 1996)

En un estudio similar, destinado a evaluar la resistencia adhesiva de dos medios de cementación (Panavia 21 y Dyract), tanto a los casquetes de óxido de aluminio Procera, como a la dentina. Los resultados demostraron que indistintamente del tratamiento de la superficie, la resistencia a la tracción más alta se registró en las muestras cementadas con Panavia 21. La microscopía electrónica de barrido, reveló que la falta de cohesión ocurrió entre la dentina y el agente cementante en todos los casos, quedando siempre cemento adherido a la superficie de óxido de aluminio del casquete Procera. (Blixt y cols, 1997)

2.7 SEGUIMIENTO CLINICO

Se realizó una evaluación clínica del comportamiento de 100 coronas Procera All-Ceram, colocadas en todos los sectores de las arcadas dentarias por un período de 5 años. Las evaluaciones de cada corona fueron realizadas según las normas de “Evaluación de Calidad para el Tratamiento Dental” de la Asociación Dental de California. De las 97 coronas disponibles para su control de los 5 años, sólo tres coronas del sector posterior (3.1%) habían experimentado fractura entre el recubrimiento de porcelana y el casquete. Las 94 coronas restantes fueron consideradas en cuanto a superficie, color, forma anatómica e integridad marginal como excelentes o aceptables. Estos resultados indican que las coronas Procera All-Ceram pueden ser usadas exitosamente en cualquier sector de las arcadas dentarias. (Odén y cols, 1998)

2.8 TRANSLUCIDEZ.

A pesar de ser parte de las propiedades del sistema Procera All-Ceram, el tema de la translucidez se presentará por separado, debido a que es en este punto en donde existe la problemática que lleva a la elaboración de este estudio. Aunque el casquete Procera es bastante denso, permite el paso de la luz y posee la translucidez que es necesaria para producir una corona altamente estética. Esta translucidez del casquete puede ser claramente demostrada colocando una fuente de luz al interior de él.

En relación con su translucidez, se ha señalado que no es transparente, por lo tanto, no dejaría pasar el color de las pigmentaciones o decoloraciones no deseadas de la dentina subyacente u otros elementos, como son los muñones metálicos.

En un estudio realizado por Odén y cols, en el cual elaboraron dos series de casquetes con diferentes espesores: 0.4, 0.6, 0.8 y 1.2 mm, los cuales fueron acomodados sobre modelos de plástico blanco y grafito. Fueron medidos los valores en el sistema CIELab para cada pareja de modelos, mediante un espectrofotómetro Minolta II. Según este estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores de CIE $L^*a^*b^*$. Estos autores concluyeron, que el uso de maniobras de laboratorio para eliminar la influencia de cualquier material oscuro subyacente, no era necesario. (Oden y cols, 1997)

El problema del estudio anterior fue la falta de aplicación del criterio de evaluación de diferencias de color, por lo cual, el análisis estadístico no sería una herramienta correcta en la evaluación de la aceptabilidad clínica de las diferencias obtenidas. En este caso, si se calculan los Delta E (diferencia de color, ΔE) para cada par de casquetes probados en los distintos grosores y en los dos tipos de muñones, el ΔE más pequeño se obtiene con el grosor de 1.2 mm, correspondiendo a un valor de 3.3. Estos resultados anularían las conclusiones entregadas por los autores. Por otra parte, se ha demostrado que las capas de porcelana utilizadas sobre los casquetes, producen otra variación no mensurada en este estudio.

En otro estudio, en el cual se evaluaron las diferencias colorimétricas obtenidas al posicionar el material de fabricación del casquete Procera sobre distintas aleaciones, las que actuarían como substrato. Los resultados entregados en valores CIELab, fueron evaluados como no significativos estadísticamente y concluyeron que los discos fabricados de 0.6 mm de grosor, tenían la capacidad de enmascarar a los distintos tipos de aleaciones. Nuevamente aparece el problema de la aplicación del análisis estadístico en la evaluación de problemas clínicos. El primer problema fue la falta de utilización de un substrato control y el segundo fue no calcular el Delta E entre cada muestra. Al realizar estos cálculos, los valores obtenidos están sobre los criterios de aceptabilidad clínica descritos en la literatura. (Delta E 1.1-2.1 unidades) (Abed y cols, 2000)

Por esta razón es imprescindible analizar los problemas que se producen en las porcelanas puras en relación con su translucidez y la complejidad de la evaluación del color.

3 PROBLEMA DE LA TRANSLUCIDEZ DE LAS PORCELANAS PURAS.

El conocimiento de las diferencias en la translucidez en el casquete cerámico podría permitir a los clínicos obtener una restauración similar al diente natural.

La desventaja de las restauraciones metal cerámicas, es que incrementa la reflectancia de la luz, debido a que la porcelana opaca necesita enmascarar el sustrato metálico. Kelly et al identificaron la translucidez del casquete como uno de los principales factores en el control de la estética y de consideración crítica en la selección de los materiales. Algunos materiales del casquete Allceram, tienen un alto valor de resistencia in vitro, sin embargo en el incremento del contenido cristalino para lograr una gran resistencia generalmente resulta en una opacidad aumentada. (Heffernan y cols, 2002)

La translucidez de las porcelanas dentales es en gran parte dependiente de la dispersión de la luz, si la mayoría de la luz pasara a través de la cerámica, esta sería intensamente esparcida y reflejada difusamente, por lo tanto, el material aparecerá opaco. Si sólo una parte de la luz es dispersa y la mayoría es difusamente transmitida, el material aparecerá translucido. La cantidad de luz absorbida, reflejada y transmitida depende de la cantidad de cristales existentes dentro de la matriz del casquete, su naturaleza química y el tamaño de la partícula comparada con la longitud de onda de la luz incidente. (Heffernan y cols, 2002)

Las partículas similares en tamaño a la longitud de onda de la luz, tienen un gran efecto de dispersión. La naturaleza química de las partículas de la matriz, sumado a su índice de refracción, afectan el grado de dispersión de la luz. El material compuesto por partículas pequeñas (aproximadamente 0.1um de diámetro) es menos opaco, cuando la luz visible pasa a través de él, con menos refracción y absorción a pesar de la gran dispersión por un número aumentado de partículas. Partículas grandes (aproximadamente 10 um de diámetro), causan una reflexión en la superficie como golpes de luz, refracción a través de él y absorción. Sin embargo, los materiales de partículas grandes tienen reducido el número de partículas por unidad de volumen y consecuentemente exhiben menos dispersión y disminuyen la opacidad. Para una máxima dispersión y opacidad, se necesita que la partícula dispersante, sea levemente mayor en tamaño que la longitud de onda y con una diferencia en el índice de refracción de la matriz. Este efecto se observa con el óxido de zirconio el cual tiene el máximo efecto opacante. (Heffernan y cols, 2002)

Los sistemas de cerámicas puras, tienen varios componentes de resistencia con distintos contenidos cristalinos, índices de refracción y dimensiones recomendadas para la fabricación.

El grado de translucidez de la porcelana utilizada en el proceso de fabricación, influencia la opacidad y parece tener un impacto significativo en el color final de la restauración. Sin embargo las combinaciones para lograr el color con una opacidad limitada pueden ser complicadas. Muchas veces el resultado final de la restauración no corresponde al color del diente, ni al de la porcelana utilizada. (Davis y cols, 1992; Douglas y Przybylska, 1999)

La opacidad de la porcelana utilizada, también juega un rol importante en la apariencia final de la restauración, provocando variaciones en las características del sustrato. (Davis y cols, 1992)

En un estudio preliminar, (Lund et al, 1996) se estableció el rango de translucidez en los materiales del casquete de cerámica pura, pero las muestras no fueron fabricadas para la relevancia clínica de grosor.

El grosor de los materiales del casquete afecta la resistencia y las propiedades ópticas. Para asegurar la resistencia, los fabricantes recomiendan un grosor mínimo para la fabricación de las restauraciones de porcelana pura. El grosor de la muestra afecta la translucidez, por lo que, con un material más grueso se obtiene mayor opacidad.

En un estudio destinado a evaluar la translucidez relativa de seis sistemas de porcelanas puras, se encontró un rango de translucidez del casquete cerámico con una relevancia clínica según su grosor. En orden decreciente de translucidez, los rangos fueron Vitadur Alpha Dentin (estándar) > In Ceram> Empress, Procera, Empress 2 > In Ceram Alumina> In Ceram Zirconia S2SF. Los resultados de este estudio sugieren sobre la base de la translucidez, que el sistema In-Ceram Spinell puede ser recomendado para homologar una alta translucidez de un diente natural adyacente. Para dientes con una moderada translucidez, podrían considerarse los sistemas: Empress, Procera y Empress 2 como factibles materiales de restauración. Para dientes moderadamente opacos, puede ser utilizado el sistema In-Ceram Alumina y para un diente opaco, pueden no existir diferencias de translucidez entre el sistema In_Ceram Zirconia y las restauraciones metal cerámicas. (Heffernan y cols, 2002)

La utilización de la técnica de doble capa de porcelana produce una modificación en la capacidad de enmascarar los colores del sustrato en carillas de porcelana. Esto fue probado en un estudio que evaluó la diferencia en las coordenadas CIELab, del color de un sustrato preparado para simular la dentina teñida, la cual fue cubierta con discos de óxido de aluminio y medidas las coordenadas antes y después que fueran recubiertos con tres colores de porcelana Vita (A1, A2 y B4). Los resultados obtenidos en unidades de Delta E fueron los siguientes 2.3 para el color A1, 4.3 para el color A2 y 8.8 para el color B4. Cuando se compararon los valores de Delta E entre las mediciones sobre la simulación de tinción y uno estándar, los valores superaron las 21 unidades de Delta E. Los grosores empleados corresponden a 0.2 mm de óxido de aluminio y 0.4 mm de porcelana, encontrándose muy por debajo de los utilizados en el recubrimiento de coronas de porcelana pura.

Los materiales y procedimientos mejorados permiten la reproducción de la apariencia natural de dientes en la región anterior con coronas unitarias de porcelanas puras. Sin embargo, existen algunos problemas que disminuyen las características estéticas de estos procedimientos.

Si una corona unitaria de porcelana pura se pone en un diente tratado endodónticamente y se usa un muñón prefabricado o metálico, el color y la opacidad del muñón pueden llevar al descoloramiento y sombreado, de la zona gingival y de la raíz cervical. Los postes de color oscuro pueden afectar negativamente la estética de coronas unitarias de cerámicas puras debido a que las delgadas capas de cemento no son suficientemente opacas.

Para resolver este problema estético, se ha introducido un sistema de postes cerámicos prefabricados para ser utilizado en combinación con materiales adhesivos. Uno de éstos está compuesto de poli cristales tetragonales de zirconio (ZrO_2 , TZP), estabilizado por 3 mol% Y_2O_3 . Otro es un nuevo tipo experimental de poste de zirconio (Dentsply-Maillefer) Aunque son cercanos al color de dentina, estos postes blancos luminosos todavía requieren enmascararse. Sin embargo estos no son los únicos postes estéticos, también los hay de fibra de vidrio y de fibra de carbono por ejemplo.

Por otra parte se encuentra el problema de la imposibilidad de retirar el poste metálico, lo que obliga al clínico a evaluar la situación, debido al posible problema estético que pudiera generarse. Si bien, existen materiales que permiten enmascarar la superficie metálica en una etapa previa a la impresión y de esta manera, obtener un muñón que cuente con esta capa de enmascarador incorporada en el diseño del muñón a escanear. Este método no ha sido probado por ningún estudio, en relación con su capacidad opacante o sus propiedades mecánicas.

Paralelo al color, se buscó equilibrar las propiedades mecánicas del poste y de la estructura dentaria, llevando a la introducción de postes de fibra de carbono. Aunque se ha informado que el módulo de elasticidad de estos postes es similar al de la dentina radicular, el color difiere grandemente con el de la dentina. Por esta razón, se ha cuestionado cómo pueden enmascararse los colores del poste por el cemento, el espesor cerámico o el color de coronas estéticas de cerámicas puras. (Vichi y cols, 2000)

En relación con las interacciones entre los distintos elementos que participan en una restauración de porcelana pura, tales como grosor del material, características del agente de cementación y el tipo de substrato, se realizó un estudio destinado a evaluar la influencia de estos en el resultado final de la restauración. Mediante un espectrofotómetro se evaluaron tres condiciones: (1) la habilidad de la Porcelana IPS-Empress para enmascarar el aspecto contiguo respecto a su espesor (1.0, 1.5, o 2.0 mm); (2) el efecto del cambio en el color del cemento Variolink II (colores W, Y, o B) en el color final del cerámico; y (3) la influencia de espesor de película de cemento (0.1 o 0.2 mm) en el color final del cerámico. Además se utilizó como substrato un poste experimental cerámico, uno de zirconio, uno de fibra de carbono y como referencia un composite (Z100) Los resultados fueron los siguientes: Cuando el espesor cerámico era 1 mm, todas las otras variables eran visualmente apreciables. Para el espesor cerámico de 1.5 mm, las diferencias coloridas disminuyeron y la mayoría de las diferencias sólo era apreciable con instrumentos del laboratorio. Para el espesor cerámico de 2.0 mm, no había ninguna diferencia clínicamente percible relevante. Los resultados estéticos finales de las coronas de cerámicas puras IPS-Empress no se vieron afectados por la presencia de substratos diferentes con colores diferentes cuando el espesor era mayor de 2.0 mm. Cuando el espesor de cerámicas disminuía a menos de 1.5 mm, se aconsejaba tener los aspectos del substrato en cuenta. Si el espesor cerámico es menor de 1.0 mm, el uso de una corona cerámica pura se contraindica porque se necesita emparejar el color del substrato para asegurar un resultado estético aceptable. Diferencias en el espesor del cemento (0.1 o 0.2 mm) pueden afectar el resultado final ligeramente. Como este parámetro sólo puede ser controlado hasta cierto punto por el operador, no puede ser considerado como un procedimiento para corregir color. La disponibilidad de diferentes matices de cemento permite sólo correcciones menores de la estética que podrían ser instrumentalmente perceptibles pero no podrían ser clínicamente relevantes. (Vichi y cols, 2000)

Como hemos visto el problema de la translucidez genera un cambio de color que debe ser manejado por el clínico. Estos cambios muchas veces son difíciles de notar a primera vista en la clínica, ya que pueden existir problemas de metamerismo, los que llevarán a la instalación de una restauración con la posterior disconformidad por parte del paciente. Por otra parte el problema del color es muy difícil de cuantificar y más aún de interpretar. Este problema está influido por un sinnúmero de factores, los cuales deben ser manejados por el clínico que quiera enfrentarse al desafío de rehabilitar estéticamente al paciente.

Debido a esta compleja relación de factores se expondrán algunos de los puntos necesarios para entender no sólo el problema del color sino que también los puntos relacionados con su medición, ya que, la aplicación de la tecnología a la medición del color es un campo que está siendo utilizado hace ya varios años y en el cual aún no existen resultados satisfactorios los cuales no son muy superiores a los visuales.

Es necesario conocer en forma específica todos estos puntos, ya que, de esta manera el clínico puede evaluar las nuevas tecnologías que se ofrecen en el mercado, sus limitaciones y capacidades, para poder así proyectarse a una acción clínica con fundamentos que le permitan elegir productos y solucionar los problemas con bases científicamente comprobadas.

Para poder entender cuales son los problemas involucrados en la selección del color es importante conocer algunas consideraciones sobre la luz y el color

4 COLOR

4.1 Definición:

El “Color”, es la impresión producida al incidir en la retina los rayos luminosos difundidos o reflejados por los cuerpos. Orientado al espectro solar o espectral puro, se refiere a cada uno de los siete colores en que se descompone la luz blanca del sol: rojo, naranja, amarillo, verde, azul turquesa y violeta. Lo que se designa como luz blanca es la impresión creada por el conjunto de radiaciones que son visibles por nuestro ojo.

Por lo general utilizamos la palabra color para designar dos conceptos totalmente diferentes. Nos referimos al color que observamos como si este fuese una característica del objeto. Sin embargo, sólo deberíamos hablar de colores cuando designemos las percepciones del ojo, ya que, el color sólo está definido para nuestro sentido de la visión.

La percepción del color cambia cuando se modifica la fuente luminosa porque en principio, el color no es mas que una percepción en el órgano visual del observador. A través de los ojos somos capaces de memorizar las diferencias de colores, pero casi nunca percibimos un color visualmente, tal como es físicamente.

La producción física del color requiere de tres componentes; una fuente de luz, el objeto y un sensor, el cual puede corresponder al ojo humano junto con el cerebro o a un instrumento electrónico conectado a un computador.

4.2 Percepción y Selección de Color.

El problema de la percepción y selección de color, abarca una serie de factores que hacen de este procedimiento un desafío muy complejo de solucionar, el cual finalmente se convierte en una tarea completamente visual.

Estos factores derivan principalmente de tres fuentes: Factores relacionados con el observador; Factores relacionados con el objeto; y Factores relacionados con el entorno. De los tres factores señalados se desprenden una serie de problemas que vendrían a complicar mucho más la tarea del profesional, por lo que a continuación se describirán los elementos más comunes reportados en la literatura como responsables de la subjetividad de la tarea de la selección del color.

❖ Factores relacionados con el observador:

La selección visual del color ha demostrado ser no confiable como resultado de inconsistencias en las especificaciones de percepción de color entre observadores. (Okubo y cols, 1998; Amad, 2003)

La valoración Visual del color depende de las respuestas fisiológicas y psicológicas del observador a la estimulación de la energía radiante. Las inconsistencias pueden ser el resultado de factores incontrolados como fatiga, edad, emociones, condiciones de iluminación y exposición visual previa. (Okubo y cols, 1998) Además, estos factores tienen efectos interpretativos diferentes en cada observador (Van der Burgt y cols, 1990) en su estudio usaron un escudo perforado para exponer sólo una sección limitada del diente para su evaluación. Se usaron dos métodos para realizar las observaciones, finalmente los resultados demostraron diferencias en el acuerdo entre los observadores en relación con los colores seleccionados.

Por una parte es complicado determinar el área específica a la cual se dirige la mirada de un observador cuando realiza la selección de color. (Barret y cols, 2002) Además, a pesar de que el ojo humano puede descubrir diferencias muy pequeñas en color, la habilidad de comunicar estas diferencias en términos de magnitud y de su naturaleza es limitada. (Moser y cols, 1985)

Entre los estudios que comprueban la existencia de deficiencias en los observadores, se encuentran los de: Moser y cols, evaluaron a 670 participantes en la sesión de la Asociación Dental americana de 1981. En pruebas realizadas sólo para deficiencias de rojo-verde, ellos encontraron que el 9.9% de los profesionales dentales exhibieron algo de deficiencia en la visión de color además de una seria deficiencia en la visión de color en 2.8% de la población dental evaluada.

En otro estudio realizado en estudiantes, se encontró que 2 de 6 estudiantes de odontología tenían una visión de color deficiente, ellos eran incapaces de ver el color amarillo o azul, un parámetro importante en los colores dentales, que a menudo son improbables. Muchos de los estudiantes desconocían sus limitaciones visuales. (Rawlinson, 1993) Por consiguiente, los hallazgos apoyan el uso continuo de la evaluación visual para identificar la deficiencia visual del observador, así como para incentivar a aquellos con deficiencia en la visión de color a buscar tratamiento profesional precozmente.

❖ **Factores relacionados con el objeto:**

Entre estos factores se encuentran las propiedades de color no uniforme de los dientes, que involucran la compleja estructura de capas del diente y los sutiles cambios de color que desafían incluso a los mejores instrumentos. (Okubo y cols, 1998; Barret y cols, 2002) Además se considera que la habilidad de seleccionar el color con el uso de dientes naturales o etiquetas de color cerámicas es complicada, ya que, existen áreas de variados colores y translucidez dentro de un mismo diente. El color del diente ha sido relacionado con la dispersión de la luz comparada con la dureza del esmalte. (Bosch y Copos, 1995)

Otros factores descritos son la presencia de saliva y placa, la primera cambia el índice de reflexión de la superficie subyacente y la segunda tiene un color característico que puede interferir en el brillo superficial. (Tung y cols, 2002) Además, la fluidez de la saliva varía según el ritmo circadiano, lo que puede afectar el grado de hidratación del diente. Por otra parte, los dientes vitales han demostrado poseer gran cantidad de croma rojo, más que los dientes no vitales. Esto ha sido atribuido a la influencia de la encía y de la pulpa, por la translucidez del tejido dentario, los cuales también varían por cambios fisiológicos en los pacientes. (Douglas, 1997)

❖ **Factores relacionados con el entorno:**

Realizar la selección de color o identificar diferencias, también involucra el entorno en el cual se encuentra el objeto. Por esta razón es fundamental considerar las medidas necesarias para contar con un ambiente estandarizado, que cuente con una iluminación correcta, ya que muchas veces el rendimiento de color que se obtiene de la iluminación artificial es muy variable. Este rendimiento entregado por las fuentes será descrito más adelante como Índice de Rendimiento Color (CRI). Además es importante valorar la hora del día en que se tome el color, debido a que la luz natural es la más recomendada para realizar la selección en forma estandarizada. La iluminación directa sobre el objeto, el metamerismo y el color de la encía circundante son otros de los factores a considerar. (Okubo y cols, 1998; Tung y cols, 2002)

Factores Externos:

Por otra parte se encuentran problemas externos al grupo de componentes de la selección de color como lo son, una falta de control de calidad y estandarización en la fabricación de cada restauración, lo que complica mucho más la tarea del control de color. Los polvos de porcelana no son los mismos entre cada envase y no siempre se obtiene el mismo color de la guía una vez que se han fabricado. En un estudio realizado para evaluar la variación del color entre la selección y la fabricación de una restauración de porcelana, se señala que la fidelidad de los resultados no puede ser asegurada, independiente si la selección de color es visual o instrumental. (Wee y cols, 2002) Muchas de las marcas están fabricadas para realizar la selección de color con la guía Vita, sin embargo el resultado final es distinto una vez que ha sido horneada la porcelana. (Groh y cols, 1992). Esto ocurre debido a que las designaciones de las tonalidades varían entre las marcas. (O'Brien y colaboradores, 1994) (Rosentiel y Johnston, 1998)

5 MEDICION VISUAL DEL COLOR

Debido a la imposibilidad de realizar la descripción del color sin tener un patrón de comparación, se han creado una serie de guías de color para realizar la selección de color en odontología. Estas guías de color, son representaciones dentarias estándar de distintos matices, las cuales representan a cada color a través de distintas denominaciones.

Aunque estas guías tengan limitaciones, son el método más utilizado para comunicar el color elegido y relacionarlo con un color de porcelana. El éxito de su utilización depende de la habilidad que tenga el profesional para usarla y de la capacidad del laboratorista para interpretar la solicitud y reproducir el color requerido.

La variabilidad en la fabricación entre las guías de color, podría considerarse en la desigualdad de selección entre las etiquetas de 2 guías. Es posible que al comparar 2 guías, las etiquetas de designaciones de diferentes colores puedan ser más similares en color (Delta E más pequeño) que las 2 etiquetas de las mismas designaciones del color. Si las diferencias en la fabricación de las guías fueran rutinariamente extremas, entonces la tarea del dentista de comparar colores cerámicos con los dientes naturales sería casi imposible. (Okubo y cols, 1998)

La mayoría de las veces, las muestras de las guías de color no se fabrican con los mismos materiales o de la misma forma. Además las guías del color no representan el rango del color completo de los dientes naturales y los colores disponibles no están distribuidos sistemáticamente. (Seghi y cols, 1989; Tung y cols, 2002) La ubicación similar de algunos de los dientes de la guía de color dentaria en el espacio color, también pueden considerarse en los errores ocurridos en la discriminación de 2 etiquetas. Miller usó un espectrofotómetro para organizar etiquetas de color de distintas guías en el espacio de color según; el color y valores del croma. La organización de la guía Vita muestra que las etiquetas de las guías de color no se distribuyen sistemáticamente, además muchas de las etiquetas de las guías de color no sólo están cerca de cada una, sino que actualmente se solapan. (Miller, 1987; Hasegawa, 2000)

En un estudio destinado a evaluar el efecto del diseño o forma de la muestra (discos o etiqueta dentaria) en la selección de color. No se encontraron diferencias significativas en la exactitud de la selección de color entre los dos diseños. (Barrett y cols, 2002) Esto es de suma importancia para la valoración de estudios realizados en superficies convexas como las etiquetas dentarias, en las cuales una correcta valoración de los problemas de medición pueden llevar a resultados extrapolables.

6 MEDICION INSTRUMENTAL DEL COLOR

A pesar de que el uso de instrumentos ha sido restringido debido a la complejidad, costos del equipo, y dificultad de medir el color en dientes in vivo, (Douglas, 1998- Tung, 2002) igual han sido utilizados, aunque la mayoría con modificaciones, para intentar superar problemas con la selección visual en odontología. (Seghi, 1990) También han sido utilizados para medir las curvas espectrales de porcelana y de dientes extraídos. (; Bangston y Goodkind, 1982; O'Brien y cols, 1985; Goldstein, 1993; Ishikawa-Nagi y cols, 1994; Wee, 2002; Hammad, 2003)

La utilización de instrumentos para realizar la determinación del color, tiene como finalidad la obtención del color en forma más expedita, (Douglas y Brewer, 1998) eliminando la subjetividad entre observadores.

Dentro de los instrumentos que se ocupan, están los espectrofotómetros y colorímetros. Se han comparado las mediciones realizadas por estos, comprobándose su fiabilidad y exactitud para medir diferencias de color. (Bangston y Goodkind, 1982; Seghi, 1990; Tung y cols, 2002)

Aunque se ha realizado un arduo trabajo en esta área, actualmente no hay ningún dispositivo preparado específicamente para el uso clínico dental, que haya demostrado solucionar todos los problemas de la medición instrumental.

Los colorímetros proporcionan medidas en unidades CIE L*a*b*, las cuales al ser analizadas matemáticamente, permiten comparar los parámetros de color de diferentes objetos. (Van der Burgt y cols, 1990)

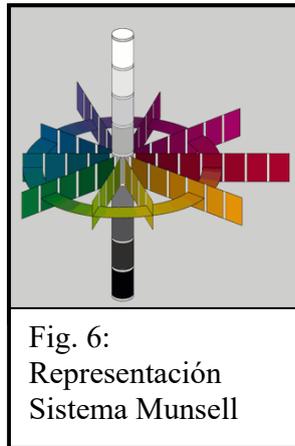
Como se ha visto anteriormente, existen una serie de problemas en relación con el color. Por esta razón, se han desarrollado muchos estudios tratando de encontrar las causas y soluciones a estos problemas. Para estos estudios son utilizados sistemas de descripción de color, los cuales permiten cuantificar y expresar los colores en términos estandarizados.

Dos de los sistemas más ampliamente utilizados para la descripción del color son el Sistema Munsell y el Sistema de orden de color de la International Comision on Illumination (CIE).

7 Sistema Munsell.

El Sistema Munsell, (Fig. 6) compara el color de un objeto con un arreglo ordenado y estandarizado de placas coloreadas. Este sistema describe el color en un sistema tridimensional de coordenadas que representan el matiz, el valor y el croma. El matiz es representado por 10 colores diferentes, cada color esta ubicado en un plano horizontal circular de la coordenada axial. El croma es la intensidad o saturación y esta representado como los rayos de una rueda en donde el color más puro se encuentra en la periferia. Por último el valor se refiere a la luminosidad u oscuridad del color y esta representado por nueve ruedas en el eje axial (Tung y cols, 2002)

O'Brien y cols, propusieron una ecuación para la diferencia de color ($\Delta E_M = \Delta H/5 + 7\Delta V + 4\Delta C$), para evaluar pequeñas diferencias de color entre matices dentales o guías de color. El ΔE_M , es una estimación del ΔE CIE, basado en los parámetros Munsell, es el croma promedio y ΔH , ΔV , y ΔC son la diferencia en matiz, valor y croma respectivamente, de los dos colores comparados. (O'Brien y cols, 1990)



8 CIE Lab.

El uso del sistema CIE Lab ha ayudado a interpretar las diferencias de color y es un método aceptado en odontología. Actualmente los desarrollos en óptica electrónica y tecnología computacional están haciendo a las técnicas de colorimetría más apropiadas para una amplia gama de aplicaciones. Los dispositivos colorimétricos avanzados son precisos, repetibles, y fácilmente evaluados en términos que son visualmente significantes

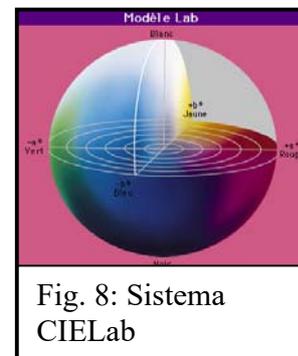
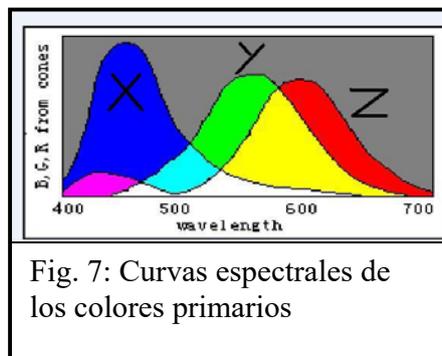
Este sistema se ha usado para obtener una relación entre las diferencias de color medidas instrumentalmente y las obtenidas mediante el ojo humano.

Los Colorímetros Fotoeléctricos de triestímulos tienen el potencial de eliminar algunas de las variables encontradas cuando se usa exclusivamente el método visual y ha demostrado proporcionar exactitud y repetibilidad de mediciones en algunas muestras de porcelana. (Seghi y cols, 1989; Seghi, 1990)

El sistema CIE es el estándar internacional para la medición del color, el cual incorpora un observador y una fuente de iluminación. En el concepto de CIE, todo los colores pueden ser comparados mezclando cantidades relativas de los 3 colores primarios: Rojo (X), verde (Y), y azul (Z). Los valores de X,Y,Z, (Fig. 7) pueden ser convertidos matemáticamente a la escala CIE Lab y expresados en el espacio color CIE Lab (Fig 8). Cada color puede ser representado por un único punto en el espacio, determinado por la cantidad de coordenadas relacionadas a los ejes usados en el sistema de CIELAB. (Seghi y cols, 1989)

Los valores en las coordenadas L, representan la luminosidad del objeto, en un rango de 0 (negro) a 100 (blanco). Los valores en a^* , representan los extremos rojo o verde identificados con valores positivos o negativos respectivamente y los valores de la coordenada b^* , representa los colores amarillo o azul. La diferencia de color entre dos objetos puede determinarse comparando los valores de coordenadas respectivos de cada muestra. La colorimetría por diferencia de color es probablemente la técnica más práctica y normalmente utilizada para la evaluación cuantitativa de color y para interpretar su importancia, es necesario conocer la magnitud de diferencia de color que es visualmente perceptible y aceptable. (Douglas y Brewer, 1998)

El espacio color CIE X,Y,Z, determina si dos colores son iguales o diferentes, pero no determina la apariencia del color.(Tung y cols, 2002).



8.1 Problemas de la medición instrumental:

A pesar de todas las bondades de la medición instrumental, en cuanto a la capacidad de lograr una medida estándar, esta no se encuentra libre de limitaciones, las cuales provocan problemas con la medición, y tal como se ha indicado anteriormente, aún no han podido ser solucionados por ningún instrumento que sea universalmente aceptado. A continuación señalaremos algunas de las causas que explican las limitaciones en la utilización clínica de estos instrumentos.

En un estudio realizado con el colorímetro Colortron, destinado a comparar la medición visual contra la instrumental, los resultados fueron un 50% de mediciones instrumentales correctas, lo que indica que este instrumento no puede satisfacer correctamente su uso en odontología clínica. No se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa, entre los resultados del método instrumental cuando se comparó con los resultados del método visual. Después de realizadas las mediciones, los investigadores y cuatro de los observadores con los mejores resultados, evaluaron individualmente los colores seleccionados erróneamente por el instrumento para ver si eran discernibles. De las 8 comparaciones incorrectas, todos los autores concluyeron que todos los pares errados eran discernibles como incorrectos por el ojo especializado. (Okubo y cols, 1998)

Aunque los colorímetros han demostrado utilidad en investigación dental y consistencia comparando objetos opacos e incluso algunos objetos translúcidos simples, ellos no se han desarrollado para objetos más complejos, con multicapas o translúcidos, siendo las mediciones hechas en porcelana translúcida menos exactas que en muestras opacas. (Van der Burgt y cols, 1990; Seghi, 1990). Otro estudio de porcelana dental que usó 2 colorímetros Minolta demostró que los datos de porcelana translúcida eran significativamente diferentes que los datos obtenidos por un espectrofotómetro, considerando que los valores de E opacos no eran diferentes. (Seghi, 1990)

El uso de colorímetros y espectrofotómetros en muestras de cerámicas fabricadas bajo técnicas sumamente controladas, con diferencia en la cantidad de un solo pigmento en su fabricación, demostró que la repetibilidad variaba a corto plazo. (Goodkind y Schwabacher, 1987)

En odontología, los resultados de un dispositivo colorimétrico pueden alterarse, debido a que la iluminación estándar emitida por el instrumento se puede dispersar, absorber, transmitir, reflejar, e incluso cambiar la dirección como resultado de las propiedades ópticas translúcidas de los dientes y de las porcelanas dentales. (Van der Burgt y cols, 1990)

Las propiedades ópticas de los dientes y el grado de dispersión y absorción de luz por el esmalte, producen desplazamientos oblicuos con rayos de luz emergiendo a distancias imprevisibles del lugar de incidencia. Al usar un instrumento con una abertura pequeña para la iluminación y la entrada de la luz, la cantidad de luz reflejada que es medida está reducida, lo que causa una lectura inadecuada de la luz. (Okubo y cols, 1998) La incidencia de los rayos de luz en los márgenes, sumado a una ventana pequeña, pueden causar la pérdida del margen del objeto durante la medición instrumental del color. (Van der Burgt, 1990)

En relación con la forma del objeto, el espectro de reflectancia de una superficie contorneada no puede reproducirse a menos que se mida el mismo lugar de la superficie, (Seghi, 1990) es por consiguiente apropiado esperar alguna variación en los resultados. (Okubo y cols, 1998)

Pueden controlarse muchas variables parcialmente con el uso de una plantilla de posicionamiento, que le permite a la máquina leer la misma área de un diente. El uso de un posicionador intraoral provocó un Delta E promedio de 0.34 unidades intraexaminadores. La ausencia de este puede llevar a un Delta E de 32 unidades. (Douglas, 1997)

Por otra parte, podríamos considerar que los procedimientos de medición pueden introducir variaciones, tales como la presión de contacto con la cual se aplica el instrumento en la superficie de la muestra, sumado con la angulación, la posición y la zona a medir. En realidad, los fabricantes recomiendan utilizar estos instrumentos sobre superficies planas, las cuales son casi imposibles de encontrar in vivo. (Tung y cols, 2002)

No pueden compararse los hallazgos de algún estudio con aquellos de investigaciones de colorímetros diferentes, porque el color de los filtros de referencia puede haber tenido diferentes longitudes de onda. Sin los filtros de color idénticos, existe la posibilidad de metamerismo. (Seghi, 1990) Además los parámetros de color CIELAB pueden ser similares cuando un objeto de características ópticas diferentes es evaluado por cualquiera colorímetro.

Una vez conocidas las ventajas y desventajas de la medición instrumental, es importante conocer la relación existente entre los valores entregados por un instrumento y los límites de aceptabilidad clínica para los valores de diferencias de color.

9 Umbrales de perceptibilidad y aceptabilidad.

No existen acuerdos en la literatura con respecto al límite del ojo humano para apreciar diferencias de color, considerando que este límite difiere entre cada persona, siendo una combinación de las características visuales y la habilidad del operador. Las muestras utilizadas en las pruebas extraorales, usualmente son monocromáticas, con una translucidez uniforme, sin textura y son vistas bajo condiciones de iluminación ideales. Sin embargo, el diente es policromático, con una translucidez no uniforme, con textura y es visto bajo condiciones de iluminación ambiental intraoral. Además están enmarcados por los dientes adyacentes, los cuales también presentan variados grados de translucidez y policromatismo.

Se han descrito en la literatura límites de perceptibilidad y aceptabilidad clínica para el ΔE : Uno de ellos establece que; si los valores de $\Delta E < 1$ no se considera como apreciable por el ojo humano (O'Brien y colaboradores 1990); · valores $1 < \Delta E < 2$ son apreciables por operadores sin experiencia pero que observan cuidadosamente, y puede ser considerado aceptable clínicamente; valores de $\Delta E > 2$ son apreciables por personas sin experiencia y por esa razón no es clínicamente aceptable. (Tung y colaboradores, 2002) En este estudio, cuando los colores Vita se convirtieron en valores CIE Lab, las diferencias de color en los valores para A1 y B1 y en los valores para D2 y C1 eran tan pequeñas que fueron casi indistinguibles.

En otro estudio destinado a evaluar la aceptabilidad de la diferencia de color en coronas metal cerámicas mediante la observación visual, los resultados obtenidos fueron dependientes del color a comparar. La correlación entre la medición visual e instrumental no es la misma en todas las dimensiones del espacio del color. (Douglas y Brewer 1998) Se utilizaron 60 coronas metal cerámicas, destinadas a comparar el matiz Vita Lumin A3.5, los valores de diferencias de color obtenidos variaron de 0.20 a 4.28 unidades de ΔE . El límite obtenido para las coronas que variaron en rojo fueron de 1.1 unidades de ΔE y de 2.1 unidades para las que variaron en amarillo. En relación con la perceptibilidad, se observa que existe una gran diferencia de sus valores con, los de aceptabilidad, con un promedio de 0.4 unidades de ΔE , contra 1.7 unidades de ΔE respectivamente. Demostraron una fuerte correlación en las coronas amarillas y rojas pero muy bajo para las que diferían en luminosidad. Además encontró una gran tolerancia para las diferencias en luminosidad, lo que podría contrastar con la creencia de muchos odontólogos, de que es más importante la selección de la luminosidad que del color.

En relación con los niveles de tolerancia de la selección de color, existen otros estudios que entregaron distintos valores para la perceptibilidad del Delta E, las cuales variaron de 1.0 (Kuehni y Marcus, 1979), 2.0 (Seghi y colaboradores, 1989) y 3.7 (Johnston y Kao, 1989). Correspondiendo los dos primeros a estudios in vitro, y el último a un estudio in vivo. Por otra parte, los valores para la aceptabilidad del Delta E, son de 2.75 en un estudio in vitro (Ragain y Jonhston, 2000), 3.3 de un estudio in vitro (Ruyter y cols, 1987) y 6.8 en un estudio in vivo (Johnston y Kao, 1989). Este último no valoró la pérdida de información producida en la medición, lo cual provoca resultados inexactos. (Wee y cols, 2002)

9.1 Capacidad para realizar comparaciones de color asociado a la selección visual:

Los evaluadores deben someterse a una prueba de comparación de color para determinar sus habilidades. La prueba de Vita-Vita demuestra la habilidad de una persona de diferenciar entre las pequeñas diferencias de color encontrada en dientes (guía de color cerámica). Se recomienda que el personal dental que registra menos de 7 comparaciones correctas debe contar con otro miembro de la clínica para hacer las selecciones de color. (Okubo y colaboradores, 1998) La prueba de Vita-Vita ha demostrado tener una alta correlación con la prueba de color 100 Farnsworth Munsell para la discriminación de color.

En otros estudios, el género del evaluador no tuvo ninguna relevancia significativa con la habilidad de selección de color dentario, en contraste con los resultados descritos anteriormente en la literatura dental. (Culpepper 1970; Okubo y cols, 1998)

10 Comparación entre métodos visuales e instrumentales.

Múltiples factores se combinan para precisar la dificultad de comparación de instrumentos con humanos. El observador experimentado debe entrenarse para enfocar en el tercio medio del diente guía de color porque los rangos de color cambian, es decir, de gingival a incisal. En contraste, un dispositivo de posicionamiento sólo permite al instrumento enfocar en el tercio medio del diente guía de color. El color del dispositivo de alineación cambia las lecturas del colorímetro, y los resultados sólo pueden compararse con datos tomados con el mismo posicionador. La dificultad en el control de todas las variables involucradas hace cualquier comparación de diferentes estudios con colorímetros y estudios visuales sumamente difícil.

11 Estandarización de Procedimientos de medición:

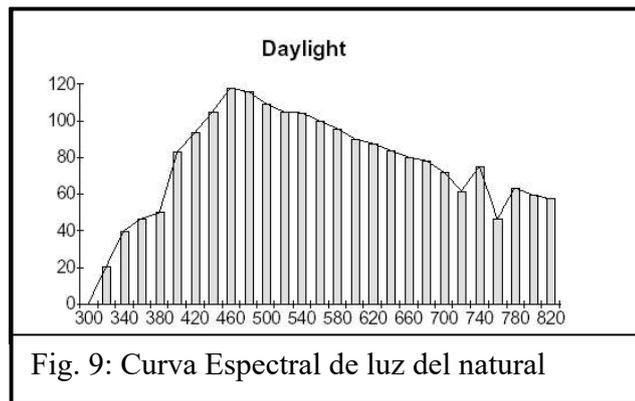
En el desarrollo de los estudios de color, son utilizados términos y elementos técnicos que deben ser conocidos para entender el tipo de estudio realizado y las diferencias existentes entre ellos.

11.1 Iluminante:

Para entender que es un iluminante, es necesario comprender como se define luz en términos de colorimetría, el cual corresponde a una distribución de la energía en una curva espectral. Un tipo específico de luz puede emitir diferentes cantidades de energía en cada sector del espectro visual. La curva de esa energía emitida sobre el espectro visual es llamada la curva relativa de distribución de energía para ese iluminante o fuente específica. (Michael Dicosola)

En relación con la selección del color, es un hecho reconocido que esta etapa debe realizarse utilizando la iluminación natural entregada por el sol. Por esta razón es importante conocer las características espectrales de la luz natural, para poder así compararlas con los iluminantes que son utilizados en las clínicas dentales.

La curva de distribución espectral relativa de energía de la luz natural esta representada en la figura 9, en donde el eje horizontal representa el espectro visible, el cual se encuentra aproximadamente entre 380 a 750 nanómetros. El punto más alto en la curva ocurre alrededor de los 460 nm, el cual representa a la porción azul del espectro. Esto quiere decir que la luz del día, mientras parece ser de un blanco puro, esta compuesta principalmente por luz azul. Cada tipo de luz tiene una única curva de distribución espectral relativa de energía, la cual describe su apariencia o más importante, como se ven las cosas cuando son iluminadas por esta.



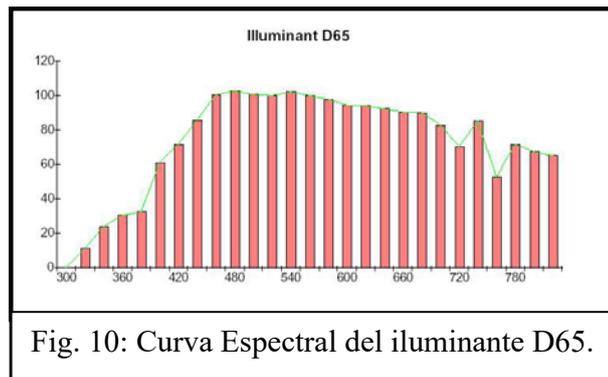
11.2 Iluminante versus fuente

Es importante entender la diferencia entre un iluminante y una fuente. Como fue descrito por Bilmeyer y Saltzman, una fuente es una luz física real, algo que puede ser encendido para iluminar otra cosa. Sin embargo, un iluminante es una luz que se define por una distribución de su energía espectral, pero puede que no exista realmente. Por ejemplo la luz utilizada en la clínica dental es una fuente, esta puede ser encendida y apagada, y a través de un análisis experimental, podemos determinar la distribución de su energía espectral. No obstante, si tomamos un gráfico de distribución de energía espectral en blanco y trazamos una línea a través de ella, tendremos definido un iluminante. Esta luz puede estar definida y no existir, pero podemos usar esta curva para probar numéricamente como se verá cierto color con este iluminante.

11.3 Índice de rendimiento de color. CRI

El índice de rendimiento de color CRI, es un método por el cual son descritas las fuentes. Es una escala del 1 a 100, en la cual, se compara la apariencia visual del color bajo una fuente, con la apariencia de este mismo color, pero ahora bajo un iluminante estándar, como el D65. (Fig. 10) El valor CRI de 100 significa, que la fuente es idéntica al iluminante estándar. Usando el CRI de guía uno puede elegir la fuente de luz basándose en la habilidad de esta para exponer el color con exactitud al compararlo con la fuente estándar.

Un iluminante es básicamente una definición usada para determinar como cambiará la apariencia del color bajo un tipo de iluminante específico. El D65 es un iluminante que representa la luz del día. Actualmente no existe una fuente que iguale exactamente al iluminante teórico (aunque muchas fuentes se acerquen)



III. OBJETIVOS

“ Realizar una evaluación espectrofotocolorimétrica de coronas Procera All-Ceram sobre distintos tipos de muñones, y comprobar la aceptabilidad clínica del Delta E obtenido, comparándolo con los criterios descritos en la literatura”

Objetivos Específicos.

- Describir las propiedades del sistema Procera All-Ceram.
- Identificar las ventajas y desventajas de la medición instrumental en comparación con la valoración visual del color en odontología.
- Evaluar la repetibilidad de medición obtenida con el instrumento mediante la utilización de una matriz de posicionamiento.
- Comparar la repetibilidad de medición del instrumento con los estudios presentes en la literatura
- Evaluar la diferencia de color (ΔE) producida en coronas Procera All-Ceram de color A3 y C3, al ser colocada sobre un muñón natural, metálico, de resina y metálico más un agente cementante.
- Evaluar la influencia del grosor en la diferencia de color (ΔE) producida en coronas Procera All-Ceram de color A3 y C3, al ser colocada sobre un muñón natural, metálico, de resina y metálico más un agente cementante.
- Comparar los valores de ΔE para cada color y grosor con los criterios de aceptabilidad clínica descritos en la literatura.
- Evaluar la posibilidad de enmascaramiento del color subyacente mediante la utilización de cemento fosfato de zinc.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Ho: Según los estudios presentados en la literatura, no existe diferencia de color al utilizar el sistema Procera All-Ceram sobre distintos sustratos, debido a su alto poder de enmascaramiento.

Ha: Debido a la translucidez del sistema Procera y a la falta de aplicación de los criterios clínicos, existen diferencias de color al utilizar el sistema Procera All-Ceram sobre distintos sustratos.

El diseño de este estudio, está destinado a minimizar los errores al azar causados por la dispersión de la luz, el efecto de la pérdida del margen y la variación en la posición del instrumento. Debido a que estos errores afectan la repetibilidad y precisión de los sistemas de medición instrumental. Los errores sistemáticos son inherentes a todos los sistemas de medición de color y no son fácilmente controlables.

1. Definiciones.

Color:

Definición Conceptual

Impresión que la luz reflejada sobre un cuerpo produce en la retina.

Definición operacional.

Medición instrumental de la longitud de onda reflejada sobre un cuerpo al ser iluminada por una fuente similar a un iluminante estándar (D65).

Se expresa en valores del Sistema CIELab: L^ , a^* y b^* (International Comision on Iluminación, 1976)*

Las variables serán los colores A3 y C3 de la porcelana Vitadur Alpha.

Grosor:

Definición Conceptual

Grueso de un cuerpo // Parte principal de un todo.

Definición Operacional:

Espesor utilizado en la fabricación de los casquetes Procera All-Ceram, determinado mediante el Diseño de la estructura a través de un programa computacional (CAD) y fabricado por maquinaria asistida computacionalmente (CAM)

Las variables serán: 0.6 mm y 0.8 mm.

Diferencia de color (Delta E, ΔE)

Definición conceptual:

Cualidad o accidente por el cual una cosa se distingue de otra.

Definición Operacional:

*La diferencia de color está representada por el Delta E (ΔE), el cual corresponde al resultado de la diferencia entre los parámetros del color y se obtiene a través de la fórmula dependiente del sistema de evaluación utilizado.**En este caso se trabajará con el sistema CIELab, cuyos parámetros corresponden a los valores en las coordenadas L, que representan la luminosidad del objeto, en un rango de 0 (negro) a 100 (blanco). Los valores en a^* , representan los extremos rojo o verde identificados con valores positivos o negativos respectivamente y los valores de la coordenada b^* , representa los colores amarillo o azul.**La fórmula a utilizar será la siguiente:*

$$\Delta E_{(L^*, a^*, b^*)} = [(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2]^{1/2}$$

En donde 1, representa el valor inicial de cada parámetro y 2 representa al valor final. **ΔE entre 0.4 y 1.1= Perceptible clínicamente** **ΔE mayor a 1.1= Inaceptable clínicamente. Límite de Aceptabilidad Clínica (LAC)****2 Metodología Estadística:**

Para el análisis de los diferentes muñones, se utilizarán las diferencia de colores, Delta E, entre el muñón natural y los muñones metálicos, de resina y metálico cementado.

3 Pruebas Estadísticas:

El análisis estadístico que se aplicará en este trabajo, se basa en la metodología de diseño y análisis de experimentos.

Se comenzará el estudio con un análisis descriptivo y exploratorio de los datos. Para ello se analizarán las medidas de tendencia central y de dispersión; además de un estudio gráfico de la variable de interés con respecto a los grosores y colores, esto se visualizará a través de un diagrama de caja.

Dada la naturaleza del problema, el modelo más adecuado será un diseño de experimentos a dos factores, donde los factores son:

Color: Se utilizarán colores A3 y C3.

Grosor: Se utilizarán casquetes con grosores de 0.6 mm y 0.8 mm.

Posteriormente se realizará un análisis confirmatorio para probar las hipótesis, llevando a cabo los análisis de varianza correspondiente.

Luego, como se presenta un problema de calibración del instrumento de medición, se determinará la cantidad de réplicas necesarias en cada uno de los tratamientos, basándose en un estudio piloto.

4 Análisis Estadístico:

Se considerarán los ΔE_{1j} ($j=2, 3, 4$) como tres tratamientos distintos y para probar si existen diferencias significativas entre los Delta E observados de los dos grosores de casquetes, se realizará una prueba de igualdad de medias para tres tratamientos, es decir, la media de los ΔE .

5 Tamaño de Muestra:

Para determinar el tamaño de muestra se realizó una muestra piloto con 24 réplicas en cada tratamiento.

Utilizando las curvas características de operación se calculan los parámetros de interés para la determinación del tamaño de muestra se considera la probabilidad de aceptar la hipótesis nula cuando ésta es falsa, en este caso se observa el valor de β , para el análisis de varianza del modelo de efectos fijos a un criterio de clasificación (ANOVA ONE-WAY) se determinó que se deben tomar 30 observaciones para alcanzar un nivel de significación del 1%.

Determinación del valor Φ^2 :

$$\Phi^2 = \frac{n b D_2}{2 a \sigma^2}$$

6. Preparación de la Muestra:

Se talló una preparación en un diente natural (Fig. 11), correspondiente a un incisivo central superior derecho, el cual se mantuvo en suero fisiológico desde el momento de la exodoncia. La preparación fue realizada siguiendo las indicaciones para la confección de Porcelanas Procera All-Ceram. (Fig. 12-13)



Fig. 11 Diente 1.1, sano previo a ser preparado



Fig. 12 Tallado Preparación dentaria



Fig. 13: Preparación terminada. Terminación cervical en chaflán y preparación de zona radicular bajo la terminación para ser escaneado.

El diente fue montado en una base de acrílico Marche® rosado para permitir una mejor manipulación. Se realizaron 4 copias de esta preparación en metal (Cromo Níquel), mediante la impresión simultánea de la preparación con silicona pesada y liviana Speedex® (Coltene Whaladent) (Fig..... Anexo Imágenes), utilizando un tubo de 1cm de diámetro como cubetilla (Fig. 14). Posteriormente fue realizado el vaciado con Patern Resin® (Fig. 15) y luego de su polimerización se realizó el colado de los muñones. (Fig. 16)

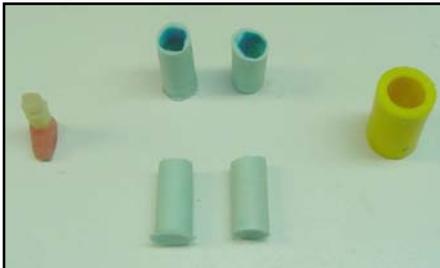


Fig. 14: Impresiones de la preparación, previo al vaciado con Patern Resin

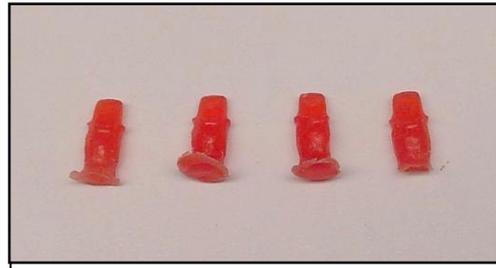


Fig. 15: Patrones de Patern Resin previo al colado.



Fig. 16: Muñón metálico, cromo níquel. Réplica muñón natural.

Otra copia de esta preparación fue realizada, mediante la impresión simultánea de la preparación con silicona pesada y liviana por adición President® (Coltene, Whaladent), para la cual se utilizó un tubo de 1 cm de diámetro como cubetilla. (Fig. 17)

Posteriormente se preparó el centro del muñón de resina, mediante el recubrimiento de un poste de fibra de vidrio (Fibio Core) con composite color A3 (TPH®, Dentsply) en la porción radicular y A1 en la porción coronaria. Esto se realizó para simular la reconstrucción dentaria mediante un poste preformado y se seleccionó el color A1, debido a que ese es el color aproximado de los casquetes de óxido de aluminio (Zhang y cols, 2000). (Fig. 18) Una vez obtenida la impronta, se inyectó resina flow, color A1 (Tetric Flow®, Ivoclar- Vivadent) por la porción incisal de la impresión. Se fotopolimerizó por 60 segundos (), y se repitió el procedimiento. Para asegurar la completa polimerización del muñón, se eliminó un tercio de la porción palatina de la impresión y se completó la fotopolimerización por 60 segundos adicionales.

El muñón fue pulido mediante el sistema Astro Brush® (Ivoclar-Vivadent) y se terminó con Prisma Gloss® (Fig. 19)



Fig. 17: Impresión
previa fabricación
muñón de resina.



Fig. 18: Poste fibra de vidrio,
recubierto con composite A3
y A1. Muñón Natural

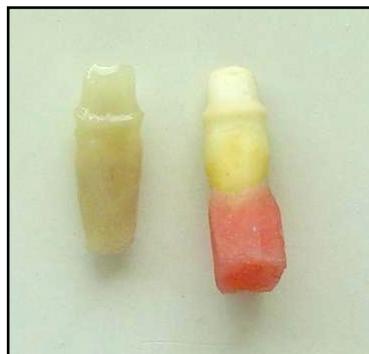


Fig. 19: Muñón de resina.
Muñón Natural

7 Confección de los casquetes.

Fueron confeccionados cuatro casquetes Procera All-Ceram, obtenidos de la preparación realizada en el muñón natural. Dos de 0.6mm y dos de 0.8mm de grosor, fueron terminados con 1.4 y 1.2 mm de grosor respectivamente, obteniendo un grosor final de 2mm. En los tonos A3 y C3 para cada par de grosores.



Fig. 20:
Digitalización
Muñón natural

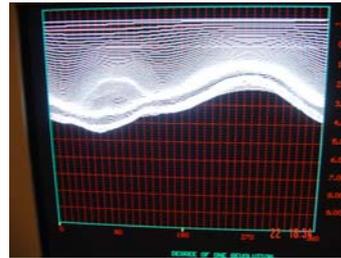


Fig. 21: Superficie del
muñón. Programa
CAD.

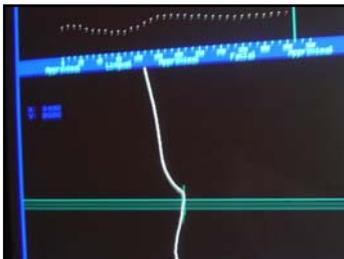


Fig. 22: Definición del
margen de la
preparación.

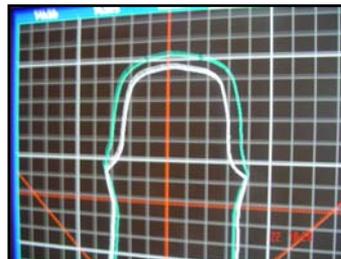


Fig. 23: Diseño del
Casquete 0.6 mm

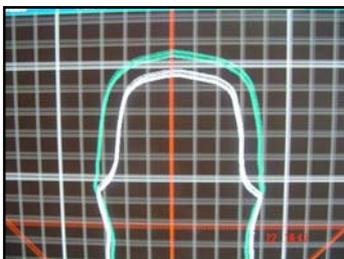


Fig. 24: Diseño del
Casquete 0.8 mm



Fig. 25: Corona
terminada

8 Preparación de la matriz

Se confeccionó una matriz de silicona pesada (Fig. 26) (Speedex®, Colthene-Whaladent), pero con otro catalizador universal (Lastic®, Pastenhärter N), obteniendo un color final rosado pálido. Se obtuvo la impronta de la corona posicionada sobre el muñón, y sobre ella quedó el registro de la cara inferior del posicionador vertical del espectrofotocolorímetro (Spectro-Pen®, Dr. Lange). (Fig. 27) Esta matriz permite obtener una ubicación más estandarizada para la posición espacial del instrumento, además entrega un sellado de las zonas libres del visor, evitando por una parte el escape de la luz emitida, y por otra, otorga un error repetido entre mediciones.



Fig. 26: Matriz de silicona pesada.



Fig. 27: Spectro-Pen®, Dr. Lange

9 Mediciones:

Se realizó una prueba piloto de 24 mediciones para determinar el número de réplicas a utilizar en el estudio. El número de réplicas calculadas fue de 30 mediciones.

Se realizaron 30 mediciones de cada corona colocada sobre el muñón natural. Los datos obtenidos en valores CIELab. Se repitió el procedimiento sobre el muñón metálico y sobre el de resina. Finalmente se cementaron las coronas sobre los muñones metálicos utilizando cemento de Fosfato de zinc (Granitec®, Confi-Dental Products Co) y se realizó la medición nuevamente.

Los datos obtenidos están registrados en la tabla I

Se realizó el cálculo del Delta E para las diferencias de los valores CIELab, entre el muñón natural y sus réplicas, en relación con las parejas de grosores 0.6 y 0.8mm para cada tono. (Tabla II)

Las mediciones fueron realizadas mediante un espectrofotocolorímetro de reflectancia con un visor de 10 mm de diámetro (Spectro-pen®- Dr Lange), este instrumento realiza mediciones en un tiempo de 0.2 segundos, utiliza un iluminante estándar D65/10°, transmitido por 45 emisores por fibra óptica y su repetibilidad sobre blanco es de $\Delta E < 0.1$. geometría de medición 45°/0°. El rango espectral es de 400 nm a 700 nm, Intervalo de longitud de onda 10nm. Utiliza distintas escalas de color como: XYZ, xyY, L*a*b*, L*C*H*, Blancura y Amarillez, RxRyRz.

$$\Delta E_{(L^*, a^*, b^*)} = [(L^*_a - L^*_b)^2 + (a^*_a - a^*_b)^2 + (b^*_a - b^*_b)^2]^{1/2}$$

V RESULTADOS

| TABLA I Valores de Delta E, para coronas Procera Color C3, sobre muñones Natural, metálico, resina y metálico cementado. | | | | | | |
|--|---------------|------------|------------|---------------|------------|------------|
| Nº de mediciones | GROSOR 0.6 mm | | | GROSOR 0.8 mm | | |
| | N-M | N-R | N-MC | N-M | N-R | N-MC |
| 1. | 0,78102497 | 0,48989795 | 0,24494897 | 0,41231056 | 0,57445626 | 0,37416574 |
| 2. | 0,78102497 | 0,3 | 0,24494897 | 0,37416574 | 0,41231056 | 0,33166248 |
| 3. | 0,73484692 | 0,37416574 | 0,31622777 | 0,37416574 | 0,41231056 | 0,24494897 |
| 4. | 0,76811457 | 0,37416574 | 0,2236068 | 0,37416574 | 0,4472136 | 0,2236068 |
| 5. | 0,87749644 | 0,36055513 | 0,3 | 0,41231056 | 0,57445626 | 0,4472136 |
| 6. | 0,9486833 | 0,36055513 | 0,3 | 0,7 | 0,63245553 | 0,50990195 |
| 7. | 0,81853528 | 0,37416574 | 0,24494897 | 0,7 | 0,64031242 | 0,6164414 |
| 8. | 0,73484692 | 0,3 | 0,2236068 | 0,80622577 | 0,64031242 | 0,53851648 |
| 9. | 0,7 | 0,37416574 | 0,24494897 | 0,57445626 | 0,60827625 | 0,46904158 |
| 10. | 0,65574385 | 0,42426407 | 0,31622777 | 0,54772256 | 0,6164414 | 0,37416574 |
| 11. | 0,6164414 | 0,37416574 | 0,31622777 | 0,43588989 | 0,45825757 | 0,14142136 |
| 12. | 0,90553851 | 0,4472136 | 0,37416574 | 0,72801099 | 0,4472136 | 0,17320508 |
| 13. | 0,9486833 | 0,43588989 | 0,24494897 | 0,72801099 | 0,33166248 | 0,3 |
| 14. | 0,87749644 | 0,43588989 | 0,24494897 | 0,43588989 | 0,41231056 | 0,37416574 |
| 15. | 0,6164414 | 0,43588989 | 0,31622777 | 0,43588989 | 0,42426407 | 0,37416574 |
| 16. | 0,90553851 | 0,4472136 | 0,37416574 | 0,43588989 | 0,45825757 | 0,14142136 |
| 17. | 0,9486833 | 0,43588989 | 0,24494897 | 0,72801099 | 0,4472136 | 0,17320508 |
| 18. | 0,87749644 | 0,43588989 | 0,24494897 | 0,72801099 | 0,33166248 | 0,3 |
| 19. | 0,78102497 | 0,37416574 | 0,24494897 | 0,43588989 | 0,41231056 | 0,37416574 |
| 20. | 0,78102497 | 0,37416574 | 0,24494897 | 0,43588989 | 0,42426407 | 0,37416574 |
| 21. | 0,78102497 | 0,48989795 | 0,24494897 | 0,41231056 | 0,57445626 | 0,37416574 |
| 22. | 0,78102497 | 0,3 | 0,24494897 | 0,37416574 | 0,41231056 | 0,33166248 |
| 23. | 0,73484692 | 0,37416574 | 0,33166248 | 0,37416574 | 0,41231056 | 0,24494897 |
| 24. | 0,76811457 | 0,33166248 | 0,2236068 | 0,37416574 | 0,4472136 | 0,2236068 |
| 25. | 0,87749644 | 0,36055513 | 0,3 | 0,41231056 | 0,57445626 | 0,4472136 |
| 26. | 0,9486833 | 0,36055513 | 0,3 | 0,7 | 0,63245553 | 0,50990195 |
| 27. | 0,81853528 | 0,37416574 | 0,2236068 | 0,7 | 0,64031242 | 0,6164414 |
| 28. | 0,73484692 | 0,3 | 0,2 | 0,80622577 | 0,64031242 | 0,53851648 |
| 29. | 0,7 | 0,37416574 | 0,24494897 | 0,57445626 | 0,60827625 | 0,46904158 |
| 30. | 0,65574385 | 0,42426407 | 0,31622777 | 0,54772256 | 0,6164414 | 0,37416574 |

N: Muñón natural (Control)
M: Muñón metálico.
R: Muñón de resina.
MC: Muñón metálico + cemento.

Comentario: Los resultados obtenidos muestran una mayor variabilidad en los valores obtenidos en las mediciones realizadas en el grosor 0.6mm. Junto con esto, se observa una disminución de las diferencias en las mediciones sobre el muñón metálico cementado.

TABLA II: Valores de Delta E, para coronas Procera Color A3, sobre muñones Natural, metálico, resina y metálico cementado.

| Nº de mediciones | GROSOR 0.6 mm | | | GROSOR 0.8 mm | | |
|------------------|---------------|-----------|-----------|---------------|------------|------------|
| | N-M | N-R | N-MC | N-M | N-R | N-MC |
| 1 | 1,5811388 | 0,3316625 | 1,0246951 | 1,2083046 | 0,41231056 | 0,45825757 |
| 2 | 1,5427249 | 0,244949 | 0,9110434 | 1,07238053 | 0,33166248 | 0,24494897 |
| 3 | 1,6093477 | 0,3 | 0,8306624 | 1,12249722 | 0,3 | 0,3 |
| 4 | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,28840987 | 0,33166248 | 0,34641016 |
| 5 | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,3114877 | 0,37416574 | 0,41231056 |
| 6 | 1,7578396 | 0,3162278 | 1,1357817 | 1,36014705 | 0,50990195 | 0,43588989 |
| 7 | 1,6552945 | 0,244949 | 1,0198039 | 1,34907376 | 0,58309519 | 0,51961524 |
| 8 | 1,5652476 | 0,2236068 | 1,0440307 | 1,22474487 | 0,50990195 | 0,5 |
| 9 | 1,5652476 | 0,2236068 | 0,9273618 | 0,98994949 | 0,37416574 | 0,33166248 |
| 10 | 1,5811388 | 0,3464102 | 0,9273618 | 1,04880885 | 0,37416574 | 0,46904158 |
| 11 | 1,5165751 | 0,3316625 | 0,9273618 | 1,02469508 | 0,41231056 | 0,43588989 |
| 12 | 1,4899664 | 0,3605551 | 0,969536 | 1,1045361 | 0,34641016 | 0,33166248 |
| 13 | 1,4899664 | 0,3605551 | 1,0630146 | 1,07238053 | 0,41231056 | 0,2236068 |
| 14 | 1,603122 | 0,5196152 | 0,9055385 | 1,18743421 | 0,48989795 | 0,28284271 |
| 15 | 1,5394804 | 0,4123106 | 0,9055385 | 1,18743421 | 0,48989795 | 0,28284271 |
| 16 | 1,7029386 | 0,2828427 | 1,1090537 | 1,02469508 | 0,41231056 | 0,43588989 |
| 17 | 1,5811388 | 0,3316625 | 1,0246951 | 1,1045361 | 0,34641016 | 0,33166248 |
| 18 | 1,5427249 | 0,244949 | 0,9110434 | 1,07238053 | 0,41231056 | 0,2236068 |
| 19 | 1,6093477 | 0,3 | 0,8306624 | 1,18743421 | 0,48989795 | 0,28284271 |
| 20 | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,18743421 | 0,48989795 | 0,28284271 |
| 21 | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,1045361 | 0,3 | 0,3 |
| 22 | 1,7578396 | 0,3162278 | 1,1357817 | 1,07238053 | 0,33166248 | 0,24494897 |
| 23 | 1,6552945 | 0,244949 | 1,0198039 | 1,12249722 | 0,3 | 0,3 |
| 24 | 1,5652476 | 0,2236068 | 1,0440307 | 1,28840987 | 0,33166248 | 0,34641016 |
| 25 | 1,5652476 | 0,2236068 | 0,9273618 | 1,3114877 | 0,37416574 | 0,41231056 |
| 26 | 1,5165751 | 0,3316625 | 0,9273618 | 1,36014705 | 0,50990195 | 0,43588989 |
| 27 | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,34907376 | 0,58309519 | 0,51961524 |
| 28 | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,22474487 | 0,50990195 | 0,5 |
| 29 | 1,7578396 | 0,3162278 | 1,1357817 | 0,98994949 | 0,37416574 | 0,33166248 |
| 30 | 1,5811388 | 0,3464102 | 0,9273618 | 1,04880885 | 0,37416574 | 0,46904158 |

N: Muñón Natural (Control)**M: Muñón Metálico.****R: Muñón de Resina.****MC: Muñón Metálico + cemento**

Comentario; Los resultados obtenidos muestran una gran variabilidad en los valores obtenidos en las mediciones realizadas en ambos grosores. Junto con esto, se observa una disminución de las diferencias en las mediciones sobre el muñón metálico cementado.

TABLA III: Delta E (ΔE) obtenidos para cada color y grosor de la corona sobre cada sustrato.

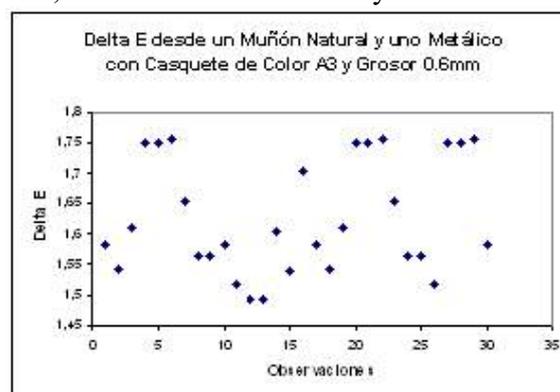
| Tipo de Muñón | | | NAT-METALICO | NATURAL RESINA | NAT-METALCEM |
|---------------|------------|-----------------|-------------------|----------------|--------------|
| Color | | | Delta E | Delta E | Delta E |
| A3 | 0.6 | Rango | <i>Sobre 1.1*</i> | 0.2 - 0.5** | 0.8- 1.2* |
| A3 | 0.6 | Promedio | 1.6276045 | 0.31227 | 0.97484 |
| A3 | 0.6 | Desvest | 0.09416 | 0.06285 | 0.08323 |
| A3 | 0.8 | Rango | <i>Sobre 1.1*</i> | 0.3 - 0.6** | 0.2- 0.5 |
| A3 | 0.8 | Promedio | 1.16669 | 0.4130 | 0.36639 |
| A3 | 0.8 | Desvest | 0.11815 | 0.0834 | 0.09336 |
| C3 | 0.6 | Rango | <i>0.6- 0.9**</i> | 0.3- 0.5** | 0.2 -0.4 |
| C3 | 0.6 | Promedio | <i>0.7953**</i> | 0.38726 | 0.27133 |
| C3 | 0.6 | Desvest | 0.09912 | 0.05283 | 0.04601 |
| C3 | 0.8 | Rango | <i>0.3 -0.8**</i> | 0.3- 0.6** | 0.1 - 0.6** |
| C3 | 0.8 | Promedio | <i>0.5359**</i> | 0.50882 | 0.36617 |
| C3 | 0.8 | Desvest | 0.1534 | 0.10392 | 0.13358 |

* valores sobre el límite de aceptabilidad ($\Delta E > 1.1$)
 ** valores sobre el límite de perceptibilidad ($\Delta E > 0.4$)

Comentario: Se observa que los valores obtenidos para las mediciones realizadas con el color A3, sobre el muñón metálico en ambos grosores, están sobre los límites de aceptabilidad (1.1 unidades de Delta E). En el caso de las realizadas sobre el muñón metálico más cemento, para el mismo color grosor de 0.6 mm, se presentan algunos valores sobre 1.1 unidades.

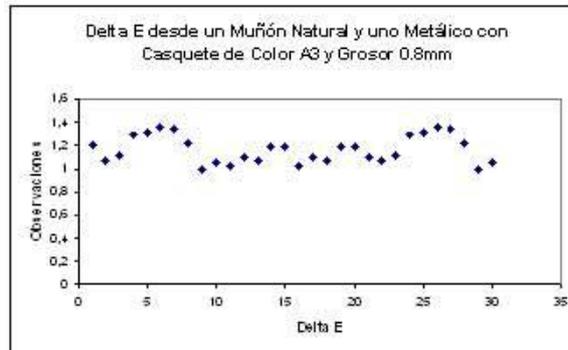
GRÁFICOS:

GRÁFICO N° 1: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color A3, grosor 0.6 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico.



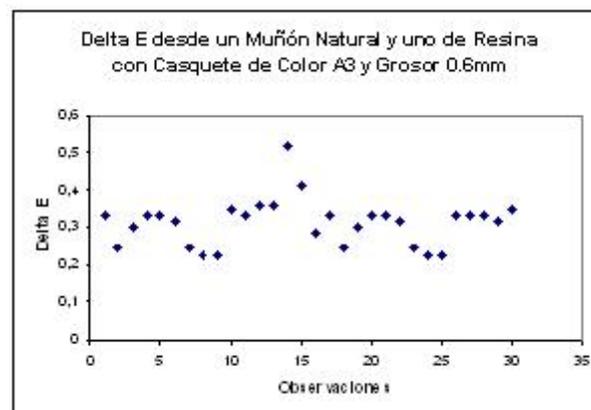
Comentario: Se observa gran variación en los valores obtenidos, los cuales están sobre los límites de aceptabilidad, correspondiendo un valor de Delta de 1.4, al menor registro obtenido.

GRÁFICO N° 2: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color A3, grosor 0.8 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico



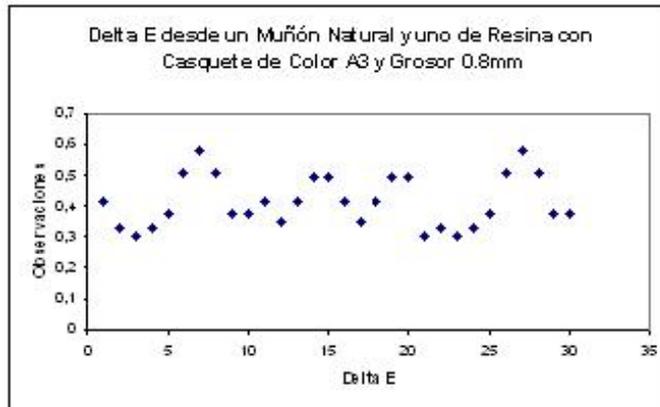
Comentario: Se observa poca variación en los valores obtenidos, sin embargo la media (1.16 Delta E) se encuentra sobre los límites de aceptabilidad. (Delta E= 1.1)

GRÁFICO N° 3: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color A3, grosor 0.6 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón de resina.



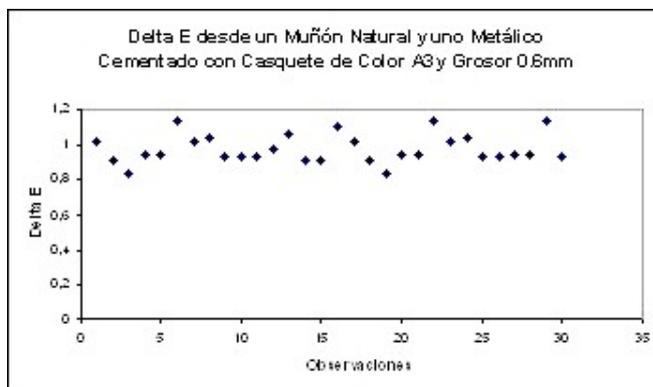
Comentario: Se observa una pequeña variación en los valores obtenidos, los cuales están levemente bajo el rango de perceptibilidad (Delta E= 0.4 unidades).

GRÁFICO N° 4: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color A3, grosor 0.8 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón de resina.



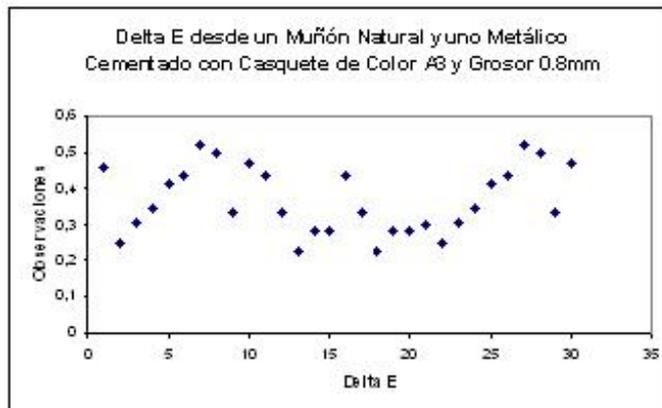
Comentario: Se observa una pequeña variación en los valores obtenidos, los cuales están sobre el rango del límite de perceptibilidad (Delta E= 0.4 unidades).

GRÁFICO N° 5: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color A3, grosor 0.6 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico cementado.



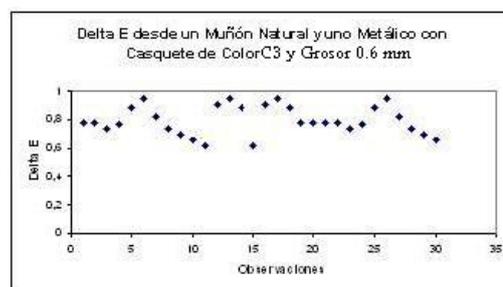
Comentario: Se observa gran variación en los valores obtenidos (0.4 unidades de Delta E aproximadamente), encontrándose sobre el promedio de repetibilidad del instrumento, además los cuales bordean los límites de aceptabilidad. Con una media de 0.97 unidades de Delta E, y un valor máximo de ΔE de 1.2.

GRÁFICO N° 6: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color A3, grosor 0.8 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico cementado



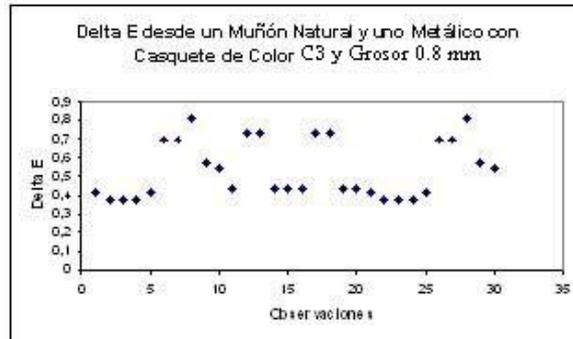
Comentario: Se observa la variación en los valores obtenidos, los cuales están sobre los límites perceptibilidad y bajo los de aceptabilidad de aceptabilidad. (Delta E= 1.1)

GRÁFICO N° 7: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color C3, grosor 0.6 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico cementado.



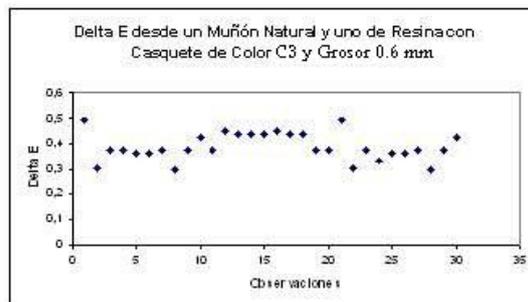
Comentario: Se observa una variación en los valores obtenidos, (Delta E promedio 0.79) los cuales están sobre los límites perceptibilidad (Delta E=0.4) y bajo los de aceptabilidad de aceptabilidad. (Delta E= 1.1)

GRÁFICO N° 8: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color C3, grosor 0.8 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico.



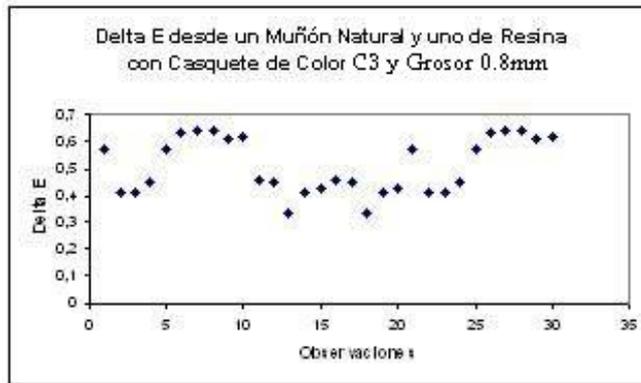
Comentario: Se observa una gran variación en los valores obtenidos, (Delta E promedio 0.53) los cuales están sobre los límites perceptibilidad y bajo los de aceptabilidad de aceptabilidad.

GRÁFICO N° 9: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color C3, grosor 0.6 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón de resina.



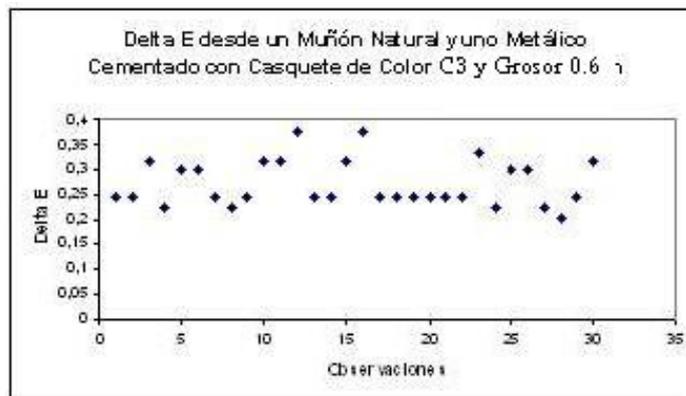
Comentario: Se observa una pequeña variación en los valores obtenidos, los cuales están bajo los límites perceptibilidad (Delta E promedio 0.38). Con un valor que está sobre este límite.

GRÁFICO N° 10: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color C3, grosor 0.8 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón de resina.



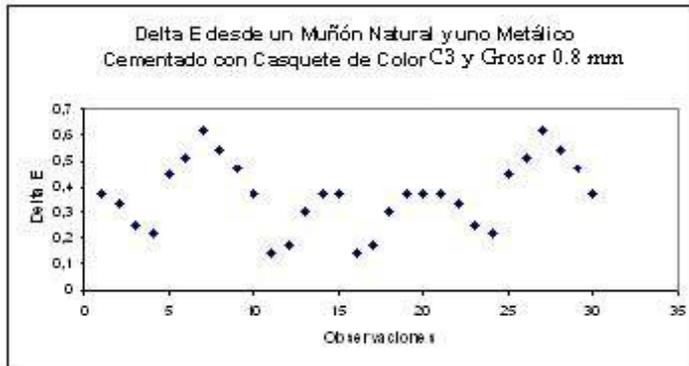
Comentario: Se observa una pequeña variación en los valores obtenidos, los cuales están en el borde de los límites perceptibilidad (Delta E= 0.4)

GRÁFICO N° 11: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color C3, grosor 0.6 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico cementado.



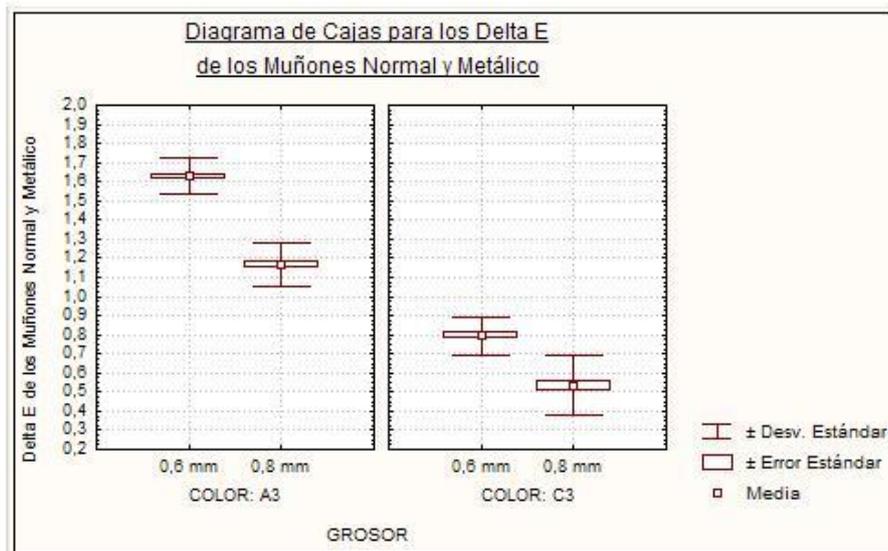
Comentario: Se observa una pequeña variación en los valores obtenidos, los cuales están bajo los límites perceptibilidad (Delta E= 0.4)

GRÁFICO N° 12: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color C3, grosor 0.8 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico cementado.



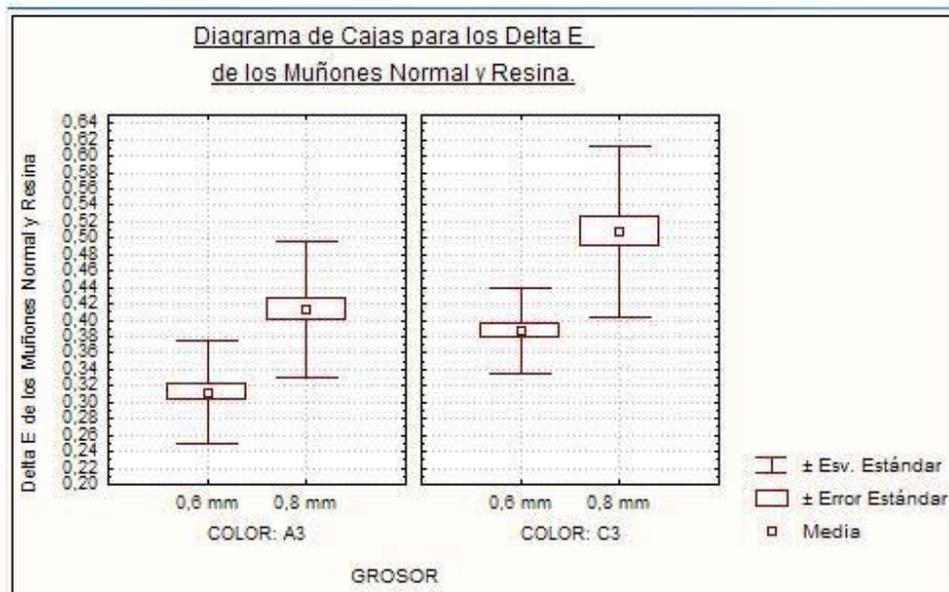
Comentario: Se observa una variación en los valores obtenidos, los cuales están sobre los límites perceptibilidad (Delta E promedio 0.50)

GRÁFICO N° 13: Diagrama de cajas y bigotes para los Delta E entre los muñones naturales y metálicos.



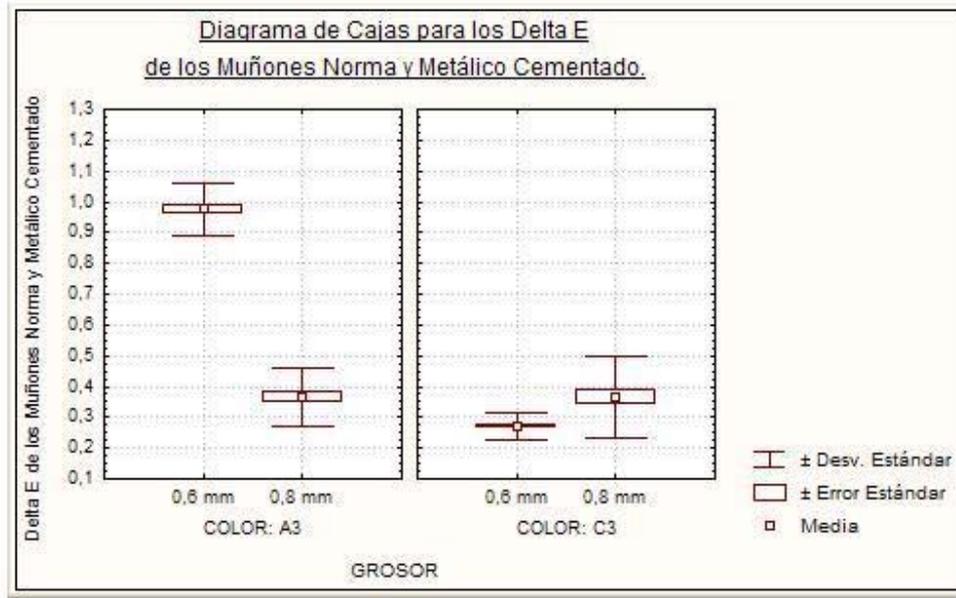
Comentario: Se observa una visión general de lo ocurrido con la variación del grosor en la medición. Claramente existe una mayor variación con el grosor de 0.6 mm. En relación con el color, la mayor variación, ocurre con A3, encontrándose sobre los límites de aceptabilidad en ambos grosores.

GRÁFICO N° 14: Diagrama de cajas y bigotes para los Delta E entre los muñones naturales y de resina.



Comentario: Se observa una relación inversa entre el grosor y la magnitud de la variación del Delta E, asimismo ocurre con el color, en donde el que sufre mayor variación es el C3. sin embargo el valor del Delta E para todas las mediciones, es mucho menor que los obtenidos con el muñón metálico, encontrándose bajo el límite de aceptabilidad.

GRÁFICO N° 15: Diagrama de cajas y bigotes para los Delta E entre los muñones naturales y metálicos cementados.



Comentario: En el gráfico para el color A3, se observa que se mantiene la diferencia ocurrida entre el muñón natural y metálico, con el grosor 0.6 se produjeron algunas mediciones sobre el LAC. Sin embargo, no se mantuvo el mismo comportamiento con el color C3, ya que se invirtió la diferencia de color, siendo ahora mayor en el grosor 0.8

TABLA IV: Deltas de cada parámetro de color.

| Color | Grosor | | Natural metálico | | | Natural Resina | | | Natural Metálico Cem | | |
|-----------------|--------|-------|------------------|------------|------------|----------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|
| | | | ΔL | Δa | Δb | ΔL | Δa | Δb | ΔL | Δa | Δb |
| A3 | 0.6 mm | Prom. | 1,55 | 0,41 | 0,22 | 0,11 | 0,25 | 0,12 | 0,94 | 0,15 | 0,16 |
| | | Desv | 0,11 | 0,06 | 0,09 | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,08 |
| A3 | 0.8 mm | Prom. | 0,95 | 0,41 | 0,52 | 0,23 | 0,21 | 0,23 | 0,21 | 0,24 | 0,13 |
| | | Desv | 0,95 | 0,41 | 0,52 | 0,23 | 0,21 | 0,23 | 0,21 | 0,24 | 0,13 |
| C3 | 0.6 mm | Prom. | 0,61 | 0,31 | 0,39 | 0,15 | 0,14 | 0,31 | 0,13 | 0,07 | 0,21 |
| | | Desv | 0,08 | 0,06 | 0,09 | 0,10 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,08 |
| C3 | 0.8 mm | Prom. | 0,43 | 0,18 | 0,24 | 0,12 | 0,10 | 0,47 | 0,19 | 0,13 | 0,27 |
| | | Desv | 0,14 | 0,11 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,14 | 0,06 | 0,09 |
| Promedio | | | 3,54 | 1,31666667 | 1,36666667 | 0,61 | 0,70333333 | 1,13333333 | 1,47 | 0,59 | 0,76 |

Comentario: Se observa la magnitud de las variaciones en los parámetros del color, Lab. En orden decreciente de variación están, L*, b* y a*.

Análisis Estadístico:

a. Análisis de Varianza para los grosores de los ΔE , de los muñones natural y metálico.

Se realizó un análisis de varianza, para probar si existe una influencia del grosor del casquete en los ΔE , obtenidos desde el muñón natural y el muñón metálico, a un nivel de significación del 1%

Resultado: Valor $p= 0.00000$, por lo tanto, existe una influencia estadística altamente significativa del grosor.

b. Análisis de Varianza para los grosores de los ΔE , de los muñones natural y resina.

Se realizó un análisis de varianza, para probar si existe una influencia del grosor del casquete en los ΔE , obtenidos desde el muñón natural y el muñón resina, a un nivel de significación del 1%

Resultado: Valor $p= 0.00000$, por lo tanto, existe una influencia estadística altamente significativa del grosor.

c. Análisis de Varianza para los grosores de los ΔE , de los muñones natural y metálico cementado.

Se realizó un análisis de varianza, para probar si existe una influencia del grosor del casquete en los ΔE , obtenidos desde el muñón natural y el muñón metálico cementado, a un nivel de significación del 1%

Resultado: Valor $p= 0.00000$, por lo tanto, existe una influencia estadística altamente significativa del grosor.

d. Intervalos de confianza:

Para ver si los ΔE , obtenidos desde los casquetes de grosor 0.6 mm son mayores a 1.1 y en los casquetes de grosor 0.8 mm menor o igual que 1.1, se realizaron intervalos con 99% de confianza, obteniéndose lo siguiente.

| Tratamiento | Intervalos de 99% de Confianza para las medias por grupos | | | | | |
|------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| | N_M | | N_R | | N_MC | |
| | L. Inf | Lsup | L. Inf | Lsup | L. Inf | Lsup |
| Color A3-Grosor 0,6mm | 1,3681 | 1,8871 | 0,1391 | 0,4855 | 0,7455 | 1,2042 |
| Color A3-Grosor 0,8mm | 0,8411 | 1,4923 | 0,1832 | 0,6429 | 0,1091 | 0,6237 |
| Color D3-Grosor 0,6mm | 0,5221 | 1,0685 | 0,2417 | 0,5329 | 0,1445 | 0,3981 |
| Color D3- Grosor 0,8mm | 0,1131 | 0,9588 | 0,2224 | 0,7952 | 0,0000 | 0,7343 |

VI DISCUSIÓN:

La importancia de la apariencia dental ha sido bien documentada (Carlsson y cols, 1998), por esta razón, se han realizado una serie de estudios y esfuerzos destinados a entregar resultados óptimos en las propiedades biomecánicas y estéticas. La comparación del color y la selección del matiz es un aspecto esencial de la odontología restauradora estética y ha sido acentuado por el reciente énfasis social, asociado a la odontología. Aunque ha habido desarrollos en materiales dentales restauradores y en la instrumentación aplicada, durante los años la selección de color intraoral no ha cambiado significativamente, desde los estudios dentales iniciales de Clark. La selección intraoral del color todavía es dependiente de la discriminación visual de cada clínico y de sus habilidades de comparación. Por esta razón, un conocimiento objetivo de la capacidad personal de la visión del color, es esencial para perfeccionar la estética de los pacientes. Aprender a comparar colores, caracterizar restauraciones, y alterar matices, depende de la habilidad de uno de percibir y discriminar diferencias de colores. (Barret y cols, 2002)

El hecho que es posible mejorar la percepción del color enfatiza la necesidad de la instrucción del color en odontología. Además es de suma importancia tener conocimiento de los factores de llevan a la equivocación en la selección de color, lo cual podría permitir tomar las medidas necesarias para evitarlos.

Dentro de los tratamientos actuales que generan mejores resultados estéticos, se encuentra el sistema Procera All-Ceram, el cual es ampliamente conocido al nivel de los profesionales y difundido a nivel mundial. Los estudios relacionados con este sistema han demostrado contar con un resultado predecible a largo plazo. (Odén y cols, 1998) Sin embargo, debido a la translucidez de este sistema, es necesario evaluar los posibles cambios que se pueden producir en el resultado estético final cuando es utilizado este tipo de restauraciones en substratos de distinto color, además, estos estudios deben ser realizados homologando las situaciones clínicas para que sean comprables en relación con los grosores y cambios que ocurren en boca.

En los estudios realizados, ha sido demostrada la exactitud de la fabricación de los casquetes Procera, por lo tanto, el tamaño de la muestra fue considerado como elementos resultantes del diseño y elaboración mecánica estandarizada y comúnmente aceptada. (Persson y cols, 1995; Andersson y cols, 1996) La terminación de la porción estética fue realizada por una operadora con amplia experiencia en la fabricación de coronas Procera. Además, las evaluaciones realizadas en los estudios anteriores, han sido desarrolladas con un mínimo de componentes de la muestra. Debido a que la evaluación de la variación del color en superficies convexas es muy difícil de repetir, fueron medidas las mismas coronas, mediante el empleo de una matriz de posicionamiento, obteniendo una repetibilidad de 0.27 unidades de Delta E. Valores que se encuentran muy por debajo de los resultados reportados en los estudios. (0.37 a 22 unidades de Delta E.)

Fueron seleccionados los colores A3 y C3, debido a la diferencia en los parámetros de color que conforman estos colores. Ha sido descrito que las variaciones en los resultados de evaluaciones de color, tanto visual como instrumental, cambian dependiendo de la desviación en el espacio de color de cada tono. Como bien es sabido, el color A3 está compuesto por cierta cantidad de rojo, en cambio el color C3, está compuesto por grises. De esta manera los resultados obtenidos, podrían reflejar distintas variaciones al ser medidos instrumentalmente. La explicación acerca de las discrepancias en la sensibilidad para captar diferencias de color entre distintos tipo de tonos en las guías de color, esta basada en un efecto denominado la ondulación del espacio de color. (Douglas y Brewer, 1998) Por lo general, los dientes están conformados con una gran cantidad de amarillez, lo que no ocurre con el color rojo. Por lo tanto, al existir leves diferencias en el parámetro de rojo, estos serán notados con mayor facilidad que los cambios en amarillo, los cuales necesitarían de una mayor amplitud en unidades CIELab, para denotar un cambio. De esta manera, los resultados obtenidos, concordaron con los reportados en la literatura. Al analizar las variaciones en los Delta de cada parámetro de color, se observó el mismo orden de diferencias, siendo el parámetro L*, el que presentó la mayor variación, llegando a 0.34 unidades. Le siguen a estas variaciones el parámetro b* y por último a* (Tabla IV)

La medición instrumental del color, es una herramienta que ha sido utilizada durante muchos años en el estudio del color en odontología, sin embargo, no se han reportado resultados clínicos que hayan superado a la valoración visual. Esto ocurre por la interacción de gran cantidad de factores muy difíciles de manejar, los cuales dependen principalmente, del observador, objeto y del entorno.

El uso del sistema CIELab ha ayudado a interpretar las diferencias de color y es un método aceptado en odontología. Es posible obtener un acercamiento visual a la magnitud del cambio de color, mediante la utilización de programas que permiten visualizar el resultado de la interacción de los tres parámetros CIELab. (Anexo 6.1)

Las propiedades ópticas de los dientes, el grado de dispersión y absorción de luz por el esmalte, producen desplazamientos oblicuos, con rayos de luz emergiendo a distancias imprevisibles del lugar de incidencia. Al usar un instrumento con una abertura pequeña para la iluminación y la entrada de la luz, la cantidad de esta luz reflejada está reducida lo que causa una lectura inadecuada y por consiguiente errores de medición. Los instrumentos con una ventana pequeña de medición, pueden ser inexactos debido a los efectos de la “pérdida del margen”. (Bolt y cols, 1994; Johnston y colaboradores 1996) Por esta razón, la utilización del instrumento utilizado en este estudio favorece la medición de la muestra completa y no debería verse afectado el resultado del valor de ΔE , ya que, la porción en la que el visor excedió el tamaño de la muestra, fue cubierta siempre con el mismo color, lo cual entregaría un error de color constante. El uso de un posicionador intraoral ha reportado disminuir la variabilidad en las mediciones, en este estudio, esta matriz favoreció la disminución en los cambios en los valores del Delta E. Un estudio que utilizó una matriz de posicionamiento intraoral, tuvo un delta E de 0.34 unidades. Este valor es el resultado de errores al azar y sistemáticos encontrados en la medición de objetos con variados colores y translucidez. (Douglas, 1997).

Se denomina espectrofotocolorímetro al instrumento (Spectro-pen) dado a que es un espectrofotómetro capaz de entregar el espectro de las longitudes de onda, los cuales deben ser calculados para obtener la homologación de color conocido, ya que el color es el resultado de la incidencia de distintas longitudes de onda en la retina humana, de esta manera este instrumento realiza la transformación del espectro en valores xyz o en valores CIEL*a*b*, los cuales son utilizados para representar un color en el espacio, similar al sistema Munsell. Y por último entrega el valor de ΔE , lo cual permite interpretar la diferencia de color en magnitud y no en la dirección ni la característica de color. (Fig 27)

La reducción de la variabilidad de los datos obtenidos en la medición instrumental de color puede disminuirse promediando los registros obtenidos en distintas oportunidades. Se ha demostrado que el promediar los datos disminuye la variabilidad de los resultados de la medición de color. En este caso el número de mediciones utilizadas en este estudio fueron calculadas a través de una muestra piloto de 24 mediciones con un $\alpha=0.1$. Esta metodología de la determinación del número de réplicas necesarias para realizar el análisis, no ha sido descrita propiamente tal. Se realizan los estudios sin indicar que tipo de estudio previo se le ha realizado a la sensibilidad del instrumento. Este prueba piloto arrojó un número de 30 mediciones como necesarias para la realización del estudio.

Los estudios relacionados con el tipo de sustrato han presentado variaciones en sus resultados. En este caso el principal elemento elegido como comparación ha sido un muñón metálico de cromo níquel. Esta decisión fue hecha debido a que ha sido reportado que no existen diferencias significativas entre ésta aleación y la de plata paladio. (Crispin y cols, 1991). Por otra parte, se ha reportado una cierta disminución del brillo de ciertas porcelanas opacas con las aleaciones gran contenido de paladio. Stavridakis Y cols, 2000

Diversos estudio se han realizado evaluando las variaciones producidas en el resultado final del color de las porcelanas al utilizar distintos tipo de agentes cementantes. Debido a que dentro de las evaluaciones se han reportado los resultados de cementos de resina y vidrio ionómero, se decidió emplear cemento fosfato de zinc, por su opacidad y presentar una resistencia a la fractura clínicamente aceptable (153.5 Kg), por lo tanto puede ser una alternativa para realizar la cementación de este tipo de restauraciones. (Dwan y cols, 1996). En este mismo ámbito, también se han comparado los resultados obtenidos manejando distintos grosores de casquetes, sin embargo, los valores están por encima de los criterios de aceptabilidad clínica para el delta E, y por otra parte, utilizan los casquetes sin recubrimiento para realizar las mediciones, mientras que ha sido demostrado que la aplicación de la segunda capa de porcelana, produce variaciones que pueden diferir del color de la restauración y del color del diente del cual se realizó la selección. (Zhang y cols, 2000)

Los criterios de aceptabilidad han sido empleados en forma parcial, por lo general sólo se reportan los valores de los parámetros CIELab y en menor frecuencia el resultado del Delta E. Los criterios de aceptabilidad clínica del Delta E son resultado de comparaciones entre la selección de color visual e instrumental, los valores descritos varían entre 1.1 a 6.8 unidades de Delta E, sin embargo, no todos han sido obtenidos mediante estudios que controlen todos los factores productores de variabilidad. Por esta razón en este estudio se adoptó un valor de 1.1 unidades de Delta E como el umbral de aceptabilidad. Cabe señalar que este límite ha sido descrito para coronas que difieren en rojez, y un límite de 2.1 para coronas difieren en amarillez. (Wee y cols, 2002)

El uso de instrumentos en la medición del color, no ha reportado grandes soluciones clínicas, sin embargo es un método aceptado en la comparación de sus parámetros. Esta utilidad es la que se ha aprovechado en este estudio. Previo a la realización de este trabajo, se realizó un estudio descriptivo de la repetibilidad de medición del instrumento y del tipo de matriz que se debía utilizar. Esta evaluación se realizó mediante la comparación VitaVita y los resultados en valores de Delta E presentaron un valor tope de 0.4 unidades de Delta E. A pesar de ser esta la única experiencia previa con este tipo de instrumentos, se ha reportado que observadores inexpertos pueden ser entrenados sin problemas para realizar mediciones colorimétricas de una manera similar que los examinadores con experiencia. (Douglas, 1997)

Dentro de las limitaciones de este estudio, los resultados obtenidos en relación con la diferencia de color, indican que este tipo de restauraciones presentan un comportamiento óptico final dependiente del Grosor y del color del recubrimiento cerámico. ($p=0.00000$). La alternativa de tratamiento sólo otorga buenos resultados en el color C3 y en el caso del color A3, sólo para el grosor de 0.8 mm. Esto sugiere que la selección de un mayor grosor es una buena alternativa en casos en los cuales el substrato presente una diferencia de color que pueda variar el resultado final, sin embargo en el caso del color A3 no fue suficiente. A pesar de la significancia estadística, la evaluación de la dirección de los cambios de los delta E en cada color y grosor, provoca la duda del por que ocurre un cambio inverso en el muñón de resina y en el color C3, en donde el Delta E aumenta a mayor grosor, aunque estas variaciones son muy pequeñas. Puede que la explicación se encuentre en la diferencia ocurrida en el trayecto de los haces de luz a través del muñón natural, los cuales viajan por la raíz, lo cual es fácilmente visto en el momento de la evaluación, esto no ocurre de la misma manera con el muñón de resina, a pesar de tener también la capacidad de hacerlo. Estos cambios de pérdidas de los haces y de diferente dificultad de estos para regresar a la ventana de medición, podría atribuirse a un aumento en el grosor. Es necesario realizar una evaluación específica de los criterios de aceptabilidad, debido a que los resultados obtenidos se encuentran muy cerca del límite seleccionado para este estudio, pero por debajo del límite utilizado en diversas ocasiones (Delta E = 2)

Hoy en día, aún existen limitaciones en los resultados obtenidos mediante la medición instrumental, ya que, ningún instrumento ha sido capaz de satisfacer o sortear los desafíos impuestos por la complejidad estructural de los dientes naturales. Si bien es cierto que los instrumentos electrónicos han logrado grandes avances, no poseen la capacidad de discriminación que logra el ser humano al integrar la información percibida con la distribución de los matices observados dentro de la superficie a evaluar. Esto queda de manifiesto al comparar dos muestras que contengan los mismos colores, pero con una distribución diferente, en donde el instrumento arrojará como resultado, el promedio de longitudes de onda recibidos, obteniendo valores CIELab idénticos, lo cual no ocurriría con el ojo humano. Por lo tanto su uso en la clínica odontológica aún es lejano de ser aceptado universalmente y más aún de estar al alcance de todos los profesionales. Por esta razón deben seguir realizándose investigaciones que ayuden al entendimiento en su funcionamiento y al desarrollo de un dispositivo confiable

VII CONCLUSIONES:

- El estudio de las propiedades del sistema Procera All-Ceram, ha demostrado que este tipo de restauraciones cumplen con una serie de requisitos que permiten su utilización en cualquier sector de la arcada dentaria, con óptimos resultados, predecibles a largo plazo.
- La utilización de la medición instrumental en el estudio del color en odontología ha sido una herramienta muy importante en el desarrollo de la investigación in vitro, y muy limitada en el estudio in vivo, esto se debe a que aún presenta una serie de problemas que no han sido solucionados por ninguno de los instrumentos reportados en la literatura y tampoco han proporcionado resultados clínicos significativamente superiores a la valoración visual del color.
- La utilización de una matriz de posicionamiento, ha sido un elemento que ha servido de gran ayuda en la disminución de la variabilidad entre las mediciones, obteniendo un promedio de repetibilidad de 0.27 unidades de Delta E.
- Los resultados obtenidos están muy por debajo de los reportados en la mayoría de los estudios descritos en la literatura, en donde los valores de repetibilidad, varían entre 0.37 a 22 unidades de Delta E, por lo tanto, la repetibilidad obtenida con el Spectro-pen, puede ser una indicación de la utilidad de este instrumento en el estudio del color de porcelanas.
- Los resultados obtenidos en la medición de coronas Procera All-Ceram de color A3 y C3 sobre distintos muñones, arrojan diferencias estadísticamente significativas en los valores del ΔE , encontrándose los valores más altos en el color A3.
- Existe influencia altamente significativa al 1%, (todos los valores $p=0,0000$) del grosor del casquete sobre los Delta E. Siendo los mayores los resultantes de la comparación entre muñón natural y metálico.
- A pesar de existir diferencias estadísticamente significativas entre los distintos muñones, considerando un criterio de aceptabilidad clínica de diferencia de color (delta E), un valor menor o igual a 1.1 unidades, sólo los resultados obtenidos para el color A3 en ambos grosores, al compararse con el muñón metálico serían catalogados como inaceptables. Por otra parte, los resultados obtenidos con el muñón de resina han demostrado tener resultados inversos a la relación entre el grosor y el delta E.
- Considerando un criterio de perceptibilidad a una diferencia de color entre 0.4 a 1.1 unidades, sólo la utilización del cemento provocaría valores en este rango, excepto en el color A3 grosor 0.8. Con lo cual, la utilización de cemento fosfato de zinc, sería una buena alternativa al momento de encontrarse con estos casos.

- Dentro de las limitaciones de este estudio podemos concluir que existe variación de color en las coronas utilizadas y esta depende del grosor con el cual fabrique el casquete. Si bien se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($\alpha=0.1$ y $p=0.00000$), las variaciones del Delta son las que nos reflejan el criterio clínico para la evaluación de las diferencias del color.
- Es necesario realizar un estudio que involucre una mayor cantidad de los factores que producen variaciones en el resultado final de la restauración, como podrían ser distintos grosores, colores y tipos de agentes de cementación. Además de la valoración visual para corroborar los criterios de aceptabilidad utilizados en este estudio.

VIII SUGERENCIAS

El estudio de los problemas relacionados con la selección de color en odontología, involucra toda la gama de factores descritos en este trabajo. Debido a la gran diversidad de estos, es de suma importancia que los estudios destinados a trabajar con las propiedades ópticas de los dientes, sean realizados siguiendo algún protocolo de evaluación que permita una fácil interpretación de los resultados con la consiguiente posibilidad de comparación. Los estudios realizados hasta ahora, han utilizado gran variedad de instrumentos, colores, grosores, geometría de medición, iluminación, número de mediciones, intervalos de comparaciones, etc.

La evaluación de las propiedades ópticas de las porcelanas y en específico del sistema Procera All-Ceram, debe ser completada, mediante el desarrollo de estudios de un mayor número de factores, tales como, diversos colores, agentes de cementación evaluados con el recubrimiento cerámico, grosores y tipos de muñones. De esta manera es recomendable que la medición del cambio de color se realice en la misma corona sobre los distintos factores, en la medida de lo posible. Si bien, es conocido que los casquetes fabricados en zirconio, poseen un valor de enmascaramiento de 1.0, el cual indica que no permite la visualización de cambios de color al ser utilizados sobre cualquier tipo de sustrato, debido a su alta opacidad. Este hecho también debe ser evaluado, ya que sería importante conocer la magnitud de la diferencia de color que podría producirse, debido al color excesivamente blanco de estos casquetes.

Otro tema a evaluar corresponde a la posibilidad de utilizar otro tipo de alternativa para controlar la posibilidad de enmascarar colores subyacentes críticos. Una de ellas puede ser mediante la colocación de un enmascarador sobre la superficie metálica, (previamente espaciado). Posteriormente confeccionar el troquel con la capa de enmascarador incluido, con esto obtendríamos dos capas (enmascarador más cemento) que disminuirían el cambio de color final. Este tipo de tratamientos debe ser evaluado tanto mecánica como ópticamente.

La importancia de contar con un criterio de aceptabilidad universalmente aceptado, radica en que de esta manera se obtendría un parámetro fundamental para continuar con las investigaciones. Estudios destinados al conocimiento de las facultades ópticas de los observadores, permiten el conocimiento de las limitaciones en la valoración del color. El conocimiento de las características de la investigación del color, es de gran ayuda al entendimiento de los problemas presentados en los estudios, es necesario continuar con el avance de este, para incorporar estudios clínicos de peso que puedan constituir Evidencia en Odontología.

IX RESUMEN

Las propiedades biomecánicas del sistema Procera All-Ceram, han sido largamente estudiadas, con resultados predecibles a largo plazo, sin embargo, la translucidez de estas coronas no ha sido debidamente estudiada en su relación con distintos tipos de sustratos. El objetivo de este estudio fue evaluar las diferencias de color producidas en cuatro coronas Procera All-Ceram, color A3 y C3, de 0.6 y 0.8 mm de grosor, al ser posicionadas sobre distintos tipos de muñones. Fue utilizado un espectrofotocolorímetro de reflectancia (geometría de medición $45^\circ/0^\circ$), de los resultados obtenidos en unidades CIELab se calculó la diferencia de color (ΔE) y se comparó con los criterios de aceptabilidad clínica descritos en la literatura.

Dentro de las limitaciones de este estudio, los resultados obtenidos sugieren que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los grosores ($\alpha=0.1$, $p=0.00000$). Los resultados indican que las mediciones realizadas entre un muñón natural y metálico, generan las mayores diferencias (color A3 en sus dos grosores), sobre 1.1 unidades de ΔE , (límite de aceptabilidad utilizado en este estudio). La utilización del agente cementante, provocó una considerable disminución en la variación entre las mediciones (excepto en el color A3, 0.6mm sobre muñón metálico/cemento). A pesar de utilizarse un color similar al casquete Procera en la fabricación del muñón de resina, el ΔE obtenido (0.39), bordea el límite de perceptibilidad ($\Delta E=0.4$)

Es necesario seguir con las investigaciones, para obtener un límite de aceptabilidad universalmente aceptado y evaluar otros factores que influyen en la diferencia de color al ser utilizados los sistemas de porcelanas puras.

X REFERENCIAS:

- Abed HM, Razzoog ME, Lang BR, and Yaman. Masking Ability of Procera AllCeram Copings Using Different Substructure Materials [Abstract # 281] J Dent Res 2000;179
- Anusavice KJ, Yang M, Griffs JA, Barrett AA. Improved color difference equation for predicting matching of porcelain shades. J Dent Res 1997;76:2932.
- Bangston LK, Goodkind RJ. The conversion of chromascan designation to CIE tristimulus values. J Prosthet Dent 1982;48:610-7.
- Barna GJ, Taylor JW, King GE, Pellue GB Jr. The influence of selected light intensities on color perception within the color range of natural teeth. J Prosthet Dent 1981;46:450-3.
- Bolt RA, ten Bosch JJ, Coops JC. Influence of window size in small-window color measurement, particularly of teeth. Phys Med Biol 1994;39:1133-42.
- Brewer JD, Glennon JS, Garlapo DA. Spectrophotometric analysis of a nongreening, metal-fusing porcelain. J Prosthet Dent 1991;65:634-41.
- Culpepper WD. A comparative study of shade-matching procedures. J Prosthet Dent 1970;24:166-74.
- Davis BK, Aquilino SA, Lund PS, Diaz-Arnold AM, Denehy GE. Subjective evaluation of the effect of porcelain opacity on the resultant color of porcelain veneers. Int J Prosthodont 1990;3:567-72.
- Davis LG, Ashworth, Sprigs. Psychological effects of aesthetics dental treatment. J Dent Res 1998;26:547-54
- DiCosola. Understanding iluminants. X Rite Doc #CA00002a. August, 1995
- Douglas RD, Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. J Prosthet Dent 1998;79:254-60.
- Douglas RD, Przybylska M. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. J Prosthet Dent 1999;82:143-9.
- Goldstein GR, Schmitt GW. Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter. J Prosthet Dent 1993;69:616-9.
- 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.

Goodkind RJ, Keenan KM, Schwabacher WB. A comparison of Chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth. *J Prosthet Dent* 1985;53:105-9.

Hammad I, Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides *J Prosthet Dent* 2003;89:50-3

Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent* 2002;88:4-9.

Ishikawa-Nagi S, Sato RR, Shiraishi A, Ishibashi K. Using a computer color-matching system in color reproduction of porcelain restorations. Part 3: a newly developed spectrophotometer designed for clinical application. *Int J Prosthodont* 1994;7:50-5.

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

Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. *Color Res Appl* 1979;4:83-91.

Kuehni RG. Color differences and objective acceptability evaluation. *J Color Appearance* 1972;1:3-10,15.

Lund, PS, Campbell, SD, Giordano, RA. Translucency of core and veneer materials for all-ceramic crowns (abstract). *J Dent Res* 1996;75:285.

McLean JW. New dental ceramics and esthetics. *J Esthet Dent* 1995;7:141-9

Montgomery, Douglas C. Diseño de Análisis de Experimentos, 1991 Grupo Editorial Iberoamericana. Capítulo 7, página 178

Moser JB, Wozniak WT, Naleway CA, Ayer WA. Color vision in dentistry: a survey. *J Am Dent Assoc* 1985;110:509-10.

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

O'Brien WJ, Nelson D, Lorey RE. The assessment of chroma sensitivity to porcelain pigments. *J Prosthet Dent* 1983;49:63-5.

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

Óden A, and Razzoog ME. Masking Ability of Procera AllCeram copings of various thickness. [Abstract #2376] *J Dent Res* 1997;76:310.

Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent* 1998;80:642-8.

Rawlinson A. A simple eyesight screening programme for dental undergraduates: results after 7 years. *Aust Dent J* 1993;38:394-9.

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

Sato RR, Shiraishi A, Ishibashi K. Using a computer color-matching system. A newly developed spectrophotometer designed for clinical application. *Int J Prosthodont* 1994;7:50-8.

Schwabacher WB, Goodkind RJ. Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent* 1990;64:425-31.

Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent* 1986;56:35-40.

Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res* 1989;68:1755-9.

Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989;68:1760-4.

Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *J Dent Res* 1990;69:1180

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

ten Bosch JJ and Coops. Tooth color and reflectances related to light scattering and enamel hardness. *J Dent Res* 1995; 74: 374-380

Tung F, Goldstein G, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent* 2002;88:585-90

Valdivia J, López JC, Parrochia JP. Corona Procera All-Ceram: Procedimiento Clínico. *Revista de Prótesis Oseointegrada* 1999 3:47-56.

Valdivia J, Bombardiere PP, Bustamante JA, Soporte científico de las coronas Procera All-Ceram. *Revista de Prótesis Oseointegrada* 1999 3:57-64.

Van Der Burgt TP, Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmid WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent* 1990;63:155-62.

Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Plasschaert AJ. A new method for matching tooth colors with color standards. J Dent Res 1985;64:837-41.

Vichi, Ferrari, Davidson Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts J Prosthet Dent 2000;83:412-7.

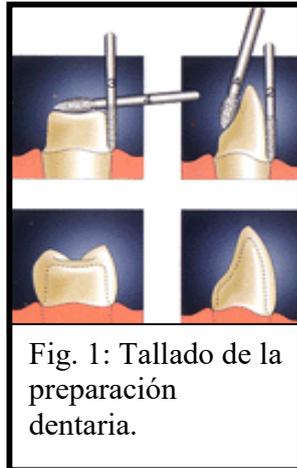
Wee, BDS, Monaghan, Johnston, Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain J Prosthet Dent 2002;87:657-66

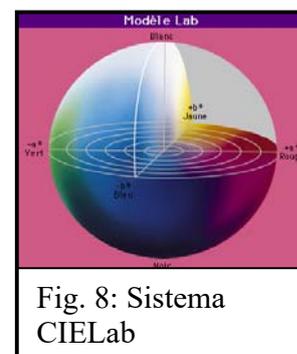
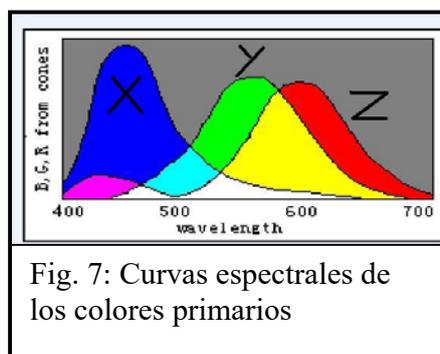
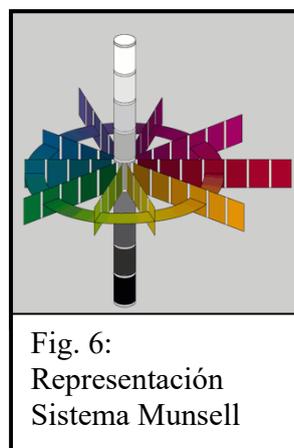
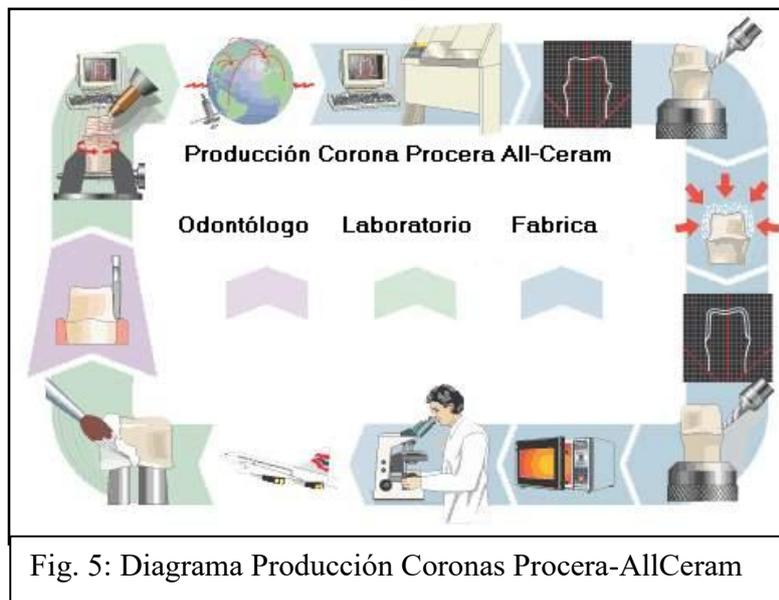
Zhang F, Heydecke, Dent, Razzoog Double-layer porcelain veneers: Effect of layering on resulting veneer color J Prosthet Dent 2000;84:425-31.

www.monografias.com Color, arquitectura y estados de ánimo

www.faceta.htm [faceta.htm](#)[toc.htm](#)[sec_9.htm](#) [sec_9.htm](#)[faceta.htm](#) [faceta.htm](#)[sec_11.htm](#)[sec_11.htm](#) / [faceta.htm](#). Algunas consideraciones sobre la naturaleza de la luz.

IMAGENES, TABLAS Y GRÁFICOS. (ANEXOS)





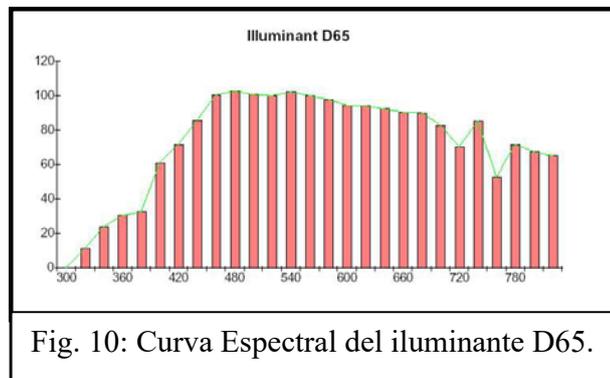
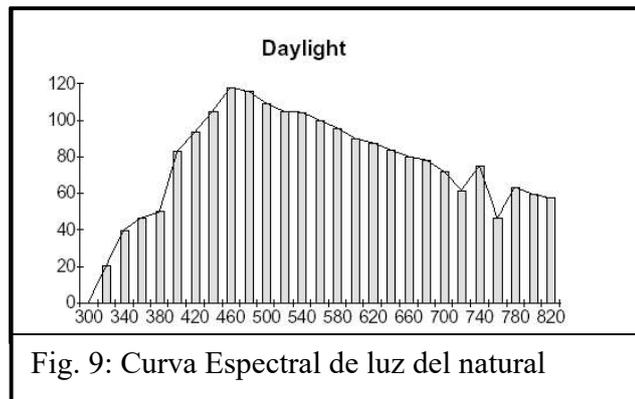




Fig. 11 Diente 1.1, sano previo a ser preparado



Fig. 12 Tallado Preparación dentaria



Fig. 13: Preparación terminada. Terminación cervical en chaflán y preparación de zona radicular bajo la terminación para ser escaneado.

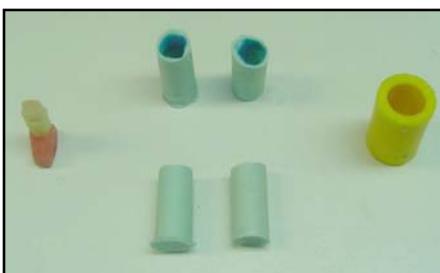


Fig. 14: Impresiones de la preparación, previo al vaciado con Patern Resin



Fig. 15: Patrones de Patern Resin previo al colado.



Fig. 16: Muñón metálico, cromo níquel. Réplica muñón natural.



Fig. 17: Impresión previa fabricación muñón de resina.



Fig. 18: Poste fibra de vidrio, recubierto con composite A3 y A1. Muñón Natural

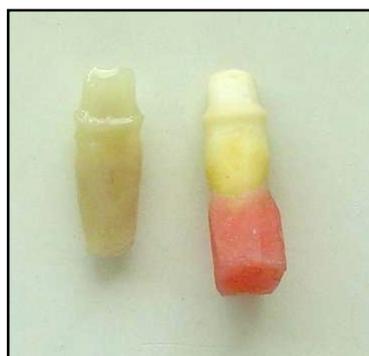


Fig. 19: Muñón de resina. Muñón Natural



Fig. 20:
Digitalización
Muñón natural

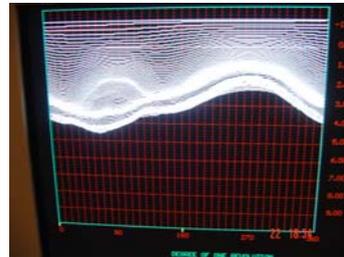


Fig. 21: Superficie del
muñón. Programa
CAD.

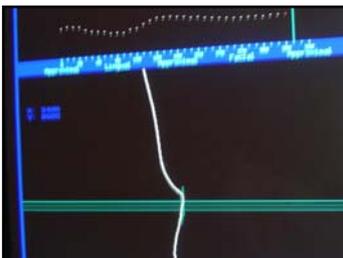


Fig. 22: Definición del
margen de la
preparación.



Fig. 23: Diseño del
Casquete 0.6 mm

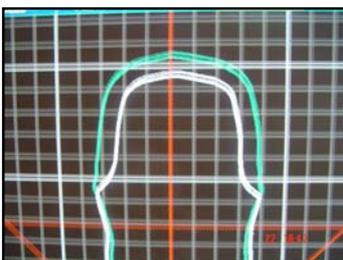


Fig. 24: Diseño del
Casquete 0.8 mm



Fig. 25: Corona
terminada



Fig. 26: Matriz de silicona pesada.



Fig. 27: Spectro-Pen®, Dr. Lange

V RESULTADOS

| TABLA I Valores de Delta E, para coronas Procera Color C3, sobre muñones Natural, metálico, resina y metálico cementado. | | | | | | |
|--|---------------|------------|------------|---------------|------------|------------|
| Nº de mediciones | GROSOR 0.6 mm | | | GROSOR 0.8 mm | | |
| | N-M | N-R | N-MC | N-M | N-R | N-MC |
| 1. | 0,78102497 | 0,48989795 | 0,24494897 | 0,41231056 | 0,57445626 | 0,37416574 |
| 2. | 0,78102497 | 0,3 | 0,24494897 | 0,37416574 | 0,41231056 | 0,33166248 |
| 3. | 0,73484692 | 0,37416574 | 0,31622777 | 0,37416574 | 0,41231056 | 0,24494897 |
| 4. | 0,76811457 | 0,37416574 | 0,2236068 | 0,37416574 | 0,4472136 | 0,2236068 |
| 5. | 0,87749644 | 0,36055513 | 0,3 | 0,41231056 | 0,57445626 | 0,4472136 |
| 6. | 0,9486833 | 0,36055513 | 0,3 | 0,7 | 0,63245553 | 0,50990195 |
| 7. | 0,81853528 | 0,37416574 | 0,24494897 | 0,7 | 0,64031242 | 0,6164414 |
| 8. | 0,73484692 | 0,3 | 0,2236068 | 0,80622577 | 0,64031242 | 0,53851648 |
| 9. | 0,7 | 0,37416574 | 0,24494897 | 0,57445626 | 0,60827625 | 0,46904158 |
| 10. | 0,65574385 | 0,42426407 | 0,31622777 | 0,54772256 | 0,6164414 | 0,37416574 |
| 11. | 0,6164414 | 0,37416574 | 0,31622777 | 0,43588989 | 0,45825757 | 0,14142136 |
| 12. | 0,90553851 | 0,4472136 | 0,37416574 | 0,72801099 | 0,4472136 | 0,17320508 |
| 13. | 0,9486833 | 0,43588989 | 0,24494897 | 0,72801099 | 0,33166248 | 0,3 |
| 14. | 0,87749644 | 0,43588989 | 0,24494897 | 0,43588989 | 0,41231056 | 0,37416574 |
| 15. | 0,6164414 | 0,43588989 | 0,31622777 | 0,43588989 | 0,42426407 | 0,37416574 |
| 16. | 0,90553851 | 0,4472136 | 0,37416574 | 0,43588989 | 0,45825757 | 0,14142136 |
| 17. | 0,9486833 | 0,43588989 | 0,24494897 | 0,72801099 | 0,4472136 | 0,17320508 |
| 18. | 0,87749644 | 0,43588989 | 0,24494897 | 0,72801099 | 0,33166248 | 0,3 |
| 19. | 0,78102497 | 0,37416574 | 0,24494897 | 0,43588989 | 0,41231056 | 0,37416574 |
| 20. | 0,78102497 | 0,37416574 | 0,24494897 | 0,43588989 | 0,42426407 | 0,37416574 |
| 21. | 0,78102497 | 0,48989795 | 0,24494897 | 0,41231056 | 0,57445626 | 0,37416574 |
| 22. | 0,78102497 | 0,3 | 0,24494897 | 0,37416574 | 0,41231056 | 0,33166248 |
| 23. | 0,73484692 | 0,37416574 | 0,33166248 | 0,37416574 | 0,41231056 | 0,24494897 |
| 24. | 0,76811457 | 0,33166248 | 0,2236068 | 0,37416574 | 0,4472136 | 0,2236068 |
| 25. | 0,87749644 | 0,36055513 | 0,3 | 0,41231056 | 0,57445626 | 0,4472136 |
| 26. | 0,9486833 | 0,36055513 | 0,3 | 0,7 | 0,63245553 | 0,50990195 |
| 27. | 0,81853528 | 0,37416574 | 0,2236068 | 0,7 | 0,64031242 | 0,6164414 |
| 28. | 0,73484692 | 0,3 | 0,2 | 0,80622577 | 0,64031242 | 0,53851648 |
| 29. | 0,7 | 0,37416574 | 0,24494897 | 0,57445626 | 0,60827625 | 0,46904158 |
| 30. | 0,65574385 | 0,42426407 | 0,31622777 | 0,54772256 | 0,6164414 | 0,37416574 |

N: Muñón natural (Control)
M: Muñón metálico.
R: Muñón de resina.
MC: Muñón metálico + cemento.

Comentario: Los resultados obtenidos muestran una mayor variabilidad en los valores obtenidos en las mediciones realizadas en el grosor 0.6mm. Junto con esto, se observa una disminución de las diferencias en las mediciones sobre el muñón metálico cementado.

| TABLA II: Valores de Delta E, para coronas Procera Color A3, sobre muñones Natural, metálico, resina y metálico cementado. | | | | | | |
|---|---------------|-----------|-----------|---------------|------------|------------|
| Nº de mediciones | GROSOR 0.6 mm | | | GROSOR 0.8 mm | | |
| | N-M | N-R | N-MC | N-M | N-R | N-MC |
| 1 | 1,5811388 | 0,3316625 | 1,0246951 | 1,2083046 | 0,41231056 | 0,45825757 |
| 2 | 1,5427249 | 0,244949 | 0,9110434 | 1,07238053 | 0,33166248 | 0,24494897 |
| 3 | 1,6093477 | 0,3 | 0,8306624 | 1,12249722 | 0,3 | 0,3 |
| 4 | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,28840987 | 0,33166248 | 0,34641016 |
| 5 | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,3114877 | 0,37416574 | 0,41231056 |
| 6 | 1,7578396 | 0,3162278 | 1,1357817 | 1,36014705 | 0,50990195 | 0,43588989 |
| 7 | 1,6552945 | 0,244949 | 1,0198039 | 1,34907376 | 0,58309519 | 0,51961524 |
| 8 | 1,5652476 | 0,2236068 | 1,0440307 | 1,22474487 | 0,50990195 | 0,5 |
| 9 | 1,5652476 | 0,2236068 | 0,9273618 | 0,98994949 | 0,37416574 | 0,33166248 |
| 10 | 1,5811388 | 0,3464102 | 0,9273618 | 1,04880885 | 0,37416574 | 0,46904158 |
| 11 | 1,5165751 | 0,3316625 | 0,9273618 | 1,02469508 | 0,41231056 | 0,43588989 |
| 12 | 1,4899664 | 0,3605551 | 0,969536 | 1,1045361 | 0,34641016 | 0,33166248 |
| 13 | 1,4899664 | 0,3605551 | 1,0630146 | 1,07238053 | 0,41231056 | 0,2236068 |
| 14 | 1,603122 | 0,5196152 | 0,9055385 | 1,18743421 | 0,48989795 | 0,28284271 |
| 15 | 1,5394804 | 0,4123106 | 0,9055385 | 1,18743421 | 0,48989795 | 0,28284271 |
| 16 | 1,7029386 | 0,2828427 | 1,1090537 | 1,02469508 | 0,41231056 | 0,43588989 |
| 17 | 1,5811388 | 0,3316625 | 1,0246951 | 1,1045361 | 0,34641016 | 0,33166248 |
| 18 | 1,5427249 | 0,244949 | 0,9110434 | 1,07238053 | 0,41231056 | 0,2236068 |
| 19 | 1,6093477 | 0,3 | 0,8306624 | 1,18743421 | 0,48989795 | 0,28284271 |
| 20 | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,18743421 | 0,48989795 | 0,28284271 |
| 21 | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,1045361 | 0,3 | 0,3 |
| 22 | 1,7578396 | 0,3162278 | 1,1357817 | 1,07238053 | 0,33166248 | 0,24494897 |
| 23 | 1,6552945 | 0,244949 | 1,0198039 | 1,12249722 | 0,3 | 0,3 |
| 24 | 1,5652476 | 0,2236068 | 1,0440307 | 1,28840987 | 0,33166248 | 0,34641016 |
| 25 | 1,5652476 | 0,2236068 | 0,9273618 | 1,3114877 | 0,37416574 | 0,41231056 |
| 26 | 1,5165751 | 0,3316625 | 0,9273618 | 1,36014705 | 0,50990195 | 0,43588989 |
| 27 | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,34907376 | 0,58309519 | 0,51961524 |
| 28 | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,22474487 | 0,50990195 | 0,5 |
| 29 | 1,7578396 | 0,3162278 | 1,1357817 | 0,98994949 | 0,37416574 | 0,33166248 |
| 30 | 1,5811388 | 0,3464102 | 0,9273618 | 1,04880885 | 0,37416574 | 0,46904158 |

N: Muñón Natural (Control)
M: Muñón Metálico.
R: Muñón de Resina.
MC: Muñón Metálico + cemento

TABLA III: Delta E (ΔE) obtenidos para cada color y grosor de la corona sobre cada sustrato.

| Tipo de Muñón | | | NAT-METALICO | NATURAL RESINA | NAT-METALCEM |
|---------------|------------|-----------------|-------------------|----------------|--------------|
| Color | | | Delta E | Delta E | Delta E |
| A3 | 0.6 | Rango | <i>Sobre 1.1*</i> | 0.2 - 0.5** | 0.8- 1.2* |
| A3 | 0.6 | Promedio | 1.6276045 | 0.31227 | 0.97484 |
| A3 | 0.6 | Desvest | 0.09416 | 0.06285 | 0.08323 |
| A3 | 0.8 | Rango | <i>Sobre 1.1*</i> | 0.3 - 0.6** | 0.2- 0.5 |
| A3 | 0.8 | Promedio | 1.16669 | 0.4130 | 0.36639 |
| A3 | 0.8 | Desvest | 0.11815 | 0.0834 | 0.09336 |
| C3 | 0.6 | Rango | <i>0.6- 0.9**</i> | 0.3- 0.5** | 0.2 -0.4 |
| C3 | 0.6 | Promedio | <i>0.7953**</i> | 0.38726 | 0.27133 |
| C3 | 0.6 | Desvest | 0.09912 | 0.05283 | 0.04601 |
| C3 | 0.8 | Rango | <i>0.3 -0.8**</i> | 0.3- 0.6** | 0.1 - 0.6** |
| C3 | 0.8 | Promedio | <i>0.5359**</i> | 0.50882 | 0.36617 |
| C3 | 0.8 | Desvest | 0.1534 | 0.10392 | 0.13358 |

* valores sobre el límite de aceptabilidad ($\Delta E > 1.1$)
 ** valores sobre el límite de perceptibilidad ($\Delta E > 0.4$)

GRÁFICOS:

GRÁFICO N° 1: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color A3, grosor 0.6 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico.

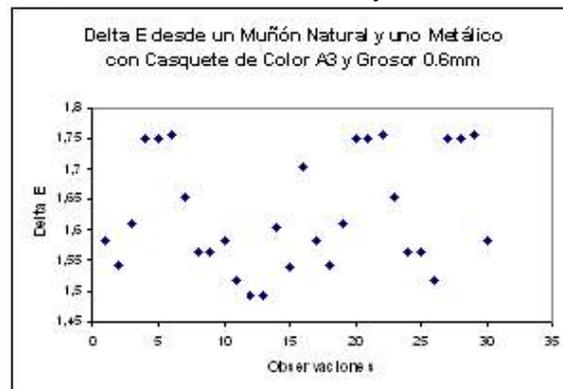


GRÁFICO N° 2: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color A3, grosor 0.8 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico

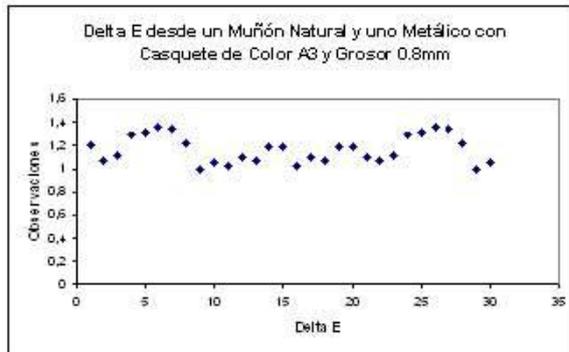


GRÁFICO N° 3: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color A3, grosor 0.6 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón de resina.

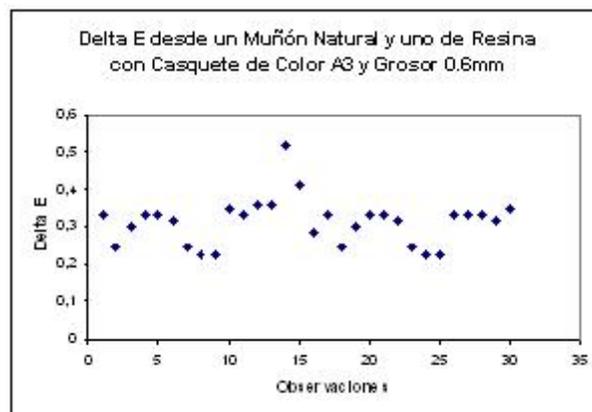


GRÁFICO N° 4: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color A3, grosor 0.8 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón de resina.

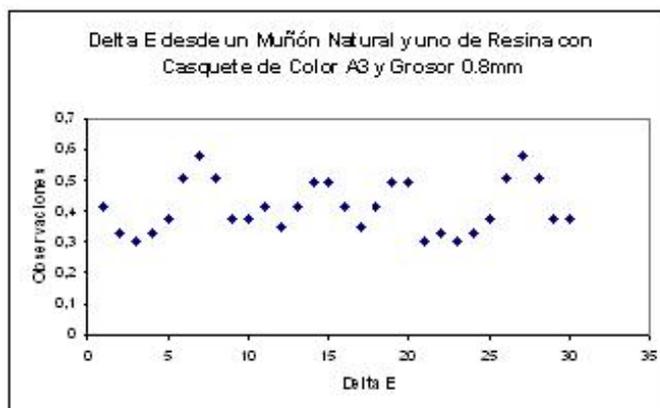


GRÁFICO N° 5: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color A3, grosor 0.6 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico cementado.

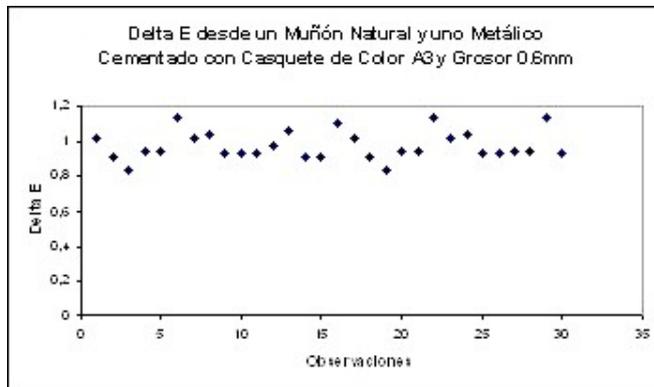


GRÁFICO N° 6: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color A3, grosor 0.8 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico cementado.

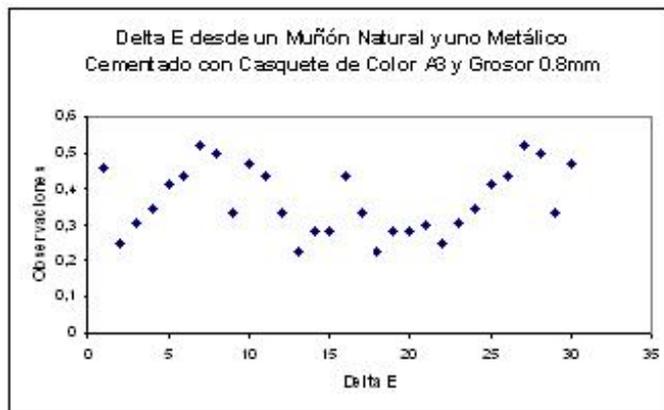


GRÁFICO N° 7: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color C3, grosor 0.6 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico cementado.

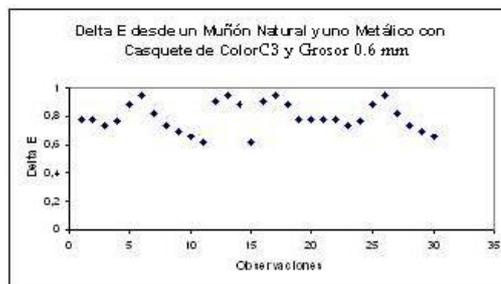


GRÁFICO N° 8: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color C3, grosor 0.8 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico.

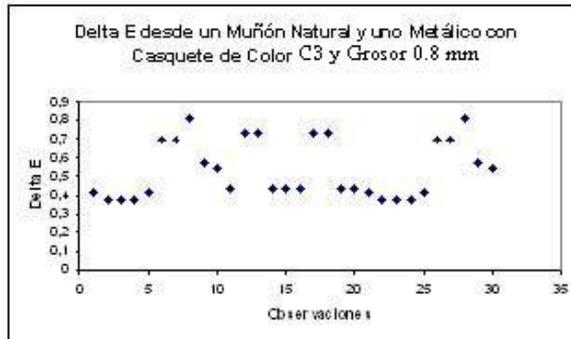


GRÁFICO N° 9: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color C3, grosor 0.6 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón de resina.

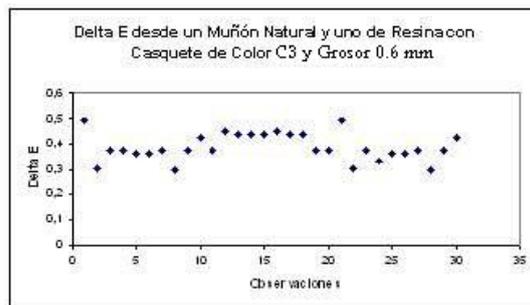


GRÁFICO N° 10: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color C3, grosor 0.8 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón de resina.

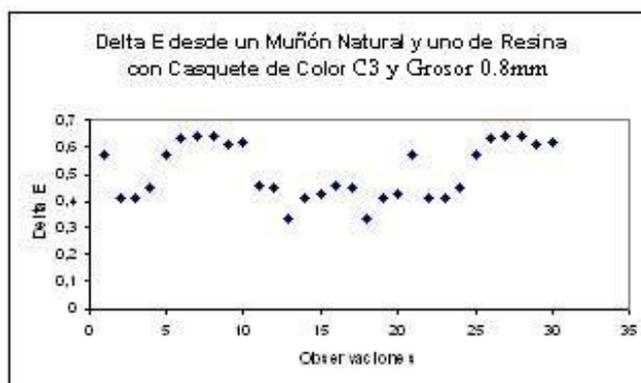


GRÁFICO N° 11: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color C3, grosor 0.6 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico cementado.

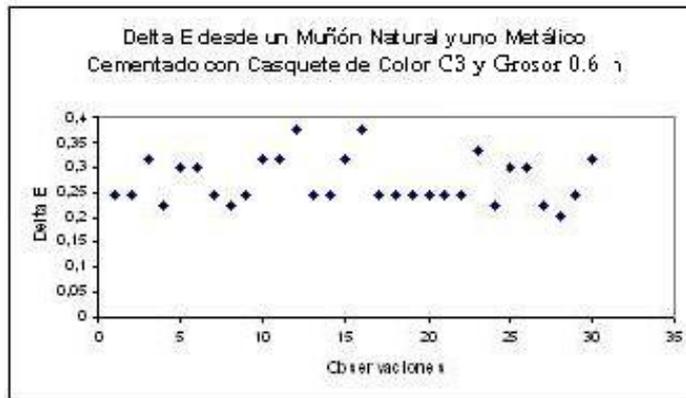


GRÁFICO N° 12: Diagrama de dispersión del Delta E obtenido en las mediciones realizadas para el color C3, grosor 0.8 mm, sobre un muñón natural y sobre un muñón metálico cementado.

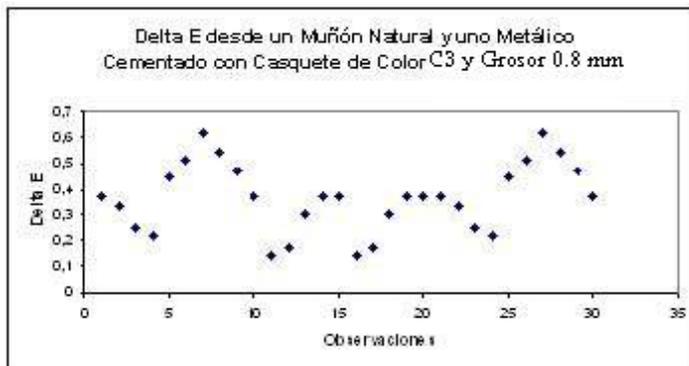


GRÁFICO N° 13: Diagrama de cajas y bigotes para los Delta E entre los muñones naturales y metálicos.

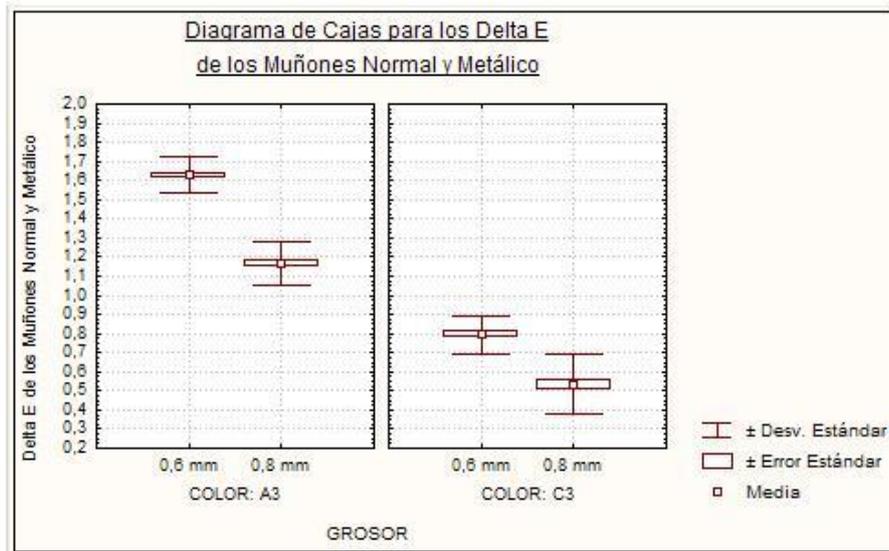


GRÁFICO N° 14: Diagrama de cajas y bigotes para los Delta E entre los muñones naturales y de resina.

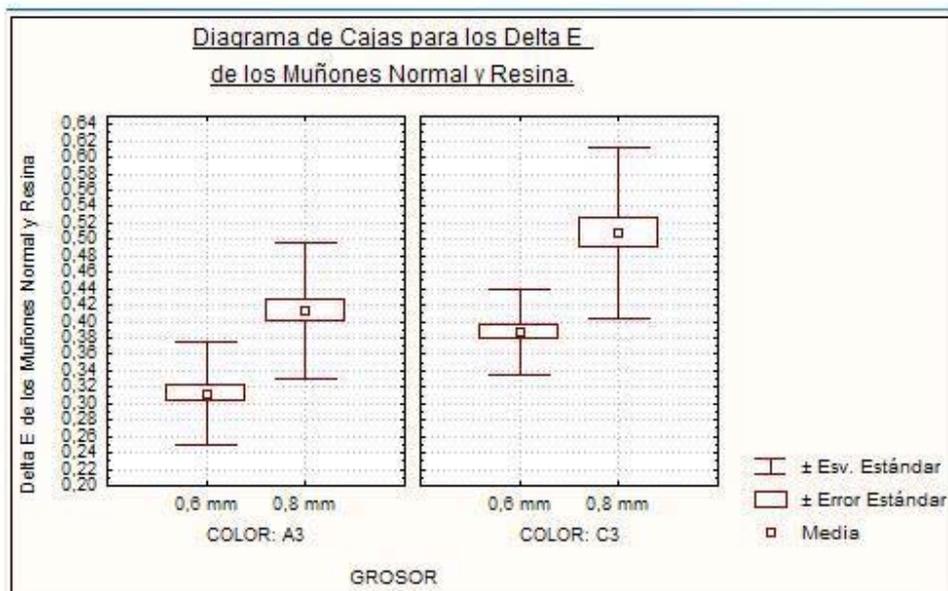


GRÁFICO N° 15: Diagrama de cajas y bigotes para los Delta E entre los muñones naturales y metálicos cementados.

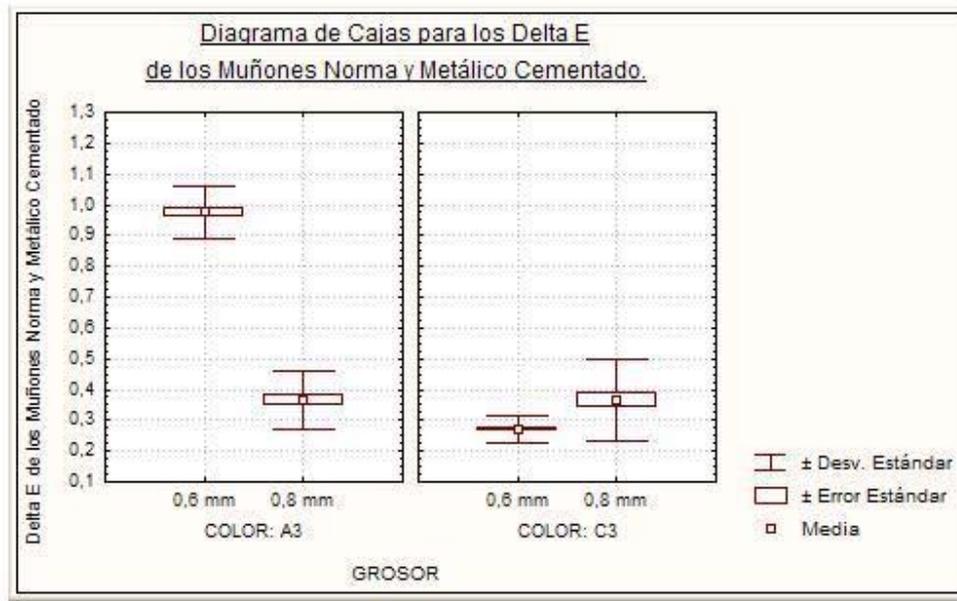


TABLA IV: Deltas de cada parámetro de color.

| Color | Grosor | | Natural metálico | | | Natural Resina | | | Natural Metálico Cem | | |
|-----------------|--------|-------|------------------|------------|------------|----------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|
| | | | ΔL | Δa | Δb | ΔL | Δa | Δb | ΔL | Δa | Δb |
| A3 | 0.6 mm | Prom. | 1,55 | 0,41 | 0,22 | 0,11 | 0,25 | 0,12 | 0,94 | 0,15 | 0,16 |
| | | Desv | 0,11 | 0,06 | 0,09 | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,08 |
| A3 | 0.8 mm | Prom. | 0,95 | 0,41 | 0,52 | 0,23 | 0,21 | 0,23 | 0,21 | 0,24 | 0,13 |
| | | Desv | 0,95 | 0,41 | 0,52 | 0,23 | 0,21 | 0,23 | 0,21 | 0,24 | 0,13 |
| C3 | 0.6 mm | Prom. | 0,61 | 0,31 | 0,39 | 0,15 | 0,14 | 0,31 | 0,13 | 0,07 | 0,21 |
| | | Desv | 0,08 | 0,06 | 0,09 | 0,10 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,08 |
| C3 | 0.8 mm | Prom. | 0,43 | 0,18 | 0,24 | 0,12 | 0,10 | 0,47 | 0,19 | 0,13 | 0,27 |
| | | Desv | 0,14 | 0,11 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,14 | 0,06 | 0,09 |
| Promedio | | | 3,54 | 1,31666667 | 1,36666667 | 0,61 | 0,70333333 | 1,13333333 | 1,47 | 0,59 | 0,76 |

| Tratamiento | Intervalos de 99% de Confianza para las medias por grupos | | | | | |
|------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| | N_M | | N_R | | N_MC | |
| | L. Inf | Lsup | L. Inf | Lsup | L. Inf | Lsup |
| Color A3-Grosor 0,6mm | 1,3681 | 1,8871 | 0,1391 | 0,4855 | 0,7455 | 1,2042 |
| Color A3-Grosor 0,8mm | 0,8411 | 1,4923 | 0,1832 | 0,6429 | 0,1091 | 0,6237 |
| Color D3-Grosor 0,6mm | 0,5221 | 1,0685 | 0,2417 | 0,5329 | 0,1445 | 0,3981 |
| Color D3- Grosor 0,8mm | 0,1131 | 0,9588 | 0,2224 | 0,7952 | 0,0000 | 0,7343 |

ANEXO N° 2.

TABLA : Datos recolectados en la medición instrumental de una Corona Procera All-Ceram. Color A3; Grosor 0,6 mm. Expresados en unidades CIELab.

| Natural | | | Metálico | | | Resina | | | Metálico cementado | | |
|---------|---|----|----------|-----|------|--------|-----|----|--------------------|---|----|
| L | A | B | L | A | B | L | A | B | L | A | B |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,9 | 17,3 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,9 | 17,4 | 63 | 2,1 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,8 | 17,3 | 63 | 2,1 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,4 | 1,9 | 17,4 | 63 | 2 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,4 | 1,9 | 17,4 | 63 | 2 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,4 | 1,9 | 17,4 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,4 | 1,9 | 17,3 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,8 | 17,3 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,8 | 17,3 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,9 | 17,3 | 63 | 2,1 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,6 | 1,8 | 17,3 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,6 | 1,8 | 17,4 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,6 | 1,8 | 17,4 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,4 | 1,9 | 17,3 | 63 | 2 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,8 | 17,3 | 63 | 2,1 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,8 | 17,3 | 63 | 2,1 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,9 | 17,3 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,9 | 17,4 | 63 | 2,1 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,8 | 17,3 | 63 | 2,1 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,4 | 1,9 | 17,4 | 63 | 2 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,4 | 1,9 | 17,4 | 63 | 2 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,4 | 1,9 | 17,4 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,4 | 1,9 | 17,3 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,8 | 17,3 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,8 | 17,3 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,6 | 1,8 | 17,3 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,4 | 1,9 | 17,4 | 63 | 2 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,4 | 1,9 | 17,4 | 63 | 2 | 17 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,4 | 1,9 | 17,4 | 63 | 2 | 18 | 62 | 2 | 18 |
| 63 | 2 | 18 | 61,5 | 1,9 | 17,3 | 63 | 2,1 | 17 | 62 | 2 | 18 |

ANEXO N° 3.

TABLA : Datos recolectados en la medición instrumental de una Corona Procera All-Ceram. Color A3; Grosor 0,8 mm. Expresados en unidades CIELab.

| Natural | | | Metálico | | | Resina | | | Metálico cementado | | |
|---------|-----|------|----------|-----|------|--------|-----|------|--------------------|---|----|
| L | A | B | L | A | B | L | A | B | L | A | B |
| 63,1 | 2,2 | 17,4 | 62 | 1,8 | 17,1 | 62,8 | 2 | 17,2 | 62,7 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,2 | 17,4 | 62 | 1,9 | 16,9 | 62,8 | 1,9 | 17,3 | 62,8 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,2 | 17,5 | 62 | 1,9 | 16,9 | 62,8 | 2 | 17,3 | 62,8 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,2 | 17,5 | 61,8 | 1,9 | 16,9 | 62,8 | 2,1 | 17,2 | 62,7 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,3 | 17,5 | 61,9 | 1,7 | 16,9 | 62,8 | 2,1 | 17,2 | 62,7 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,3 | 17,6 | 61,9 | 1,7 | 16,9 | 62,8 | 2 | 17,2 | 62,8 | 2 | 17 |
| 63,1 | 2,3 | 17,6 | 62 | 1,8 | 17 | 62,7 | 2 | 17,3 | 62,8 | 2 | 17 |
| 63,1 | 2,3 | 17,3 | 62 | 1,8 | 17,1 | 62,7 | 2 | 17,2 | 62,7 | 2 | 17 |
| 63 | 2,1 | 17,3 | 62,2 | 1,8 | 16,8 | 62,7 | 2 | 17,1 | 62,7 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,3 | 17,4 | 62,2 | 1,8 | 16,8 | 62,8 | 2,1 | 17,1 | 62,6 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,3 | 17,4 | 62,1 | 1,9 | 16,9 | 62,7 | 2,1 | 17,1 | 62,6 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,3 | 17,4 | 62 | 1,9 | 16,9 | 62,7 | 2,1 | 17,2 | 62,8 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,2 | 17,4 | 62 | 1,9 | 16,9 | 62,6 | 2 | 17,2 | 62,8 | 2 | 17 |
| 63 | 2,2 | 17,4 | 62 | 1,8 | 16,9 | 62,6 | 2 | 17,2 | 62,8 | 2 | 17 |
| 63 | 2,2 | 17,4 | 62 | 1,8 | 16,9 | 62,6 | 2 | 17,2 | 62,8 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,3 | 17,4 | 62,1 | 1,9 | 16,9 | 62,7 | 2,1 | 17,1 | 62,6 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,3 | 17,4 | 62 | 1,9 | 16,9 | 62,7 | 2,1 | 17,2 | 62,8 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,2 | 17,4 | 62 | 1,9 | 16,9 | 62,6 | 2 | 17,2 | 62,8 | 2 | 17 |
| 63 | 2,2 | 17,4 | 62 | 1,8 | 16,9 | 62,6 | 2 | 17,2 | 62,8 | 2 | 17 |
| 63 | 2,2 | 17,4 | 62 | 1,8 | 16,9 | 62,6 | 2 | 17,2 | 62,8 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,2 | 17,4 | 62 | 1,8 | 16,9 | 62,8 | 2 | 17,2 | 62,7 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,2 | 17,4 | 62 | 1,9 | 16,9 | 62,8 | 1,9 | 17,3 | 62,8 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,2 | 17,5 | 62 | 1,9 | 16,9 | 62,8 | 2 | 17,3 | 62,8 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,2 | 17,5 | 61,8 | 1,9 | 16,9 | 62,8 | 2,1 | 17,2 | 62,7 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,3 | 17,5 | 61,9 | 1,7 | 16,9 | 62,8 | 2,1 | 17,2 | 62,7 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,3 | 17,6 | 61,9 | 1,7 | 16,9 | 62,8 | 2 | 17,2 | 62,8 | 2 | 17 |
| 63,1 | 2,3 | 17,6 | 62 | 1,8 | 17 | 62,7 | 2 | 17,3 | 62,8 | 2 | 17 |
| 63,1 | 2,3 | 17,3 | 62 | 1,8 | 17,1 | 62,7 | 2 | 17,2 | 62,7 | 2 | 17 |
| 63 | 2,1 | 17,3 | 62,2 | 1,8 | 16,8 | 62,7 | 2 | 17,1 | 62,7 | 2 | 17 |
| 62,9 | 2,3 | 17,4 | 62,2 | 1,8 | 16,8 | 62,8 | 2,1 | 17,1 | 62,6 | 2 | 17 |

ANEXO N° 4.

TABLA : Datos recolectados en la medición instrumental de una Corona Procera All-Ceram. Color C3; Grosor 0,6 mm. Expresados en unidades CIELab.

| Natural | | | Metálico | | | Resina | | | Metálico cementado | | |
|---------|-----|------|----------|-----|------|--------|-----|------|--------------------|-----|------|
| L | A | B | L | A | B | L | A | B | L | A | B |
| 56,4 | 1,8 | 13,8 | 55,8 | 1,5 | 13,4 | 56,6 | 1,6 | 14,2 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,8 | 13,8 | 55,8 | 1,5 | 13,4 | 56,6 | 1,7 | 14 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,8 | 13,7 | 55,8 | 1,5 | 13,4 | 56,6 | 1,7 | 14 | 56,4 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,7 | 13,8 | 55,9 | 1,4 | 13,3 | 56,6 | 1,6 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,5 | 1,8 | 13,8 | 55,9 | 1,4 | 13,3 | 56,5 | 1,6 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,5 | 1,8 | 13,8 | 55,8 | 1,4 | 13,3 | 56,5 | 1,6 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,5 | 1,8 | 13,8 | 55,8 | 1,5 | 13,5 | 56,6 | 1,6 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 13,9 |
| 56,5 | 1,8 | 13,8 | 55,9 | 1,5 | 13,5 | 56,6 | 1,6 | 14 | 56,3 | 1,7 | 13,8 |
| 56,4 | 1,7 | 13,7 | 55,8 | 1,5 | 13,4 | 56,6 | 1,6 | 14 | 56,3 | 1,8 | 13,9 |
| 56,4 | 1,7 | 13,7 | 55,9 | 1,4 | 13,4 | 56,5 | 1,6 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,7 | 13,7 | 55,9 | 1,5 | 13,4 | 56,6 | 1,6 | 14 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,5 | 1,8 | 13,7 | 55,7 | 1,5 | 13,4 | 56,5 | 1,6 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,8 | 13,8 | 55,7 | 1,4 | 13,3 | 56,7 | 1,7 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,8 | 13,8 | 55,8 | 1,4 | 13,3 | 56,7 | 1,7 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,7 | 13,7 | 55,9 | 1,5 | 13,4 | 56,7 | 1,6 | 14 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,5 | 1,8 | 13,7 | 55,7 | 1,5 | 13,4 | 56,5 | 1,6 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,8 | 13,8 | 55,7 | 1,4 | 13,3 | 56,7 | 1,7 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,8 | 13,8 | 55,8 | 1,4 | 13,3 | 56,7 | 1,7 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,8 | 13,8 | 55,8 | 1,5 | 13,4 | 56,6 | 1,7 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,8 | 13,8 | 55,8 | 1,5 | 13,4 | 56,6 | 1,6 | 14,2 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,8 | 13,8 | 55,8 | 1,5 | 13,4 | 56,6 | 1,7 | 14 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,8 | 13,7 | 55,8 | 1,5 | 13,4 | 56,6 | 1,7 | 14 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,4 | 1,7 | 13,8 | 55,9 | 1,4 | 13,3 | 56,5 | 1,6 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,5 | 1,8 | 13,8 | 55,9 | 1,4 | 13,3 | 56,5 | 1,6 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,5 | 1,8 | 13,8 | 55,8 | 1,4 | 13,3 | 56,5 | 1,6 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |
| 56,5 | 1,8 | 13,8 | 55,8 | 1,5 | 13,5 | 56,6 | 1,6 | 14,1 | 56,3 | 1,8 | 13,9 |
| 56,5 | 1,8 | 13,8 | 55,9 | 1,5 | 13,5 | 56,6 | 1,6 | 14 | 56,3 | 1,8 | 13,8 |
| 56,4 | 1,7 | 13,7 | 55,8 | 1,5 | 13,4 | 56,6 | 1,6 | 14 | 56,3 | 1,8 | 13,9 |
| 56,4 | 1,7 | 13,7 | 55,9 | 1,4 | 13,4 | 56,5 | 1,6 | 14,1 | 56,3 | 1,7 | 14 |

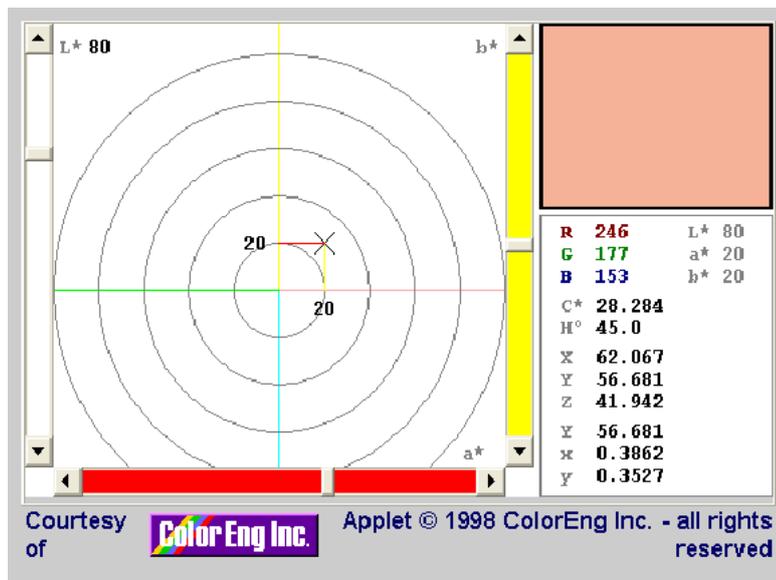
ANEXO N° 5.

TABLA : Datos recolectados en la medición instrumental de una Corona Procera All-Ceram. Color C3; Grosor 0,8 mm. Expresados en unidades CIELab.

| Natural | | | Metálico | | | Resina | | | Metálico cementado | | |
|---------|-----|------|----------|-----|------|--------|-----|------|--------------------|-----|------|
| L* | a* | b* | L* | a* | b* | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| 56,1 | 1,7 | 14,1 | 55,8 | 1,5 | 13,9 | 56,3 | 1,5 | 14,6 | 56 | 1,5 | 14,4 |
| 56,1 | 1,6 | 14,1 | 55,8 | 1,5 | 13,9 | 56,2 | 1,6 | 14,5 | 56 | 1,5 | 14,4 |
| 56,1 | 1,6 | 14,1 | 55,8 | 1,5 | 13,9 | 56,2 | 1,6 | 14,5 | 56 | 1,5 | 14,3 |
| 56,1 | 1,6 | 14,1 | 55,8 | 1,5 | 13,9 | 56,3 | 1,6 | 14,5 | 56,1 | 1,5 | 14,3 |
| 56,1 | 1,7 | 14 | 55,8 | 1,5 | 13,8 | 56,3 | 1,5 | 14,5 | 56,1 | 1,5 | 14,4 |
| 56,3 | 1,7 | 14 | 55,7 | 1,4 | 13,8 | 56,3 | 1,5 | 14,6 | 56 | 1,6 | 14,4 |
| 56,3 | 1,7 | 14 | 55,7 | 1,4 | 13,8 | 56,2 | 1,5 | 14,6 | 55,8 | 1,5 | 14,3 |
| 56,3 | 1,7 | 14 | 55,7 | 1,2 | 13,8 | 56,2 | 1,5 | 14,6 | 55,9 | 1,5 | 14,3 |
| 56,2 | 1,7 | 14 | 55,7 | 1,5 | 13,8 | 56,2 | 1,6 | 14,6 | 55,9 | 1,5 | 14,3 |
| 56,2 | 1,7 | 14 | 55,7 | 1,5 | 13,9 | 56,3 | 1,6 | 14,6 | 56 | 1,6 | 14,3 |
| 56,1 | 1,6 | 14,2 | 55,8 | 1,5 | 13,9 | 56,3 | 1,5 | 14,6 | 56 | 1,6 | 14,3 |
| 56,1 | 1,6 | 14,2 | 55,5 | 1,5 | 13,8 | 56,3 | 1,6 | 14,6 | 56 | 1,5 | 14,3 |
| 56,1 | 1,6 | 14,2 | 55,5 | 1,5 | 13,8 | 56,2 | 1,5 | 14,5 | 55,9 | 1,5 | 14,4 |
| 56,1 | 1,6 | 14,1 | 55,8 | 1,5 | 13,8 | 56,2 | 1,6 | 14,5 | 55,9 | 1,5 | 14,4 |
| 56,1 | 1,6 | 14,1 | 55,8 | 1,5 | 13,8 | 56,2 | 1,5 | 14,5 | 55,9 | 1,5 | 14,4 |
| 56,1 | 1,6 | 14,2 | 55,8 | 1,5 | 13,9 | 56,3 | 1,5 | 14,6 | 56 | 1,6 | 14,3 |
| 56,1 | 1,6 | 14,2 | 55,5 | 1,5 | 13,8 | 56,3 | 1,6 | 14,6 | 56 | 1,5 | 14,3 |
| 56,1 | 1,6 | 14,2 | 55,5 | 1,5 | 13,8 | 56,2 | 1,5 | 14,5 | 55,9 | 1,5 | 14,4 |
| 56,1 | 1,6 | 14,1 | 55,8 | 1,5 | 13,8 | 56,2 | 1,6 | 14,5 | 55,9 | 1,5 | 14,4 |
| 56,1 | 1,6 | 14,1 | 55,8 | 1,5 | 13,8 | 56,2 | 1,5 | 14,5 | 55,9 | 1,5 | 14,4 |
| 56,1 | 1,7 | 14,1 | 55,8 | 1,5 | 13,9 | 56,3 | 1,5 | 14,6 | 56 | 1,5 | 14,4 |
| 56,1 | 1,6 | 14,1 | 55,8 | 1,5 | 13,9 | 56,2 | 1,6 | 14,5 | 56 | 1,5 | 14,4 |
| 56,1 | 1,6 | 14,1 | 55,8 | 1,5 | 13,9 | 56,2 | 1,6 | 14,5 | 56 | 1,5 | 14,3 |
| 56,1 | 1,6 | 14,1 | 55,8 | 1,5 | 13,9 | 56,3 | 1,6 | 14,5 | 56,1 | 1,5 | 14,3 |
| 56,1 | 1,7 | 14 | 55,8 | 1,5 | 13,8 | 56,3 | 1,5 | 14,5 | 56,1 | 1,5 | 14,4 |
| 56,3 | 1,7 | 14 | 55,7 | 1,4 | 13,8 | 56,3 | 1,5 | 14,6 | 56 | 1,6 | 14,4 |
| 56,3 | 1,7 | 14 | 55,7 | 1,4 | 13,8 | 56,2 | 1,5 | 14,6 | 55,8 | 1,5 | 14,3 |
| 56,3 | 1,7 | 14 | 55,7 | 1,2 | 13,8 | 56,2 | 1,5 | 14,6 | 55,9 | 1,5 | 14,3 |
| 56,2 | 1,7 | 14 | 55,7 | 1,5 | 13,8 | 56,2 | 1,6 | 14,6 | 55,9 | 1,5 | 14,3 |
| 56,2 | 1,7 | 14 | 55,7 | 1,5 | 13,9 | 56,3 | 1,6 | 14,6 | 56 | 1,6 | 14,3 |

ANEXO 6:

6.1 Calculador apariencia visual de los parámetros del sistema CIELab.



ANEXO 7

VALORES DELTA E Color A3

| | Grosor 0.6 mm | | | Grosor 0.6 mm | | |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|------------------|
| | N-M | N-R | N-MC | N-M | N-R | N-MC |
| 1. | 1,5811388 | 0,3316625 | 1,0246951 | 1,2083046 | 0,4123 | 0,4582576 |
| 2. | 1,5427249 | 0,244949 | 0,9110434 | 1,0723805 | 0,3317 | 0,244949 |
| 3. | 1,6093477 | 0,3 | 0,8306624 | 1,1224972 | 0,3000 | 0,3 |
| 4. | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,2884099 | 0,3317 | 0,3464102 |
| 5. | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,3114877 | 0,3742 | 0,4123106 |
| 6. | 1,7578396 | 0,3162278 | 1,1357817 | 1,3601471 | 0,5099 | 0,4358899 |
| 7. | 1,6552945 | 0,244949 | 1,0198039 | 1,3490738 | 0,5831 | 0,5196152 |
| 8. | 1,5652476 | 0,2236068 | 1,0440307 | 1,2247449 | 0,5099 | 0,5 |
| 9. | 1,5652476 | 0,2236068 | 0,9273618 | 0,9899495 | 0,3742 | 0,3316625 |
| 10. | 1,5811388 | 0,3464102 | 0,9273618 | 1,0488088 | 0,3742 | 0,4690416 |
| 11. | 1,5165751 | 0,3316625 | 0,9273618 | 1,0246951 | 0,4123 | 0,4358899 |
| 12. | 1,4899664 | 0,3605551 | 0,969536 | 1,1045361 | 0,3464 | 0,3316625 |
| 13. | 1,4899664 | 0,3605551 | 1,0630146 | 1,0723805 | 0,4123 | 0,2236068 |
| 14. | 1,603122 | 0,5196152 | 0,9055385 | 1,1874342 | 0,4899 | 0,2828427 |
| 15. | 1,5394804 | 0,4123106 | 0,9055385 | 1,1874342 | 0,4899 | 0,2828427 |
| 16. | 1,7029386 | 0,2828427 | 1,1090537 | 1,0246951 | 0,4123 | 0,4358899 |
| 17. | 1,5811388 | 0,3316625 | 1,0246951 | 1,1045361 | 0,3464 | 0,3316625 |
| 18. | 1,5427249 | 0,244949 | 0,9110434 | 1,0723805 | 0,4123 | 0,2236068 |
| 19. | 1,6093477 | 0,3 | 0,8306624 | 1,1874342 | 0,4899 | 0,2828427 |
| 20. | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,1874342 | 0,4899 | 0,2828427 |
| 21. | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,1045361 | 0,3000 | 0,3 |
| 22. | 1,7578396 | 0,3162278 | 1,1357817 | 1,0723805 | 0,3317 | 0,244949 |
| 23. | 1,6552945 | 0,244949 | 1,0198039 | 1,1224972 | 0,3000 | 0,3 |
| 24. | 1,5652476 | 0,2236068 | 1,0440307 | 1,2884099 | 0,3317 | 0,3464102 |
| 25. | 1,5652476 | 0,2236068 | 0,9273618 | 1,3114877 | 0,3742 | 0,4123106 |
| 26. | 1,5165751 | 0,3316625 | 0,9273618 | 1,3601471 | 0,5099 | 0,4358899 |
| 27. | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,3490738 | 0,5831 | 0,5196152 |
| 28. | 1,7492856 | 0,3316625 | 0,9433981 | 1,2247449 | 0,5099 | 0,5 |
| 29. | 1,7578396 | 0,3162278 | 1,1357817 | 0,9899495 | 0,3742 | 0,3316625 |
| 30. | 1,5811388 | 0,3464102 | 0,9273618 | 1,0488088 | 0,3742 | 0,4690416 |
| Promedio | 1,6276045 | 0,3122743 | 0,9748352 | 1,1666933 | 0,4130 | 0,3663902 |
| Desvest | 0,0941576 | 0,0628468 | 0,0832297 | 0,1181467 | 0,0834 | 0,0933565 |

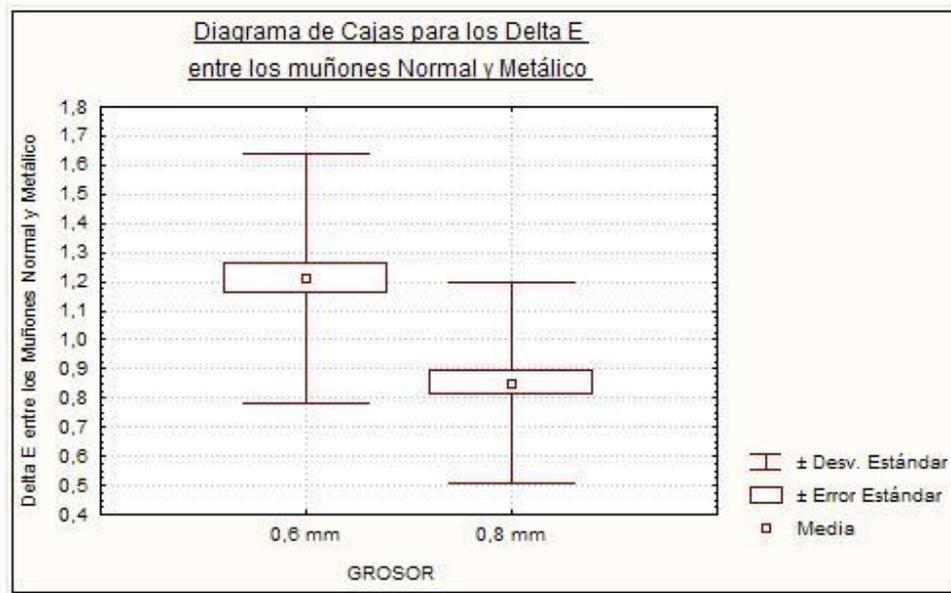
ANEXO 8

VALORES DELTA E Color C3

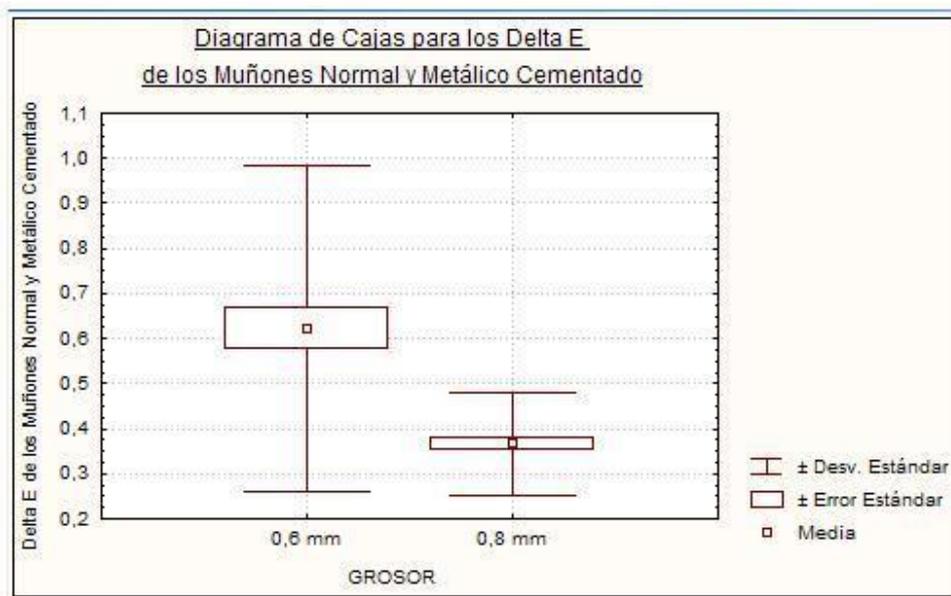
| | Grosor 0.6 mm | | | Grosor 0.6 mm | | |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | N-M | N-R | N-MC | N-M | N-R | N-MC |
| 1. | 0,781025 | 0,4898979 | 0,244949 | 0,4123106 | 0,5744563 | 0,3741657 |
| 2. | 0,781025 | 0,3 | 0,244949 | 0,3741657 | 0,4123106 | 0,3316625 |
| 3. | 0,7348469 | 0,3741657 | 0,3162278 | 0,3741657 | 0,4123106 | 0,244949 |
| 4 | 0,7681146 | 0,3741657 | 0,2236068 | 0,3741657 | 0,4472136 | 0,2236068 |
| 5 | 0,8774964 | 0,3605551 | 0,3 | 0,4123106 | 0,5744563 | 0,4472136 |
| 6 | 0,9486833 | 0,3605551 | 0,3 | 0,70000 | 0,6324555 | 0,509902 |
| 7 | 0,8185353 | 0,3741657 | 0,244949 | 0,70000 | 0,6403124 | 0,6164414 |
| 8 | 0,7348469 | 0,3 | 0,2236068 | 0,8062258 | 0,6403124 | 0,5385165 |
| 9 | 0,7 | 0,3741657 | 0,244949 | 0,5744563 | 0,6082763 | 0,4690416 |
| 10 | 0,6557439 | 0,4242641 | 0,3162278 | 0,5477226 | 0,6164414 | 0,3741657 |
| 11 | 0,6164414 | 0,3741657 | 0,3162278 | 0,4358899 | 0,4582576 | 0,1414214 |
| 12 | 0,9055385 | 0,4472136 | 0,3741657 | 0,728011 | 0,4472136 | 0,1732051 |
| 13 | 0,9486833 | 0,4358899 | 0,244949 | 0,728011 | 0,3316625 | 0,3000 |
| 14 | 0,8774964 | 0,4358899 | 0,244949 | 0,4358899 | 0,4123106 | 0,3741657 |
| 15 | 0,6164414 | 0,4358899 | 0,3162278 | 0,4358899 | 0,4242641 | 0,3741657 |
| 16 | 0,9055385 | 0,4472136 | 0,3741657 | 0,4358899 | 0,4582576 | 0,1414214 |
| 17 | 0,9486833 | 0,4358899 | 0,244949 | 0,728011 | 0,4472136 | 0,1732051 |
| 18 | 0,8774964 | 0,4358899 | 0,244949 | 0,728011 | 0,3316625 | 0,3000 |
| 19 | 0,781025 | 0,3741657 | 0,244949 | 0,4358899 | 0,4123106 | 0,3741657 |
| 20 | 0,781025 | 0,3741657 | 0,244949 | 0,4358899 | 0,4242641 | 0,3741657 |
| 21 | 0,781025 | 0,4898979 | 0,244949 | 0,4123106 | 0,5744563 | 0,3741657 |
| 22 | 0,781025 | 0,3 | 0,244949 | 0,3741657 | 0,4123106 | 0,3316625 |
| 23 | 0,7348469 | 0,3741657 | 0,3316625 | 0,3741657 | 0,4123106 | 0,244949 |
| 24 | 0,7681146 | 0,3316625 | 0,2236068 | 0,3741657 | 0,4472136 | 0,2236068 |
| 25 | 0,8774964 | 0,3605551 | 0,3 | 0,4123106 | 0,5744563 | 0,4472136 |
| 26 | 0,9486833 | 0,3605551 | 0,3 | 0,70000 | 0,6324555 | 0,509902 |
| 27 | 0,8185353 | 0,3741657 | 0,2236068 | 0,70000 | 0,6403124 | 0,6164414 |
| 28 | 0,7348469 | 0,3 | 0,2 | 0,8062258 | 0,6403124 | 0,5385165 |
| 29 | 0,7 | 0,3741657 | 0,244949 | 0,5744563 | 0,6082763 | 0,4690416 |
| 30 | 0,6557439 | 0,4242641 | 0,3162278 | 0,5477226 | 0,6164414 | 0,3741657 |
| Promedio | 0,7953001 | 0,387258 | 0,2713299 | 0,5359476 | 0,5088169 | 0,3661748 |
| Desvest | 0,0991223 | 0,0528291 | 0,0460145 | 0,1534437 | 0,1039165 | 0,1335819 |

ANEXO 9:

9.1 Diagramas de cajas para los Delta E entre los muñones natural y metálico, para ambos colores.



9.2 Diagramas de cajas para los Delta E entre los muñones natural y metálico cementado, para ambos colores.



9.3 Diagramas de cajas para los Delta E entre los muñones natural y resina, para ambos colores.

