

299
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

COLOR EN PROTESIS CERAMO - METALICA
(aspectos teóricos)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

CIRUJANO DENTISTA

P R E S E N T A :

MAYRA JULIETA MITRE DURAN

MEXICO, D. F.

1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE'

	Páginas
Introducción General	1 - 4
PRIMERA PARTE: EL COLOR.	
Generalidades	5 - 9
CAPITULO I. ASPECTOS FISICOS DEL COLOR	
Introducción	10 - 11
Luz	
Definición	11
Teorias acerca de la Naturaleza de la luz	11 - 12
Fenomenos ópticos debidos a la naturaleza rectilínea de la luz	12 - 13
Fuentes de Luz	13
Velocidad de la luz	13
Radiación	13
Fotometría. Leyes y aparatos	13 - 14
Unidades Fotométricas	15
Reflexión de la luz	15
Leyes de la reflexión	15 - 16
Definiciones	16
Espejos	16
Refracción de la luz	16 - 17
Leyes de la refracción	17
Definiciones	17
Lentes	17

Dimensiones físicas de la luz	18
Espectroscopia	18
Espectros y Clases	19

CAPITULO II. ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL COLOR

Introducción	20 - 21
Gama de colores	22
Colores Luz	22
Colores Pigmento	22
Colores Primarios, Secundarios, Intermedios, Terciarios y Cuaternarios	22
Colores Primarios, Secundarios y Complementarios de luces coloreadas	23
Colores pigmentarios Primarios y secundarios	24
Colores pigmentarios Complementarios	24 - 25
Colores cálidos y fríos	25

**CAPITULO III. ASPECTOS PSICO - SENSORIALES
DEL COLOR**

Introducción	26
Atributos psicológicos del color	26 - 27
Matiz / Tonalidad Cromática	27 - 28
Luminosidad / Claridad / Valor	28
Saturación / Intensidad	28 - 29
Control de Pigmento y Tono	29
Control del Valor	29 - 30
Control del Matiz	30 - 31
Control de la Intensidad	31 - 32
CONCLUSIONES PARTE I	33 - 40
BIBLIOGRAFIA PARTE I	41 - 42

PARTE II. PROBLEMAS RELATIVOS A LA COLORACION

Generalidades	43 - 44
---------------------	---------

CAPITULO IV. ILUMINACION

Introducción	45 - 46
Interacción entre la luz y la materia	46 - 48
Modalidades de apariencia del color	48
Metamerismo	48 - 49
Fluorescencia	49 - 50

CAPITULO V. OBSERVADOR

Introducción	51
Comunicación C.D. - Técnico Dental	51 - 53
Diferencias de Percepción entre el C.D. y el Técnico Dental	54
Exámenes de detección de anomalías congénitas de la visión	54 - 55
Fenómeno de Fatiga Cromática	55

CAPITULO VI. EL PARAMETRO "MATERIAL"

Introducción	56
El diente natural	56 - 57
Colorímetros	57 - 60
Materiales utilizados en la fabricación de restauraciones ceramo - metálicas	60
Elemento cosmético de la restauración ceramo - metálica.	
Clases de Porcelana Dental	60 - 64
Subestructura de las coronas ceramo - metálicas	64 - 66
Ligaduras porcelana - metal	66 - 67
Comportamiento óptico de los materiales	68 - 70

Corona Funda vs. Restauración ceramo - metálica	70 - 72
--	---------

CAPITULO VII. ELABORACION DEL ELEMENTO COSMETICO

DE LA RESTAURACION C. M.

Introducción	73 - 75
Colores Suplementarios	75 - 76
Elección del Color	76 - 79
Instrucciones al ceramista	79
Elaboración del elemento cosmético	
Opacador	80 - 81
Cerámica cosmética	81 - 85
Maquillaje de Profundidad y de Superficie	85 - 86
Importancia del éxito en el color	86 - 87
Modificación de algunas características anatómicas dentales por medio del color	87 - 88
CONCLUSIONES PARTE II	89 - 93
BIBLIOGRAFIA PARTE II	94 - 96
BIBLIOGRAFIA GENERAL	97 - 99.

INTRODUCCION GENERAL

La inquietud que motivó la elaboración de este trabajo es ya antigua y proviene de la idea de que la Odontología logra establecer un equilibrio básico entre dos aspectos que siempre han sido importantes para mí, y consigue de hecho enlazarlos: La ciencia y el arte.

Las ciencias de la salud son las encargadas de prevenir y curar la enfermedad y están compuestas de dos dimensiones: la primera, representada por el conjunto sistematizado de conocimientos y técnicas que constituyen el "saber médico", y la segunda, por el hombre sano o enfermo a quien la acción profesional es dirigida y a quien debe beneficiar.

La Rehabilitación Bucal puede ser definida como la materia que incluye el diagnóstico, prevención y restauración de problemas y condiciones patológicas de la cavidad oral, y cuya meta es preservar su salud o restablecerla hasta lograr las condiciones óptimas tanto de funcionalidad como de estética. En el cumplimiento de este objetivo intervienen todas las especialidades odontológicas, unas en la prevención y otras en la restauración, como es el caso de la Prótesis.

Prótesis, por definición, es el reemplazo de una parte ausente del cuerpo humano, que se efectúa por medio de un componente artificial.

La Prótesis dental es la rama de ciencia y arte de la odontología que se encarga de devolver la funcionalidad óptima al aparato masticatorio, por medio de la restauración y reemplazo de estructuras dentales faltantes, utilizando para ello componentes artificiales, en orden de restablecer la funcionalidad, salud, confort y apariencia estética del paciente.

Como arte, incluye las técnicas empleadas para devolver las condiciones óptimas de salud, aunadas a la conservación o restablecimiento de la estética.

La estética, por definición, es la rama de la filosofía que trata de la belleza, especialmente de los componentes intrínsecos de ella, tales como color, forma, etc. Es la impresión que ésta produce en los sentidos. A través de la historia, los conceptos estéticos han estado condicionados por el entorno social del individuo y han variado conforme se ha modificado éste. Están basados en el gusto general de la sociedad. Algo es considerado estéticamente agradable cuando muchas personas se encuentran de acuerdo en ello.

El factor estético encierra una gran importancia para el paciente, ya que se encuentra íntimamente ligado a sus necesidades individuales y colectivas -sociales-. Sus motivaciones se alinean bajo modelos que son el reflejo del comportamiento de la sociedad, e incluyen el deseo de

promocionarse, la competencia sentimental, etc. Todo esto impone la necesidad de "verse bien" y mantenerse así, ya que este aspecto tiene una gran injerencia sobre los aspectos psicológicos del individuo.

Históricamente, muchas personas que han requerido tratamiento dental, han estado preocupadas por la apariencia de las restauraciones. Esta preocupación es expresada más frecuentemente en relación a los dientes anteriores, por motivos de visibilidad. Durante muchos años, la odontología fué incapaz de satisfacer esta preocupación estética. Pero ahora, el desarrollo de la ciencia de los materiales dentales ha contribuido enormemente a la obtención de ella. Uno de sus mayores logros fué la introducción de las porcelanas dentales reforzadas, ocurrida en la década de los 60. Este avance permitió la confección de restauraciones que además de lograr la rehabilitación funcional, proporcionaran un grado elevado de perfección estética. Así comenzó el uso bastante generalizado de la corona-funda o "jacket crown", que estéticamente logra resultados impresionantes; sin embargo, debido a la fragilidad de dicho material, su uso se encontraba limitado o restringido solo a aquellos casos en los que las condiciones ocluso-articulares lo permitieran. Actualmente se ha desarrollado ya un derivado de dicha restauración, cuya ventaja esencial consiste en obviar las características indeseables de resistencia de la cerámica, a la vez que utiliza sus ventajas estéticas: La restauración ceramo-metálica.

En el estado actual de desarrollo, la restauración ceramo-metálica representa una verdadera unión de arte y ciencia. Tanto el conocimiento de la ciencia como la apreciación del arte son necesarios para realizar todo el potencial de la restauración, constantemente en evolución.

Simular las características de la dentadura natural es definitivamente una forma de arte. Para ser un maestro en la cerámica se requiere control completo de las graduaciones de color y formas dentarias, así como de los materiales a utilizar.

El éxito en la cerámica depende de la habilidad del operador para crear una restauración estética, comenzando con algunos materiales refinados y transformándolos posteriormente en resultados estéticos y cosméticos agradables.

La reconstrucción dentaria es una empresa delicada que concierne a 3 personajes: paciente, odontólogo y técnico dental. El dentista y el técnico crean una ilusión. Aprenden conceptos de percepción y tratan de alcanzar los deseos del paciente en relación a una apariencia estética. Desafortunadamente, el dentista puede desarrollar conceptos de apariencia estética que difieran de los de sus pacientes. Esto puede crear problemas de comunicación y dificultades no anticipadas. Si el dentista aspira a ser el creador intelectual del elemento estético en la

reconstrucción protésica, es necesario que perciba, module y canalice las aspiraciones del paciente; asimismo, debe proporcionar al laboratorio información precisa y coherente acerca de los elementos que desea se encuentren presentes en la reconstrucción.

El dentista tiene que estar muy preocupado por los detalles cuando pretende establecer una apariencia deseable para la restauración. Así, un dentista conciente y preocupado por resolver los problemas estéticos de sus pacientes debe continuamente estudiar la materia de la estética, no sólo asistiendo a cursos especializados o revisando la literatura correspondiente, sino convirtiéndose en un agudo observador de la sonrisa natural. Las formas dentarias y su disposición en la arcada son elementos cruciales para obtener el resultado estético en la restauración.

Es necesario analizar adecuadamente los componentes estéticos a fin de comunicar exactamente al paciente cómo lucirá la sonrisa después del tratamiento restaurador. La explicación del análisis de la sonrisa es indispensable a fin de que el paciente comprenda los resultados a obtener, aún antes de iniciar el tratamiento. Para efectuar este análisis es de suma importancia observar las piezas dentarias visibles durante la sonrisa.

Existen varias características físicas que pueden afectar el valor estético de una restauración ceramo-metálica, entre los que podemos mencionar la forma, textura, densidad y color.

La estética como objetivo se logra cuando la composición del diente es la más natural en relación con la forma, tamaño y disposición adecuados de las unidades comprendidas.

La cosmética, por otra parte, es exclusivamente la incumbencia del color y del tejido. Una característica clave en el éxito de la estética de la restauración, es entender la influencia del color. Es importante para el dentista entender, distinguir e interpretar, cómo pequeñas diferencias pueden influir sobre la exactitud del color.

Si bien, la igualación del color de una restauración cerámica con respecto a la dentadura natural es casi imposible, su aproximación puede ser alcanzada si ciertos fundamentos son entendidos y practicados: color, problemas relativos a la coloración, metodología para la selección del color, comunicación coherente del dentista hacia el ceramista respecto a sus deseos, procedimientos de laboratorio adecuados y terminación correcta de la restauración, etc.

Como ya se mencionó, en la Odontología Restaurativa los esfuerzos combinados de la peridondia, ortodondia, endodondia, operatoria dental y prostodondia son necesarios para obtener resultados biológicos y estéticos aceptables.

Existe una difusión bastante generalizada de literatura referente a diversos aspectos de ella, sin embargo, hay muy poca difusión -por lo menos en nuestro país- de literatura acerca de la estética en la reconstrucción protésica. Este hecho llamó poderosamente mi atención y me motivó a llevar a cabo una investigación bibliográfica relativa a ella, a fin de realizar el presente trabajo. De este modo fueron detectados, obtenidos, traducidos y analizados alrededor de 100 documentos escritos en 4 diferentes idiomas, relativos a: prótesis, estética de la restauración cerámica y ceramo-metálica, teoría del color, materiales dentales, física, fisiología y percepción.

No está dentro del propósito de este trabajo, que pretende ser un documento de proporción razonable, tratar de manera exhaustiva el estudio pleno de las complicaciones estéticas relativas a una restauración ceramo-metálica. Más modestamente, la finalidad buscada es proporcionar una idea general acerca de los elementos que influyen sobre el color en dicho tipo de restauración.

Para este fin, el trabajo está dividido en 2 partes; la primera, relativa a teoría del color (aspectos físicos, fisiológicos y psico-sensoriales), proporciona las bases teóricas necesarias para su comprensión y manejo generalizado; en la segunda, se tratarán los problemas relativos a la coloración, aplicados ya a la confección de la restauración ceramo-metálica y, por supuesto, a la elaboración del elemento cosmético de la misma.

Si la presente sirve para proporcionar a mis colegas, un elemento más en su acervo cultural, para el desarrollo de su trabajo cotidiano, consideraré que ha cumplido su objetivo.

"EL COLOR TIENE SU LOGICA PROPIA, QUE PERMITE COMBINAR SUTILMENTE TINTES PARA OBTENER RESULTADOS ASOMBROSOS, PERO TAMBIEN TIENDE TRAMPAS AL INCAUTO QUE SE DEDIQUE A BUSCAR SOLUCIONES CROMATICAS SIN ANTES DOMINAR A FONDO LAS LEYES QUE GOBIERNAN SU EMPLEO".

PRIMERA PARTE

EL COLOR

Generalidades :

El COLOR no existe en la naturaleza por si mismo. Está condicionado a una serie de fenómenos de carácter físico, fisiológico y psico-sensorial. Su noción, identificación y reconocimiento son el producto de una percepción.

Cuando las imágenes del mundo exterior llegan a la retina del ojo, se activa un intrincado proceso que da como resultado la visión: la transformación de la imagen retiniana en PERCEPCION. [1]

La PERCEPCION VISUAL no es la réplica del mundo físico, sino su representación simplificada. [2]

Ver es el proceso de absorber información dentro del sistema nervioso a través de los ojos, o más propiamente, del sentido de la vista. [3]

La visión es producto del aprendizaje. Ver un objeto es reconocerlo, asociar a la sensación presente la imagen de sensaciones pasadas e identificar lo actual, confrontándolo con un modelo memorizado que proviene de experiencias precedentes. Para percibir los objetos, éstos deben ser diferenciados dentro de su marco espacial. La luminosidad, la percepción del movimiento, de los contornos, la impresión de relieve y la visión de los colores, son elementos que contribuyen a individualizar fuertemente los objetos, reteniendo la atención. [2]

En términos generales podemos decir que la percepción es el resultado de diferencias en el campo visual [4], y es un proceso por medio del cual un organismo recibe o extrae alguna información del medio que le rodea [5]. Podemos pues concluir que la PERCEPCION VISUAL es resultado de una estrecha interacción entre aspectos fisiológicos y psico-sensoriales, que a continuación será descrita brevemente.

La transformación de la imagen retiniana en percepción tiene lugar en parte en la retina, pero mayormente en el cerebro. [1]

En una simplificación extrema, podemos considerar que la trayectoria desde la retina hasta el córtex consta de 6 tipos de células nerviosas, de las cuales, tres están en la retina, una en el cuerpo geniculado y dos en el córtex. [1]

La luz que llega a través de la lente del ojo, cae sobre el mosaico de células receptoras de la retina (conos y bastones), que conectan por medio de sinapsis con una serie de células retinianas llamadas células bipolares; estas a su vez conectan con células de ganglios retinianos y esta última serie es la que envía las fibras del nervio óptico al

cerebro. [6]

Esta serie de células y sinapsis no es un simple cuerpo organizado de pistones y válvulas para transmitir impulsos; un receptor puede enviar terminaciones a más de una célula y varios receptores pueden converger en una sola célula. [6]

Así, aunque la organización del sistema visual no es comprendida aún del todo, el trazado general de la trayectoria visual puede ser resumido: Desde la retina de cada ojo, los mensajes visuales marchan a lo largo del nervio óptico; en la unión conocida como quiasma, la mitad de los nervios se cruzan y se dirigen al hemisferio cerebral opuesto, permaneciendo los otros nervios del mismo lado.

Las fibras ópticas conducen a las primeras estaciones del camino al cerebro: un par de racimos celulares llamados cuerpos geniculados laterales, y de allí, nuevas fibras se dirigen hacia atrás por el cerebro hacia el área visual del córtex cerebral. [7]

El córtex cerebral es una estructura de estupenda complejidad, que influye en los aspectos psico-sensoriales de la visión. Los millones de fibras provenientes del cuerpo geniculado lateral, conectan con ciertas células corticales y desde allí, la información se disemina a través de todas las capas del córtex por medio de abundantes interconexiones. [8]

Resumiendo podemos decir que las retinas proyectan al córtex visual (vía el cuerpo geniculado lateral) de una manera topológica sistemática, es decir, un área dada del córtex recibe en último término su energía de entrada en un área circunscrita de la retina. [8]

Una vez que la información del estímulo ha sido transformada en impulsos nerviosos, empieza el proceso de la percepción [5], que puede ser desglosado en 4 etapas:

1. Energía física (entrada). En primer lugar, el acto de ver implica una respuesta a la luz. En otras palabras, el elemento más importante y necesario de la experiencia visual es de carácter tonal. Todos los demás elementos visuales se nos revelan mediante la luz, pero resultan secundarios respecto al elemento tono, que es de hecho, luz o ausencia de la misma. Lo que nos revela y ofrece la luz, es la sustancia mediante la cual el hombre da forma e imagina lo que reconoce e identifica en el entorno [5], es decir, todos los demás elementos visuales: línea, color, contorno, dirección, textura, escala, dimensión y movimiento. [3]

2. Transducción Sensorial: Interpretación de energía física en mensajes informativos que el sistema nervioso puede utilizar. [5]

3. Actividad Interrecurrente del Cerebro: Cuando los impulsos llegan al cerebro puede ocurrir una de dos cosas:
a) El cerebro puede actuar como relevo y estación receptora, transmitiendo la información al sistema de respuesta, o, b) puede además seleccionar, reorganizar y modificar la información antes de transmitirla al sistema de

respuesta.

El uso inicial de los sentidos se debe a una acción refleja o innata ante el contenido informativo más simple o burdo de la energía de un estímulo. En el caso de la visión, la reacción es simplemente a la luz como tal, sin mucha discriminación; pero esta reacción innata a la estimulación luminosa durante la infancia, produce cambios graduales en el sistema nervioso y en el cerebro. Con este cambio en la organización del cerebro, aumenta la capacidad para extraer aspectos informativos más variados del patrón de estímulo. [5]

Después de la reacción a la luz, el cerebro se torna capaz de discriminar una forma de luz de otra. La tercera etapa, lograda después de una mayor experiencia, capacita para ver la forma como una figura vaga. Finalmente, después del ensayo y el error y del reforzamiento diferencial, el cerebro desarrolla la capacidad de seleccionar modelos, formas o identidades a las cuales puede reconocer o responder.

4. Experiencia Perceptual o Respuesta (salida): Es una prolongación de la etapa anterior. Sabemos que la percepción ha ocurrido cuando el sujeto nos lo informa. Esta es una tarea compleja que puede dividirse en subtareas, que, ordenadas en progresión sucesiva jerárquica, de la más simple a la más compleja, serían:

4.1 Detección de la energía del estímulo (luz) y discriminación del cambio en la energía del estímulo.

4.2 Discriminación de una brillantez unificada o unidad de figuras consideradas como separadas del fondo.

4.3 Determinación de detalles más finos, que lleva a una figura más diferenciada.

4.4 Identificación o reconocimiento de una forma o modelo.

4.5 Manipulación de la forma identificada; por ejemplo, solución de problemas y percepción social.

En este orden relativo, las tareas 4.1 y 4.2 están muy determinadas por factores sensoriales, mientras que la progresión de la tarea 4.3 a la 4.5, requiere una creciente implicación del cerebro, la experiencia y el aprendizaje.

Los indicios para los tipos de organización implicados en los diferentes niveles, provienen de Hebb (1949), quien sugirió 3 niveles de organización perceptual:

a) Una unidad primitiva, determinada sensorialmente, que se refiere a la unidad y segregación de una figura desde un fondo. La emergencia de la figura parece ser un producto directo del modelo de excitación sensorial y de las características inherentes al sistema nervioso, sobre el cual actúa.

b) La organización figura-fondo, no sensorial, definida como aquella en la que los límites de la figura no son limitados por gradientes de luminosidad en el campo visual. Esta organización está afectada por la experiencia y otros factores no sensoriales y no es inevitable en cualquier percepción.

c) La identidad de una figura percibida que se refiere a las propiedades de asociación inherentes a una percepción. Naturalmente esta identidad está afectada por la experiencia. [5]

Qué elementos dominan en qué declaraciones visuales es algo que está determinado por la índole de lo que se diseña, o en el caso de la naturaleza, de lo que existe. [3]

A medida que el conjunto perceptual se amplía y se torna más complejo y rico con la experiencia del individuo, éste se torna capaz de extraer más información del medio que le rodea. El proceso empieza con una simple acción refleja al nacer y crece a través de la maduración y del aprendizaje. [5]

Así pues, la luz que reflejan los objetos de nuestro campo visual llega a la retina con una trama de diferentes cualidades y cantidades. Dicha trama inicia la respuesta nerviosa correspondiente, que el cerebro registra como esquema de energía. Esto constituye la base de nuestra percepción. Algo posee forma debido a que el contraste crea una estructura en el esquema. Las partes de baja energía se funden, constituyendo lo que los psicólogos llaman FONDO [9]. Las partes de energía más alta y mayor contraste se organizan en lo que comúnmente se conoce como FIGURA. Todo lo que vemos y posee forma se percibe en esta clase de relación. [9]

Cabe mencionar que gran parte de lo que sabemos acerca de la interacción y el efecto de la percepción humana sobre el significado visual, se lo debemos a los estudios y experimentos de la psicología Gestalt.

COLOR

El COLOR es la forma bajo la cual, según su ley, la naturaleza se ofrece al sentido visual. Parece ser una propiedad indisolublemente ligada a los objetos entre los que vivimos y así se adiciona a sus formas y a sus dimensiones, permitiéndonos identificarlos mejor. Esta es una noción que parece vanal, pero que tiene la asombrosa particularidad de manifestarse sólo en presencia de luz [2]. Todas las cosas en la naturaleza tienen forma y color: La forma es estable y existe por sí misma independientemente de la luz; el color no.

El color no depende del objeto, sino que está condicionado a un fenómeno FÍSICO producido por la luz.

Esta, tiene la misión de hacer que la forma sea sensible a la vista, pero no la engendra. El color no es una propiedad del cuerpo en que lo vemos, sino que está condicionado por la luz y se transforma según cambia su grado de intensidad [10].

Color es un término general que se refiere a los efectos de las ondas luminosas que llegan a la retina del ojo, impresionándola [11]. Así, el color propiamente dicho es el efecto FISIOLÓGICO producido en nuestro sentido de la visión y por lo tanto es una SENSACION [2].

Ninguna onda luminosa es en si misma color. Este sólo se produce en el cerebro [4]. Por lo tanto, podemos decir que : El color es una impresión sensorial producida por un conjunto de fenómenos que se producen a 3 niveles :

1.- FÍSICO: Interacción entre luz y materia.

2.- FISIOLÓGICO: LUZ -----> RETINA -----> FENOMENOS ----->
TRANSMISIÓN A CENTROS VISUALES DEL CEREBRO.

3.- PSICO - SENSITIVO: Transformación de la actividad nerviosa que alcanza la corteza cerebral para transformarse en una percepción consciente de luz y color.

A lo anterior es a lo que Shepard llama las "Etapas del Proceso Visual". [2]

Dichos fenómenos serán tratados ampliamente a lo largo de los capítulos I, II y III, que conforman esta primera parte, cuyo objeto principal es proporcionar una base para la comprensión del color, sus dimensiones, relaciones y manejo.

CAPITULO I

ASPECTOS FISICOS DEL COLOR

El color es el resultado de la reflexión de la luz sobre los cuerpos que la reciben, que tienen la propiedad de reflejar uno, absorbiendo los demás [10]. Por lo tanto, el color depende de las radiaciones que emite el cuerpo, es decir, de las que no absorbe. El blanco, por ejemplo, emite todas las radiaciones y no absorbe ninguna; el negro las absorbe todas. Ni el blanco ni el negro son colores. El blanco es la sensación que producen todos los colores conjuntamente; el negro es la ausencia total de luz [2].

El color se presenta bajo aspectos múltiples y diversos: algunos parecen materiales, como es el caso de los pigmentos de las pinturas; otros lo parecen menos, como cuando la luz se descompone en un prisma. En realidad se trata respectivamente de materiales colorantes y luces coloreadas. [2]

Los materiales colorantes se conocen como pigmentos, que son sustancias químicas que tienen la propiedad de absorber total o parcialmente las radiaciones que componen la luz blanca, permitiendo que todas las demás sean reflejadas por ellos y por lo tanto percibidas. [4]

Las luces coloreadas son ondas luminosas de diferente longitud de onda, que forman parte del espectro electromagnético [2]. Este comprende todas las formas de energía radiante [4]. Las ondas electromagnéticas transportan energía a través del universo y pueden ser representadas por un campo magnético y un campo eléctrico que vibran en planos perpendiculares entre sí, y a la vez perpendicularmente a la dirección de la onda. Así, la luz es una modalidad de onda electromagnética. [12]

"Si hacemos pasar un rayo de luz a través de un prisma, vemos que el rayo se descompone armónicamente en una gama de colores" [10]. A ésta se le da el nombre de espectro visible. Solo un sector muy limitado del espectro electromagnético tiene la propiedad de excitar la retina (el que se encuentra comprendido entre los 400 y los 700 milimicrones *), formando el espectro luminoso que llamamos luz [4]. Esta gama armónica está compuesta de 7 colores: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta e indigo. [10]

* Llamados también nanómetros, cuya equivalencia es de 10⁹ mm-, o sea, 0,00000001m.

"Si se realiza la operación a la inversa (síntesis de la luz [13], vemos que esta gama armónica vuelve a transformarse en un rayo de luz blanco y brillante" [10]. Por consiguiente, la luz blanca es sólo una parte de la energía radiante que, en el espectro electromagnético va precedida de las radiaciones Ultravioleta y seguida de los rayos Infrarrojos, a los que por ser invisibles no se les da el nombre de luz. [4]

La descomposición de la luz y su recomposición por medio de un prisma NO ES VALIDA cuando se mezclan colores pigmento, pues éstos están hechos a base de sustancias químicas y por lo tanto no se trata ya de un fenómeno físico sino de un fenómeno químico. [10]

A continuación se hará una descripción somera de algunos de los conceptos y fenómenos relacionados con la óptica *1 y la óptica física *2 a fin de simplificar la comprensión de los aspectos físicos del color y de la interacción entre la luz y la materia.

LA LUZ .

Definición : Forma particular de energía radiante que impresiona el sentido de la vista [2, 12, 13], propagándose mediante ondas visibles por el ojo humano. Forma parte del espectro electromagnético [4] y puede ser modificada por muchos objetos o sustancias para crear color. En su forma pura es blanca. Cuando es filtrada, reflejada, refractada o absorbida a diferentes longitudes de onda nos da la percepción de los colores. [14]

Teorías acerca de la Naturaleza de la Luz:

1.- Teoría de las Emisiones o Teoría Corpuscular de Newton : "La luz está constituida por infinidad de partículas materiales emitidas por el foco luminoso, que se propagan en línea recta en un medio homogéneo. Los corpúsculos, extraordinariamente pequeños, saldrán del foco emisor como los proyectiles de una ametralladora" [13]. Según él, la luz blanca esta formada por la mezcla de dichos corpúsculos, que tienen distinto tamaño para cada color. [4]

* 1 Óptica - Parte de la Física que se ocupa del estudio de la luz, de su naturaleza y de los fenómenos a los que da lugar. [13]

* 2 Óptica Física - Estudia los fenómenos de carácter ondulatorio de la luz. [13]

2.- Teoría Ondulatoria Longitudinal de Huygens: "La luz es un movimiento ondulatorio longitudinal que se propaga a través del vacío y de los medios transparentes". [13]

3.- Teoría Electromagnética de James Clerk Maxwell: "La luz es una onda transversal electromagnética, que puede propagarse en el vacío. Esta comprende: la telegrafía sin hilos, los rayos Infrarrojos, las transmisiones de Radio y T.V., rayos Gamma y rayos Ultravioleta". [13]

4.- Teoría de la Mecánica Ondulatoria de Victor L. Broglie: Considera la luz como "Un comportamiento ondulatorio y en otro corpuscular. El comportamiento asociado a un fotón es similar al de una bala, que se desplaza a un movimiento ondulatorio que se capta en forma de sonido." [13]

5.- Teoría Cuántica de Max Planck: "Los electrones pueden adquirir energía solamente por saltos, es decir, en cantidades discretas llamadas cuantos, proporcionales a la frecuencia del movimiento ondulatorio incidente." [13].

6.- Explicación del fenómeno Fotoeléctrico. Einstein (1905): "Un rayo de luz está constituido por corpúsculos luminosos llamados fotones, que son portadores de la mínima cantidad de energía luminosa. Por lo tanto, es necesario aceptar la doble naturaleza de la luz, que en muchos fenómenos tiene un comportamiento ondulatorio, mientras que en otros es corpuscular." [13]

La dualidad de luz ONDA - CORPUSCULO, ha permitido ensanchar el campo de la Física y ha hecho posible nuevas técnicas, tales como el microscopio electrónico. Actualmente, y después de profundos estudios se han podido conjugar ambos modelos, sin que ello deba tomarse como definitivo, sino como un paso más en el conocimiento de fenómenos de luz. [13]

Fenómenos Ópticos debidos a la Propagación Rectilínea de la Luz:

- Rayo Luminoso: Entendemos como rayo luminoso a la línea según la cual se propaga la luz.

- Haz Luminoso: Conjunto de rayos que pueden ser paralelos, convergentes y divergentes.

- Cuerpos Iluminados: Cuerpos que sin tener luz propia, emiten por reflexión la luz que reciben de otro cuerpo luminoso.

- Cuerpos no Luminosos: Los cuerpos no luminosos se pueden dividir en transparentes, translúcidos y opacos.

a). Cuerpos Transparentes o Diáfanos: Son aquellos a

través de los cuales pasa la luz, y permiten ver a los objetos situados detrás de ellos.

b). Cuerpos Translúcidos: Son aquéllos a través de los cuales pasa la luz aunque disminuida, pero no permiten ver los objetos claramente. [12, 13]

c).- Cuerpos Opacos: Impiden el paso de la luz. [12, 13]. Es aquél material en el que la reflexión de la luz predomina. [2]

Fuentes de Luz:

Pueden ser Naturales o Artificiales.

a).- Fuentes Naturales: Son los cuerpos que por su naturaleza producen luz continua, por ejemplo, las estrellas.

b).- Fuentes Artificiales: A los cuerpos que emiten luz debido a la excitación producida en ellos mediante cualquier procedimiento, por ejemplo, la luz eléctrica, las lámparas, etc. [9, 12, 13,].

Velocidad de la Luz

Es el límite natural de velocidad en el universo. Constante universal representada por "c" en las ecuaciones. [12]

La velocidad de la luz en el vacío es de 300,000 Km/ seg. [13].

Radiación:

Es el cambio continuo que se efectúa entre un objeto y los que le rodean. La cantidad y calidad de tal radiación depende de la temperatura y del material de los cuerpos emisor y absorbente. El mejor radiador es el cuerpo negro porque absorbe la radiación que cae sobre él. [12]

Fotometría

Estudia la intensidad luminica de un foco y sus efectos.

Las unidades fotométricas, derivan de la intensidad denominada candela (cd), que es la potencia luminosa emitida

dentro de un ángulo sólido de un estrad por foco luminoso, que equivale a $1/60$ parte de la intensidad luminosa emitida por un cm^2 de un cuerpo negro a la temperatura de fusión del platino. Si el foco es extenso, la intensidad emitida por cada cm^2 en dirección normal a la superficie se llama brillo o esplendor.

- La unidad de brillo se llama STILB y es = a una candela/ cm^2 .

- LUMEN, es la unidad de flujo luminoso, es decir, el flujo luminoso provocado por una fuente luminosa de 1 bujía decimal sobre una superficie de un metro cuadrado, colocada a un metro de distancia. $1 \text{ lumen} = 1 \text{ lux} \cdot 1\text{m}$.

Es el flujo que se recibe durante un segundo por una superficie de un metro cuadrado limitada sobre una esfera de 1 metro de radio en cuyo centro se encuentra un manantal de una bujía de intensidad.

- Flujo Luminoso, es la potencia luminosa emitida en el ángulo sólido que lo limita. Es el producto de la iluminación por la superficie iluminada.

- LUX, también llamado BUJIA METRO, es la iluminación producida en una superficie colocada a 1 m. del foco luminoso, cuya intensidad es de una bujía colocada perpendicularmente al eje del haz luminoso. Es la iluminación de una superficie que recibe un lumen por metro cuadrado : $\text{Lux} = 1 \text{ lumen} / 1 \text{ mt}^2$. [12, 13]

Ley de la Iluminación o Ley Fundamental de la Fotometría :

La iluminación es directamente proporcional a la intensidad del foco e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia del foco a la superficie. La iluminación disminuye tan rápidamente como se aleja del foco luminoso [12]. Por lo tanto se puede concluir que un cuerpo está más iluminado mientras más cerca está de la fuente.

Fotómetros :

Aparatos destinados a medir la intensidad luminosa. [13]

Iluminación producida por diferentes fuentes:

Iluminación producida por la luz solar = 100,000 lux
Iluminación para leer y estudiar = 100 lux
Iluminación de la luna en plenilunio = 0.2 lux
Iluminación de una habitación bien iluminada = 1,000 a 5,000 lux. [13]

UNIDADES FOTOMETRICAS

Magnitud	Definición	Unidad
INTENSIDAD	Cantidad de luz emitida por seg y por unidad de ángulo sólido	CANDELA
FLUJO	Cantidad de luz emitida por segundo.	LUMEN
BRILLO	Cantidad de luz emitida por s y por unidad de superficie	STILB = candela/ cm
ILUMINACION	Cantidad de luz que recibe por s y por unidad de superficie	LUX = lumen/m

Reflexión de la luz

Es la desviación que experimentan los rayos al incidir sobre una superficie bien pulimentada o espejo [13]. Cuando la luz incide sobre un espejo bajo un ángulo dado, se refleja en el mismo ángulo. [12]

Reflexión Difusa

Es la reflexión que se verifica en superficies no pulimentadas [13]. Es la que de ordinario nos permite ver los objetos y nos da información sobre su forma, color y textura. Es cuando la luz se refleja en distintos ángulos. [12]

El grado de rugosidad de la superficie determina la proporción de la reflexión difusa y regular que se efectúa. Las superficies rugosas experimentan reflexión difusa. [12]

Leyes de la Reflexión:

- Primera ley de la reflexión: El rayo incidente (R_i), la normal (N) y el rayo reflejado (R_r) están en un mismo

plano.

- Segunda ley de la reflexión: El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión ($\text{ang } i = \text{ang } r$). [12, 13]

Definiciones:

- a).- Rayo Incidente, es aquel que llega al espejo
- b).- Rayo Reflejado. El rayo luminoso proyectado por la superficie.
- c).- Normal. Es la perpendicular al ángulo de incidencia.
- d).- Ángulo de Incidencia. Es el formado por la normal y el rayo incidente.
- e).- Ángulo de Reflexión. Es el formado por la normal y el rayo reflejado.
- f).- Espejos: Superficie pulida capaz de reflejar luz. Se clasifican de acuerdo a su forma geométrica en planos y curvos (esféricos, parabólicos, cilíndricos y cónicos).

1).- Espejos Planos: Son aquellos cuya superficie pulimentada es un plano. Las imágenes en estos tienen las siguientes características: La imagen es derecha igual que el objeto; es virtual porque se forma en las prolongaciones de los rayos; es simétrica respecto al plano del espejo.

2).- Espejos Esféricos: Pueden ser cóncavos o convexos dependiendo de si la superficie pulimentada es exterior o interior, respectivamente.

Imagen Real: Formada por la intersección de los rayos luminosos después de reflejados. La imagen real tiene la propiedad de ser recogida en una pantalla.

Imagen Virtual: Formada por las prolongaciones de los rayos y no se puede recoger en una pantalla. Llamamos imagen virtual de un punto (objeto) a otro determinado por la intersección de las prolongaciones de todos los rayos reflejados con origen en ese punto.

Imagen Simétrica: Cuando un objeto y su imagen equidistan del espejo y se corresponden punto a punto.

La Refracción de la Luz

Es el cambio de dirección que experimenta un rayo al pasar de un medio menos refringente a otro más refringente. Consiste en la desviación de los rayos cuando pasan de un medio a otro de distinta densidad óptica [13]. En el

espacio, la luz se desplaza muy de prisa y más lentamente en la materia donde penetra. [12]

Leves de la Refracción

- Primera ley de la refracción: El rayo incidente, la Normal y el rayo refractado pertenecen al mismo plano.

- Segunda ley de la refracción: o ley de Snell. El cociente entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es una constante, llamada índice de refracción, del segundo medio respecto al primero. = $\text{Sen } i / \text{Sen } r = n$. [12, 13]

Definiciones:

a) Rayo incidente, el que llega a la superficie de separación de los dos medios.

b) Rayo refractado, el rayo que pasa a otro medio.

c) Ángulo de incidencia, el ángulo que se forma entre el incidente y la Normal.

d) Ángulo de Refracción, el formado por la Normal y el rayo refractado.

e) Normal, es la perpendicular a la superficie de los medios trazados. [12, 13]

Lentes

Se llama lente a un medio transparente limitado por caras curvas o por una plana y otra curva. Se clasifican en lentes Convergentes o Positivos y en Lentes Divergentes o Negativos.

1).- Lentes Convergentes: Tienen el espesor de su parte media mayor que el de su parte marginal. Ejemplos de estos son: biconvexa, plano convexa y menisco divergente.

2).- Lentes Divergentes: Son más delgadas en el centro que en los bordes. ejemplo: biconcava, plano convexa y menisco divergente.

EL OJO HUMANO, desde el punto de vista físico es una lente convergente. [12]

Dimensiones físicas de la luz :

Las dimensiones físicas de la luz son dos: Amplitud de Onda y Longitud de Onda.

a) Amplitud : Es una dimensión CUANTITATIVA, que corresponde a la cantidad de energía radiante [13] = altura de onda. [12]

b).- Longitud : Es una dimensión CUALITATIVA, que determina el tipo de energía radiante [13]. Distancia entre la cresta de una onda y la siguiente. [12]

Percibimos la diferencia de amplitud de onda, como una diferencia de luminosidad de la luz y a la diferencia de longitud de onda como diversidad de matices.

Cada uno de los matices del espectro visible posee una determinada longitud de onda que es posible medir por medio de la espectroscopia. [9]

ESPECTROSCOPIA

COLORES LONGITUD DE ONDA FRECUENCIA (Vibraciones/seg)

ROJO	6,500 A	4,6 . 10	(desv. mínima)
ANARANJADO	"	5 . 10	
AMARILLO	5,800 A	5,2 . 10	
VERDE	5,200 A	5,7 . 10	
AZUL	4,700 A	6,4 . 10	
VIOLETA	4,100 A	7,3 . 10	(desv. máx)

[13]

Frecuencia : Es el número de crestas de onda que pasan por un punto en un segundo. La frecuencia de las ondas electromagnéticas varía de una a más de un cuatrillón (10^{15}) por segundo. En cuanto a la luz, las frecuencias varían entre cuatro y ocho centenares de billones de ondas ($4 - 8 \times 10^{14}$) por segundo. El tiempo de la desviación de la longitud de onda nos da la velocidad de ésta y la frecuencia será tanto más elevada cuanto más corta sea la longitud de onda. [12]

Luz monocromática: Formada por vibraciones de una sola longitud de onda .

Luz policromática: Formada por vibraciones de muchas longitudes de onda, como la luz del sol. [13]

Espectros:

Conjunto de imágenes de una rendija yuxtapuesta y diversamente coloreada, que se obtiene descomponiendo mediante un prisma, en sus colores, un rayo de luz policromática que haya atravesado antes dicha rendija. Estas imágenes de la rendija reciben el nombre de rayos espectrales. [13]

Clases de Espectros: Continuos, discontinuos, de emisión, y de absorción.

a).- Espectros Continuos: Son aquellos que contienen todos los colores, por ejemplo, el espectro emitido por el filamento incandescente de un foco. Proceden de sólidos o líquidos incandescentes.

b).- Espectros Discontinuos: Aquellos que contienen algunos colores (no todos), por ejemplo, el espectro emitido por el vapor de mercurio de una lámpara fluorescente.

c).- Espectros de Emisión: Son producidos por las radiaciones emitidas por cuerpos incandescentes.

d).- Espectros de Absorción: Algunas de las radiaciones emitidas por cuerpos incandescentes desaparecen al atravesar determinadas substancias. Todo gas absorbe a determinadas temperaturas las mismas radiaciones que es capaz de emitir a mayor temperatura. [13]

CAPITULO I I

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL COLOR

La palabra color es un término general que se refiere a los efectos de las ondas luminosas reflejadas en la retina del ojo. [11]

Como hemos mencionado anteriormente, "la luz es enfocada por los medios transparentes del ojo sobre la retina, donde la luz induce impulsos en el nervio óptico, que transmite al córtex. Cuál va a ser la respuesta del receptor visual al estímulo de luz ?. En sentido estricto, la luz no es en sí misma coloreada, sino que origina una percepción sensorial de color y de luz, o más precisamente de color y de "luminosidad" [2]. Los cuerpos en la naturaleza son luminosos u opacos y se hacen visibles a nosotros por luminosidad propia del objeto o por reflejo. [10]

En efecto, no puede disociarse de la sensación de color la luminosidad, pero el contrario es posible, siendo la luminosidad la más simple de las sensaciones visuales. [2]

La claridad con que se aprecian las cosas depende de la intensidad de la luz que reciben [10]. Un ejemplo de que "el color está condicionado por la luz y se transforma según cambia su grado de intensidad sería la observación de un paisaje; por la mañana vemos que todos sus colores son fríos, esto es, los objetos participan de la luz azulina. Conforme el sol va llegando al cenit, el paisaje se va calentando y por lo tanto el color va cambiando. Por la tarde, el color del paisaje toma paulatinamente un tinte naranja y finalmente cuando el sol se pone, el color desaparece también, quedando tan solo la forma [10]. Esto puede ser tomado como ejemplo tanto del aspecto fisiológico como psicológico de la percepción del color.

Thomas Young presintió por primera vez el mecanismo de la visión de los colores. Escribió en 1801: "Es casi imposible concebir que cada punto sensible de la retina contenga una infinidad de partículas capaces de vibrar al unísono con la ondulación luminosa determinada. Se vuelve entonces necesario suponer que este número se encuentra limitado, por ejemplo, a tres; que haya tres tipos de partículas sensibles a los colores principales". [2]

De acuerdo a esta teoría, existen pues 3 tipos de conos y cada uno de ellos es sensible al máximo para cada uno de los 3 colores primarios. La sensación de cualquier color dado es sintetizada en el cerebro partiendo del patrón de actividad de cada uno de los 3 sistemas de conos. [6]

Young no inventó la tricromía, sino que vio claramente que provenía de un mecanismo fisiológico. El color está en

nosotros y no es, como se suponía antes de él, una propiedad de la luz en sí misma. [2]

"Una serie de pigmentos fotosensibles contenidos en las células receptoras, aseguran la renovación del fenómeno. Las radiaciones inducen el flujo nervioso destruyendo el equilibrio químico de dichas sustancias. El fotopigmento de los bastones, el púrpura retiniano o rodopsina es bien conocido; en cambio, el fotopigmento contenido en los conos no ha podido ser aislado químicamente, pero su existencia ha sido revelada por Marks, Dovel, y MacNickols en 1963." [2]

Hartridge y Da` Silva [15] dicen: "Según la teoría tricromática de la visión, hay en realidad tres pigmentos. Uno de ellos, como absorbe los rayos verdes, puede ser de color púrpura (Rodopsina). Otro que absorbe los rayos azules (Clorolabe) puede ser de color amarillo. El tercer pigmento, que absorbe los rayos rojos, debe ser en consecuencia de color azul verdoso (Eritrolabe).

Supongamos que la luz roja llega a la retina, y es absorbida por el hipotético pigmento azul verdoso. Los productos metabólicos substituirán al pigmento, y la cantidad existente de aquéllos sería indicada a la conciencia por los conos, cerca del lugar donde ha llegado la luz. Por el contrario, si la luz fuera verde, el pigmento púrpura sería blanqueado, y otros conos enviarían una respuesta. Si la luz fuera azul, sería el pigmento amarillo el que se desintegraría, con un resultado distinto. Esto sería con los tres colores primarios.

Pero supongamos que la luz fuera amarilla. Sabemos, por los resultados de la mezcla de colores, que este puede ser sintetizado por mezcla de luces roja y verde. La luz amarilla que llega a la retina debería, en consecuencia, blanquear parcialmente el pigmento azul verdoso, y también hacerlo con el púrpura. Por lo tanto, se encontrarían de modo simultáneo en la retina dos tipos de productos metabólicos y sus cantidades serían captadas por separado por los conos, que enviarían los mensajes correspondientes a la corteza calcarina. Del mismo modo podrían reconocerse otros colores intermedios. Si llega luz blanca a la retina, los tres pigmentos se blanquearían de modo simultáneo, con producción de los tres tipos de productos metabólicos; en consecuencia se enviarían tres mensajes separados a la corteza, de modo que se establecería una correlación adecuada para reconocer el blanco.

E. Martin [4] dice al respecto: "Ninguna onda luminosa es en sí misma color, éste sólo se produce en el cerebro". Se supone que poseemos 3 estímulos de excitación, uno para cada una de las luces primarias, llamados valores TRI-ESTIMULO FISIOLOGICOS O PSICOFISIOLOGICOS, que corresponden a la percepción del verde, violeta y rojo.

Un medio muy diferente para convencerse del carácter psico-fisiológico del color, es observar lo que resulta de la MEZCLA ADITIVA DE COLORES. [2]

GAMA DE COLORES

Colores Luz: También conocidos como luces coloreadas u COLORES ADITIVOS; son ondas luminosas de diferente longitud de onda que forman parte del espectro electromagnético [2]. Son los estímulos de color limitados fundamentalmente a una parte del espectro visible y que son producidos por una radiación física definida. [4]

Colores Pigmento: Son sustancias químicas que tienen la propiedad de absorber total o parcialmente las radiaciones que componen la luz blanca, permitiendo que las restantes sean reflejadas y percibidas [13], es decir, que poseen un poder selectivo de todas o de parte de las radiaciones ópticas que los alcanzan, permitiendo así, la percepción de la gran variedad de colores. [4]

La diferencia entre el color luz y el color pigmento es muy importante porque los efectos de uno y de otro son totalmente distintos y asimismo el resultado de sus mezclas. [16]

Colores Primarios: Los colores primarios son aquellos que no pueden ser obtenidos por la mezcla de otros [16] y que forman la base para todos los demás. [10]

Colores Secundarios: Mezclando dos colores primarios se obtienen los colores binarios o secundarios. [16]

Colores Intermedios: Cuando se mezclan un primario y un secundario en proporciones variables, se produce un color intermedio. [10]

Colores Terciarios: Cuando se mezclan dos colores secundarios se obtiene un terciario. [10]

Colores Cuaternarios: Por la mezcla de 2 terciarios se produce un color cuaternario. [4, 10, 16]

COLORES PRIMARIOS DE LUCES COLOREADAS:

ROJO
VERDE
AZUL [2, 10]

COLORES SECUNDARIOS DE LUCES COLOREADAS:

AZUL + VERDE = CYAN
ROJO + AZUL = MAGENTA
ROJO + VERDE = AMARILLO [4, 10]

Estos colores se mezclan por medio de SINTESIS ADITIVA [4]. Esta es la mezcla de estímulos luminosos de luz coloreada que, entrando simultáneamente en el ojo o incidiendo en sucesión rápida en la misma región de la retina, impiden al ojo individualizar los colores.

Si se superponen 2 de las 3 luces coloreadas, nos acercaremos al color blanco sin alcanzarlo, obteniendo entonces luces coloreadas secundarias [4]. Cada vez el resultado de la adición de 2 colores es más claro, es decir, posee propiedades cromáticas menores que las componentes. [2]

Mezclando en proporción conveniente las tres radiaciones primarias (es decir, haciendo variar su intensidad respectiva), puede visualmente reconstituirse prácticamente cualquier color [2]. Superponiendo las tres luces, obtenemos blanco. [4]

El OJO HUMANO ve por síntesis aditiva, pues al mezclarse dos radiaciones percibe únicamente una sensación. [2]

COLORES COMPLEMENTARIOS LUZ:

En la mezcla aditiva, dos estímulos luminosos son complementarios cuando mezclados en la debida proporción dan lugar a un estímulo acromático -luz blanca-. La luz blanca puede recomponerse, además de superponiendo las 3 luces primarias, también mezclando en cierta proporción una luz coloreada primaria con una luz secundaria (resultante de la suma de otras dos primarias), por ejemplo, ROJO + CYAN (que es la suma de verde + azul-violeta).

Los colores así considerados se llaman recíprocamente complementarios, porque complementan la luz blanca. Ocupan una posición recíprocamente opuesta en el círculo cromático.

Como es lógico suponer, igualmente puede recomponerse la luz blanca superponiendo las luces compuestas amarilla, magenta y cian (precisamente por estar compuestas por las primarias). [4]

COLORES PRIMARIOS PIGMENTARIOS:

CYAN (azul verde)
MAGENTA (púrpura)
AMARILLO [2, 16]

de cuyas combinaciones se derivan todas las combinaciones posibles. [10]

COLORES BINARIOS O SECUNDARIOS PIGMENTARIOS:

MAGENTA + AMARILLO = ROJO
MAGENTA + CYAN = VIOLETA
CYAN + AMARILLO = VERDE [4, 10]

Al superponer 2 clases de pigmento sobre una superficie blanca se produce una sustracción mayor de las radiaciones luminosas reflejadas, pudiéndose alcanzar con determinadas combinaciones su completa absorción, que corresponde a la ausencia de radiaciones, es decir al negro, lo que induce a establecer como colores básicos de la MEZCLA pigmentaria SUCTRACTIVA a los compuestos por la suma de 2 luces primarias en la SINTESIS ADITIVA. [4]

La MEZCLA SUCTRACTIVA DE COLORES, es la alteración de un estímulo de color causada por la luz al atravesar las capas de pigmentos o de otras materias colorantes, y puede producirse:

- 1).- Por la superposición de partículas de tinta.
- 2).- Por la mezcla de pigmentos o materiales colorantes en un vehículo común.
- 3).- Al interponer filtros coloreados frente a una fuente luminosa.

Los resultados son mas oscuros que sus componentes. [4]

COLORES PIGMENTARIOS COMPLEMENTARIOS

En la mezcla sustractiva, 2 pigmentos o tintas que absorben radiaciones cromáticas son complementarias cuando mezclados en proporciones convenientes producen un estímulo acromático -negro- [4], así, dos colores son complementarios cuando se neutralizan. [2]

Los complementarios pigmentarios son:

AMARILLO - VIOLETA

AMARILLO VERDE - VIOLETA ROJO
VERDE - ROJO
AZUL VERDE - ROJO
AZUL VIOLETA - AMARILLO ANARANJADO [10]

Cuando se mezclan dos colores pigmentarios de cualidad opuesta, por ejemplo amarillo (primario) + violeta (secundario) se produce un gris.

Colores cálidos y fríos:

- Los colores cálidos son aquéllos que participan del rojo, o sea colores estimulantes y alegres.

- Los colores fríos son aquéllos que participan del azul, o sea colores apagados y tranquilos. [16]

CAPITULO III
ASPECTOS PSICO-SENSORIALES
DEL COLOR

"El influjo nervioso, después de haber sido conducido por el nervio óptico, alcanza el cuerpo geniculado donde va a ser transmitido hacia el área estriada del córtex. Alrededor de esta área de proyección visual, existe otra zona donde las sensaciones son precisadas, asociadas y fusionadas en una sensación de conjunto de donde va a resultar la identificación y percepción del color. [2]

" Como puede organizarse el juicio de los colores y como podemos expresarlo ? . Existen varias cualidades en la percepción de la luz:

- 1.- que sea CROMATICA o ACROMATICA
- 2.- LUMINOSIDAD
- 3.- MATIZ
- 4.- SATURACION. [16]

Todo color puede ser descrito por tres atributos [2] o características, a los que se conoce como "ATRIBUTOS PSICOLOGICOS DEL COLOR" [16], cuyas variaciones pueden ser representadas en un sistema tridimensional [2] :

Según Perelmutter S. et.al. [2]:

1. Matiz o Tonalidad Cromática
2. Luminosidad o Claridad
3. Saturación

Según Dondis D.A. [3] y Presswood [14], las tres dimensiones del color que pueden definirse y medirse son :

1. Matiz
2. Brillo
3. Saturación

Según Scott [9] y Gilmore [11], las cualidades tonales

propiamente dichas son :

1. Matiz
2. Valor
3. Intensidad

Arnold [16], las define como:

1. Tono
2. Valor
3. Intensidad

Porque la diferencia entre los autores de las definiciones del sistema tridimensional?. Esto se puede explicar básicamente por 2 razones:

1. No existe hasta el momento unificación universal de criterios respecto a la nomenclatura a utilizar, por lo que algunos términos empleados son sinónimos de otros.
2. Los términos utilizados dependen en algunas ocasiones de si nos referimos a la percepción de la luz o a la percepción de las cualidades tonales en la pigmentación.

ESTIMULO	LUZ	CUALIDADES TONALES EN LA PIGMENTACION
Acromático	Luminosidad	Valor
Cromático	Luminosidad	Valor
	Matiz	Matiz
	Saturación	Intensidad

[9]

A). MATIZ o TONALIDAD CROMATICA: Es el aspecto subjetivo de

la longitud de onda. Agrupa las sensaciones que pueden traducirse con los adjetivos: rojo, verde, azul, amarillo, etc. [2].

Es también conocido como HUE [11] y es el color mismo: hay más de 100 [3]. Como hemos mencionado ya con anterioridad, existen 3 matices primarios o elementales y cada matiz tiene características propias, aunque los grupos o categorías de colores comparten efectos comunes [3].

Cuando lo aplicamos a las cualidades de los objetos, nos referimos también al carácter reflejante de las superficies, ya que éstas reflejan algunas longitudes de onda y absorben otras. [9]

B). LUMINOSIDAD O CLARIDAD: Puede ser considerada como la dimensión del color que se refiere a una escala de sensaciones que van del negro al blanco, pasando por los grises. Dichas variaciones en lenguaje común se traducen con los adjetivos claro y oscuro. [2]

Se refieren a cambios en la amplitud de onda estimulante y a la cantidad de energía contenida en ella. [4]

Esta dimensión es acromática. Se refiere al brillo, que va de la luz a la obscuridad, es decir, al valor de las graduaciones tonales. [3]

VALOR: Es el nombre que le damos a la claridad y obscuridad de los tonos (la cualidad correspondiente a la luz es la luminosidad). Valor significa realmente la cantidad de luz que puede reflejar una superficie. [9]

Es el grado de luz o sombra de un color. Puede ser más claro o más oscuro. [15]

El blanco está en el extremo superior de esa escala y el negro en el inferior. Todos los tonos cromáticos o acromáticos se ubican entre ambos. [9]

Es la cantidad de gris o blanco incluido en un sistema de color y esto es lo que nos proporciona la claridad u obscuridad. El valor tiene rangos de alto y bajo. [11]

C). SATURACION: Dimensión del color que se refiere a una escala de sensaciones crecientes, partiendo de una sensación acromática (blanco, gris o negro), y yendo por grados hacia el color puro considerado. Estas variaciones se traducen con los adjetivos deslavado y saturado. [2]

Es la cualidad del grado de pureza del matiz en la sensación, [9] o sea la pureza o concentración del color. [15].

Como se realizan por la adición de luz blanca al

estímulo, cuanto más luz se mezcle, el color estará menos saturado. [9]

Los colores menos saturados apuntan hacia una neutralidad cromática e incluso al acromatismo y son sutiles o tranquilos. [3]

INTENSIDAD : Corresponde a la saturación y se refiere a la pureza del matiz que puede reflejar una superficie. Cuando un rojo es todo rojo, la intensidad o saturación es máxima. Cuando contiene un neutro, su intensidad está neutralizada o reducida. [9]

CONTROL DE PIGMENTO Y DE TONO

TONO : Es la graduación que le corresponde al color dentro de la gama. [9]

Es la diferencia de intensidad que existe entre el blanco y el negro, o sea, entre luz y sombra. [16]

El valor del tono es el fundamento básico de la forma; el color es solo un complemento variable. [16]

Hay que subrayar que la presencia o ausencia de color no afecta el tono, que es constante. [3]

Hemos dicho que las dimensiones tonales de las superficies reflectantes son: Valor, Matiz e Intensidad. Así, el control del tono se dará por el control de dichas dimensiones tonales.

1). CONTROL DEL VALOR:

El valor por definición es el coeficiente intrínseco de reflexión. El blanco representa un extremo en la escala de valores. El negro representa el otro extremo. Mezclándolos en proporciones diversas obtenemos una amplia escala de grises intermedios perceptiblemente distintos. Todos estos tonos son acromáticos. El valor varía de acuerdo a las mezclas, desde muy claro a muy oscuro.

Cuando se mezclan pigmentos de distinto valor, el tono resultante será un tono intermedio entre ambos. Así tenemos 4 posibilidades al mezclar pigmentos para controlar el VALOR de los tonos:

1.1 Agregando blanco, se aumenta el valor.

1.2 Agregando negro, se disminuye el valor.

1.3 Agregando gris contrastante (blanco o negro), aumenta o disminuye el valor.

- 1.4 Agregando pigmento de valor distinto, se aumenta o disminuye el valor.

NO PODEMOS CAMBIAR EL VALOR DE UN PIGMENTO CROMATICO SIN MODIFICAR AL MISMO TIEMPO OTRAS DIMENSIONES TONALES, ya que:

a). Agregando blanco, gris o negro se introduce un componente acromático, por lo tanto, el VALOR se modifica y el nivel de INTENSIDAD también.

El tono será más claro o más oscuro y más saturado o deslavado.

Es probable que también ocurra un cambio en el MATIZ porque los pigmentos blanco y negro tienden a enfriar la mezcla, produciéndose entonces una desviación hacia el matiz adyacente. Por ejemplo, esto es particularmente notable cuando se mezclan AMARILLO + NEGRO, (este último actúa como azul) y nos da como resultado un VERDE con cualidades sumamente distintivas, disminuyendo así el VALOR, la INTENSIDAD y cambiando el MATIZ.

b). Cuando se mezclan 2 matices pigmentarios de valor contrastante, el cambio más notable se produce en la dimensión del MATIZ; al mismo tiempo observamos un cambio de VALOR y posiblemente, un cambio de INTENSIDAD.

2. CONTROL DEL MATIZ:

La mezcla sustractiva es el principio sobre el que descansa el comportamiento general de los pigmentos para controlar el matiz.

El control de los pigmentos es una sensación compuesta. Los pigmentos reflejan un grupo de longitudes de onda relacionados que Ostwald define como semicromos.

2.1 Cuando mezclamos dos pigmentos con semicromos diferentes, el poder de reflexión es mayor para las longitudes de onda que son comunes a ambos semicromos.

Algunas longitudes de onda se anulan recíprocamente. El resultado es un nuevo semicromo que percibimos como un nuevo matiz.

2.2 Algunos pigmentos poseen semicromos que son bastante consonantes entre sí. Cuando los mezclamos, los nuevos semicromos son matices relativamente intensos.

2.3 La mayoría de los pigmentos ROJOS, AMARILLOS Y AZULES tienen más semicromos consonantes que los ANARANJADOS, VERDES y VIOLETAS, por tal motivo, a los primeros se les denomina Primarios, a los segundos Secundarios y a los intermedios, Terciarios.

Para el control del comportamiento de los pigmentos necesitamos EXPERIENCIA, y sólo podemos usar como regla los hechos empíricos de que matices adyacentes en el círculo cromático tienen una máxima consonancia de semicromos. Por ejemplo, según principios generales esperamos obtener VERDE cuando mezclamos AMARILLO + AZUL; sin embargo, según los pigmentos amarillo y azul se establecen grandes diferencias en el resultado. Esto es, si efectuamos experimentos mezclando 4 amarillos (por ejemplo, cadmio claro, cadmio medio, ocre amarillo y siena natural) con 4 azules (por ejemplo, azul cobalto, azul ultramar, cerrileo y azul talo) tendremos como resultado de las combinaciones un total de 16 verdes. Aunque en teoría solo tenemos 1 tono mezclado: azul + amarillo = verde, en la práctica, dependiendo de los tonos, obtenemos 16 verdes que varían, no sólo en MATIZ sino también en INTENSIDAD y VALOR.

Sólo en principio es posible abstraer el CONTROL DEL MATIZ ya que en la práctica, lo que cuenta es el efecto compuesto.

3. CONTROL DE LA INTENSIDAD:

Intensidad es el grado de pureza de la sensación de matiz que nos produce un tono dado.

Escala que va de máxima pureza de matiz hasta otra en la que el mismo matiz ha sido reducido a una sensación acromática hasta el punto de resultar apenas distinto de un gris neutro puro.

Todo pigmento posee una intensidad intrínseca así como un nivel intrínseco de valor. En algunos (los colores cadmio y talo por ejemplo), la intensidad es muy alta. Las tierras por el contrario, poseen un nivel de intensidad más reducida. La mayoría de los matices aparecen en los pigmentos con distintas intensidades intrínsecas. Ello es de gran importancia, ya que permite seleccionar el pigmento específico que contribuirá más eficazmente al logro de la finalidad propuesta.

La INTENSIDAD puede controlarse de 4 maneras. Tres de ellas consisten en la adición de un neutro (blanco, gris o negro) al matiz pigmentario. La cuarta se logra agregando el pigmento complementario. Cada uno de tales métodos posee características distintivas que analizaremos separadamente.

Cualquier TONO puede considerarse como unidad compuesta por tres elementos en distintas combinaciones. La fórmula sería:

$$T = M + N + B \quad (\text{TONO} = \text{MATIZ} + \text{NEGRO} + \text{BLANCO})$$

Métodos de Control de Intensidad:

3.1 $T = M + B$: La escala tonal resultante aumenta en VALOR y disminuye en INTENSIDAD. La cualidad distintiva de

tales tonos se percibe como una especie de pureza.

Como grupo, suelen recibir el nombre de TINTES. Objetivamente, cada uno de ellos representa la intensidad máxima de ese pigmento a su respectivo nivel de valor.

3.2 $T = M + N$ (TONO = MATIZ + NEGRO) : Disminuye en INTENSIDAD y desciende en VALOR. También posee una cualidad distintiva como grupo, una vibración totalmente diferente de las de los tonos controlados por cualquiera de los otros métodos. Tales tonos suelen recibir el nombre de SOMBRAS. También representan, desde un punto de vista objetivo, las intensidades máximas de un determinado pigmento a sus respectivos niveles de valor.

3.3 $T = M + (N + B)$ (TONO = MATIZ + GRIS) : Si el valor del gris es el mismo que el del matiz pigmentario, las mezclas darán una serie de tonos que sólo varían en INTENSIDAD.

Si el gris es más alto o bajo, el cambio se observará tanto en la INTENSIDAD como en el VALOR.

El término TONOS se aplica a veces a este grupo, aunque lo correcto sería TONOS GRISADOS. La presencia del gris es muy evidente en ellos y les otorga una cualidad muy diferente a la de los tintes y las sombras, a pesar de que un tono grisado y un tinte determinado pueden tener la misma INTENSIDAD relativa.

3.4 $T = M + M_c$ (TONO = MATIZ + su COMPLEMENTO). Cuando los semicromos de 2 pigmentos son claramente opuestos, su mezcla produce un gris neutral. Tales pigmentos se denominan complementarios, por ejemplo :

AZUL ULTRAMAR - SIENA TOSTADO

ROJO DE CADMIO MEDIO - VERDE DE OXIDO DE CROMO

producen una serie de tonos que tienden, pasando por distintos grados de intensidad, al gris neutral.

También esta serie posee propiedades especiales. Deben clasificarse como TONOS GRISADOS, sin embargo poseen una cierta vitalidad de la que carecen los tonos neutralizados con gris.

Hay 4 posibilidades fundamentales, cuya combinación nos permite extender la escala hasta cierto punto. Por ejemplo, la fórmula $T = M_1 + M_2 + B + N$ representa un método bastante frecuente. Habitualmente agregamos B o N en este caso para bajar o subir el VALOR del tono. Esto afecta también la intensidad resultante.

Las cualidades distintivas de los tonos neutralizados según estos 4 métodos, es decir, con blanco, con negro, con gris y con un complementario, son sutiles y muy importantes.

CONCLUSIONES:

1. La noción, identificación y reconocimiento del color son producto de una percepción.
2. La percepción visual es resultado de la interacción entre fenómenos físicos, fisiológicos y psico-sensoriales.
3. El elemento más importante y necesario de la experiencia visual es de carácter tonal.
4. Todas las cosas en la naturaleza tienen forma y color. La forma es estable y existe por sí misma, independientemente de la luz. El color no.
5. El color es una impresión sensorial producida por un conjunto de fenómenos que se producen a 3 niveles: físico, fisiológico y psico-sensitivo. Esto se conoce como etapas del proceso visual.
6. El aspecto físico del color se da por la interacción entre la luz y la materia. Es el resultado de la reflexión de la luz sobre los cuerpos que la reciben y, por lo tanto, depende de las radiaciones que éstos emiten, es decir, de las que no absorben.
7. La luz es una forma de energía radiante que forma parte del espectro electromagnético.

Impresiona el sentido de la vista propagándose mediante ondas visibles por el ojo humano.

En su forma pura es blanca, pero puede ser modificada por objetos o sustancias para crear color cuando es filtrada, reflejada o absorbida a diferentes longitudes de onda.
8. El espectro electromagnético comprende todas las formas de energía radiante, pero sólo un sector limitado de él tiene la propiedad de excitar la retina y se le conoce como espectro visible.

El espectro visible, por definición es: "un conjunto de imágenes de una rendija yuxtapuesta y diversamente coloreada, que se obtiene descomponiendo mediante un prisma, en sus colores (rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta e indigo), un rayo de luz policromática que haya atravesado antes dicha rendija. Estas imágenes reciben el nombre de rayos espectrales, y cada uno de ellos posee una

determinada longitud de onda que puede ser medida".

Realizando la operación inversa, conocida como síntesis de luz, dichos colores vuelven a fundirse en un rayo de luz blanco y brillante.

9. Las dimensiones físicas de la luz son: amplitud y longitud de onda. La primera corresponde a la cantidad de energía radiante, y es representada por la altura de una onda. La segunda, corresponde al tipo de energía radiante, y es representada por la distancia existente entre la cresta de una onda y la siguiente.

10. La reflexión es la desviación que experimentan los rayos al incidir sobre una superficie. Hay dos tipos de reflexión: la reflexión regular y la reflexión difusa. En la primera, la luz que incide en un ángulo dado sobre una superficie pulimentada o espejo, es reflejada en el mismo ángulo. La segunda se verifica en superficies no pulimentadas, y es la que ordinario nos permite ver los objetos y nos da información acerca de su forma, color y textura. En ella, la luz incidente se refleja en distintos ángulos.

Los espejos son superficies pulimentadas capaces de reflejar luz y se clasifican, de acuerdo a su forma geométrica en planos y curvos.

11. La refracción es la desviación de los rayos cuando pasan de un medio, a otro de distinta densidad óptica. (De un medio de menor refringencia a otro de mayor refringencia).

Los lentes son medios transparentes limitados por caras curvas o mixtas (una plana y otra curva). Se clasifican en: lentes convergentes o positivos y lentes divergentes o negativos.

Desde el punto de vista físico, el ojo humano es una lente convergente.

12. El aspecto fisiológico del color está dado por la combinación de luz - recepción en retina - fenómenos - transmisión a centros visuales del cerebro. Así, color es un término general que se refiere a los efectos de las ondas luminosas reflejadas por la retina del ojo.

13. Ninguna onda luminosa en si misma color. Este sólo se produce en el cerebro. Se supone que poseemos 3 estímulos de excitación, uno para cada una de las luces primarias, llamados valores tri- estímulo-fisiológicos o psicofisiológicos, que corresponden a la percepción de las luces coloreadas primarias.

14. La teoría tricromática de la visión de los colores, contempla la existencia en la retina de 3 tipos de partículas capaces de vibrar con la ondulación luminosa, cada una de las cuales es sensible al máximo para cada uno de los tres colores primarios. La sensación de cualquier color es sintetizada en el cerebro, partiendo del patrón de actividad de cada uno de dichos tipos de partículas. Así, la tricromía proviene de un mecanismo fisiológico.

El color está en nosotros y no es, por lo tanto, una propiedad de la luz en sí misma, aunque su percepción depende de ella.

15. La gama de colores está compuesta por:

- Colores primarios: No pueden ser obtenidos por la mezcla de otros y forman la base para todos los demás.
- Colores secundarios: se obtienen por la mezcla de 2 primarios.
- Colores Intermedios: Mezcla de un primario y un secundario en proporciones variables.
- Colores Terciarios: Mezcla de dos secundarios.
- Colores Cuaternarios: Mezcla de 2 terciarios.

16. El color se presenta bajo 2 aspectos: a) color luz y b) color pigmentario. Las luces coloreadas son producidas por una radiación física definida. Son ondas luminosas de diferente longitud de onda, que forman parte del espectro electromagnético, y son conocidas como colores aditivos. Los colores pigmento, son sustancias químicas que poseen poder selectivo sobre todas, o parte de las radiaciones ópticas que los alcanzan.

La diferenciación entre estos dos aspectos es muy importante, ya que los efectos de uno y otro son totalmente distintos y asimismo el resultado de sus mezclas.

La descomposición y recomposición de la luz por medio de un prisma, sólo es válida cuando se mezclan colores luz, y deja de serlo al mezclar colores pigmentarios, ya que esta mezcla es el resultado de un fenómeno químico, no físico.

17. Las luces coloreadas se mezclan por medio de síntesis aditiva. Esta es la mezcla de estímulos luminosos de luces coloreadas que, entrando simultáneamente en el ojo o incidiendo en sucesión rápida en la misma región de la retina, impiden al ojo individualizar los colores.

- Los colores Primarios de las luces coloreadas son:
ROJO, VERDE Y AZUL VIOLETA

- Los colores secundarios de las luces coloreadas son:
CYAN = AZUL + VERDE
MAGENTA = ROJO + AZUL
AMARILLO = ROJO + VERDE.

Mezclando en proporción conveniente las tres radiaciones primarias (esto es, haciendo variar su intensidad respectiva) puede visualmente reconstituirse prácticamente cualquier color, y, superponiendo las tres, obtenemos blanco.

Si superponemos 2 de las 3 luces coloreadas primarias, nos acercaremos al color blanco sin alcanzarlo, obteniendo entonces, luces coloreadas secundarias.

El ojo humano ve por síntesis aditiva, pues al mezclarse 2 radiaciones se percibe únicamente una sensación.

- Colores complementarios luz: Llamados así porque complementan la luz blanca. Dos estímulos luminosos son complementarios cuando, mezclados en la debida proporción dan lugar a un estímulo acromático -luz blanca-. Así, ésta puede recomponerse, mezclando en cierta proporción una luz coloreada primaria y una secundaria (resultante de la suma de las otras dos primarias). Ej: Rojo + Cyan (suma de verde + azul).

18. Los colores pigmento se mezclan por medio de la mezcla sustractiva, que es la alteración de un estímulo de color, causado por la luz al atravesar las capas de pigmento. En ella, los resultados son más oscuros que sus componentes.

Al superponerse 2 clases de pigmento sobre una superficie blanca, se produce una sustracción de las radiaciones luminosas reflejadas, pudiéndose alcanzar, por medio de determinadas combinaciones, la completa absorción de dichas radiaciones, es decir, negro. Esto induce a establecer como colores básicos de la mezcla pigmentaria (sustractiva), a los compuestos por la suma de dos luces primarias en la síntesis aditiva.

- Colores Primarios pigmentarios:
CYAN (azul-verde) ; MAGENTA (púrpura) ; AMARILLO

- Colores Secundarios pigmentarios:
ROJO (magenta + amarillo) ; AZUL VIOLETA (magenta + cyan) ; VERDE (Cyan + amarillo).

-Colores Complementarios pigmentarios: 2 pigmentos que absorben radiaciones cromáticas que son mezclados en proporción conveniente, producen un estímulo acromático -- negro-. Así dos colores son complementarios cuando se neutralizan.

Cuando se mezclan dos pigmentarios de cualidad opuesta (un primario + un secundario) se produce gris.

19. El aspecto psico-sensorial del color, está condicionado a la transmisión de la actividad nerviosa que alcanza la corteza cerebral para transformarse en una percepción conciente de luz y color.

20. Existen varias cualidades en la percepción de la luz: la primera de ellas depende de si el estímulo es cromático o acromático.

Todo color puede ser descrito por tres atributos o características, a los que se conoce como "ATRIBUTOS PSICOLÓGICOS DEL COLOR", cuyas variaciones pueden ser representadas en un sistema tridimensional, conformado por:

- A) MATIZ o TONALIDAD CROMÁTICA.
- B) LUMINOSIDAD, CLARIDAD, BRILLO o VALOR.
- C) SATURACIÓN o INTENSIDAD

La diferencia en estas definiciones del sistema tridimensional se puede explicar básicamente por 2 razones: Los términos utilizados dependen en algunas ocasiones de si nos referimos a la percepción de la luz o a la percepción de las cualidades tonales en la pigmentación; y, debido a que no existe hasta el momento unificación universal de criterios respecto a la nomenclatura a utilizar, por lo que algunos términos empleados son sinónimos de otros.

21. MATIZ o TONALIDAD CROMÁTICA: Es el aspecto subjetivo de la longitud de onda. Agrupa las sensaciones que pueden traducirse con los adjetivos: rojo, verde, azul, amarillo, etc.

TONO : Es la graduación que le corresponde al color dentro de la gama. Es la diferencia de intensidad que existe entre el blanco y el negro, o sea, entre luz y sombra.

La presencia o ausencia de color no afecta el tono, que es constante. El valor del tono es el fundamento básico de la forma; el color es sólo un complemento variable.

22. LUMINOSIDAD O CLARIDAD: Dimensión del color que se refiere a una escala de sensaciones que van del negro al blanco, pasando por los grises. Dichas variaciones en lenguaje común se traducen con los adjetivos claro y oscuro. Esta dimensión es acromática. Se refiere al brillo, que va de la luz a la oscuridad, es decir, al valor de las graduaciones tonales.

VALOR: Grado de luz o sombra de un color. Es la cantidad de gris o blanco incluido en un sistema de color y esto es lo que nos proporciona la claridad u oscuridad de los tonos (la cualidad correspondiente a la luz es la luminosidad). El blanco está en el extremo superior de la escala y el negro en el inferior. Todos los tonos cromáticos o acromáticos se ubican entre ambos, teniendo rangos de alto y bajo.

Valor significa realmente la cantidad de luz que puede reflejar una superficie.

23. SATURACIÓN: Es la cualidad del grado de pureza o concentración del matiz en la sensación. Dimensión que se

refiere a una escala de sensaciones crecientes, partiendo de una sensación acromática (blanco, gris o negro), y yendo por grados hacia el color puro considerado. Estas variaciones se traducen con los adjetivos deslavado y saturado.

Como se realizan por la adición de luz blanca al estímulo, cuanta más luz se mezcle, el color estará menos saturado.

INTENSIDAD: Corresponde a la saturación y se refiere a la pureza del matiz que puede reflejar una superficie.

Cuando un rojo es todo rojo, la intensidad o saturación es máxima. Cuando contiene un neutro, su intensidad está neutralizada o reducida.

24. Hemos dicho que las dimensiones tonales de las superficies reflectantes son: Valor, Matiz e Intensidad. Así, el control del tono se dará por el control de dichas dimensiones.

25. **CONTROL DEL VALOR:** Cuando se mezclan pigmentos de distinto valor, el tono resultante será un tono intermedio entre ambos. Así tenemos 4 posibilidades al mezclar pigmentos para controlar el VALOR de los tonos:

- 1) Agregando blanco, se aumenta el valor.
- 2) Agregando negro, se disminuye el valor.
- 3) Agregando gris contrastante (blanco o negro), aumenta o disminuye el valor.
- 4) Agregando pigmento de valor distinto, se aumenta o disminuye el valor.

NO PODEMOS CAMBIAR EL VALOR DE UN PIGMENTO CROMÁTICO SIN MODIFICAR AL MISMO TIEMPO OTRAS DIMENSIONES TONALES, ya que: a) Agregando blanco, gris o negro se introduce un componente acromático, por lo tanto, el nivel de intensidad se modifica. Puede ocurrir también un cambio en el matiz, ya que los pigmentos blanco y negro tienden a enfriar la mezcla, pudiendo producirse entonces una desviación hacia el matiz adyacente. b) Cuando se mezclan 2 matices pigmentarios de valor contrastante, el cambio más notable se produce en la dimensión del matiz; al mismo tiempo observamos un cambio de valor y posiblemente, un cambio de intensidad.

26. **CONTROL DEL MATIZ:** La mezcla sustractiva es el principio sobre el que descansa el comportamiento general de los pigmentos para controlar el matiz. El control de los pigmentos es una sensación compuesta. Los pigmentos reflejan un grupo de longitudes de onda relacionadas, que se definen como semicromos. Así, cuando mezclamos pigmentos con semicromos diferentes, las longitudes de onda que son comunes a ambos tienen un alto poder de reflexión, mientras que otras longitudes se anulan recíprocamente. El resultado de esta mezcla es un nuevo semicromo que percibimos como un nuevo matiz.

Algunos pigmentos poseen semicromos que son bastante consonantes entre sí. Cuando los mezclamos, los nuevos semicromos son matices relativamente intensos. La mayoría de los pigmentos rojos, amarillos y azules tienen más semicromos consonantes que los anaranjados, verdes y violetas, por tal motivo, a los primeros se les denomina Primarios, a los segundos Secundarios y así sucesivamente.

Sólo en principio es posible abstraer el CONTROL DEL MATIZ ya que en la práctica, lo que cuenta es el efecto compuesto.

27. CONTROL DE LA INTENSIDAD: Todo pigmento posee una intensidad intrínseca así como un nivel intrínseco de valor. En algunos la intensidad es muy alta. Otros poseen un nivel de intensidad más reducida. La mayoría de los matices aparecen en los pigmentos con distintas intensidades intrínsecas. Ello es de gran importancia, ya que permite seleccionar el pigmento específico que contribuirá más eficazmente al logro de la finalidad propuesta.

La INTENSIDAD puede controlarse de 4 maneras. Tres de ellas consisten en la adición de un neutro (blanco, gris o negro) al matiz pigmentario. La cuarta se logra agregando el pigmento complementario. Cada uno de tales métodos posee características distintivas.

28. Cualquier TONO puede considerarse como unidad compuesta por tres elementos en distintas combinaciones. La fórmula sería:

$$T = M + N + B \quad (\text{TONO} = \text{MATIZ} + \text{NEGRO} + \text{BLANCO})$$

29. Para imaginar como será un color, es necesario conocerlo entre sí y en sus relaciones con los demás tonos.

30. En lo que se refiere al color, el principio fundamental de orientación es la sensibilidad a lo armónico. Ciertamente es que las reglas y sistemas pueden evitar errores en el uso del color, pero esto no constituye una garantía. Esto ocurre porque tanto la percepción del color como nuestras reacciones a las relaciones del mismo son procesos muy subjetivos.

31. El tratamiento del color es asimismo un problema sumamente técnico.

La sensibilidad intrínseca al color puede expresarse tan solo en el grado en que se ha desarrollado el control técnico de los tonos. Es necesario desarrollarla y refinarla a través de la experiencia. Jamás se llega a un punto en el que sea oportuno decir que ya se ha terminado.

32. Los recursos de las 3 dimensiones tonales son prácticamente inagotables.

La experiencia es lo único que nos permite captar la riqueza potencial de la escala tonal que nos proporcionan las 3 dimensiones del color.

El mejor adiestramiento consiste en practicar cada vez más con color. Pero tal práctica debe estar guiada por una actitud crítica frente a ese trabajo. De otra manera, la experiencia carece de articulación y seguiremos dependiendo del efecto casual, en lugar de alcanzar un control efectivo del material.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. La Corteza Visual: Psicología Contemporánea. Scientific American. Ed. Blume. Madrid, Esp. 1975.
- [2]. PERELMUTER, S., et al. "Estetique et Couleur en Prothese Ceramo-Metallique". Actualites Odontostomatologiques. Paris, 1979 (125) p.p. 57-104.
- [3]. DONDIS, D. A. La Sintaxis de la Imagen. Introduccion al Alfabeto Visual. Edit. Gustavo Gili. Barcelona, Esp. 4a. Ed. 1982.
- [4]. MARTIN, E. Artes Gráficas. Introduccion General. Ed. Don Bosco. Barcelona, España. 3a. ed. 1975.
- [5]. FORGUS, H. Ronald. Percepción. Proceso básico en el Desarrollo Cognocitivo. Ed. Trillas. México, D. F. 5a. Ed. 1979. 460 págs.
- [6]. GANONG, F. William. Manual de Fisiología Médica. Edit. El Manual Moderno. México D. F. 1970 5 Ed.
- [7]. HUBEL, D.H., NIELSEN, T. N. "Receptive Fields, Binocular Interaction and Functional Architecture in the Cat's Visual Cortex". Journal of Physiology, Vol 160 (1). p.p. 106-154. Jan. 1962.
- [8]. "Integrative Processes in Central Visual Pathways of the Cat". Journal of the Optical Society of America. Vol. 53 (1). p.p. 58-66. Jan. 1963.
- [9]. SCOTT, G. Robert. Fundamentos del Diseño. Ed. Victor Leru. Buenos Aires, Argentina. 7a.ed. 1974
- [10]. MENDEZ, A. Ignacio. Auxiliares Audiovisuales para la Enseñaza. Edit. Oasis. México, D. F. 5a.ed. 1972.
- [11]. GILMORE, H. William, et al. Operative Dentistry C.V. Mosby Co. Saint Louis. 3rd.Ed. 1977. 380 págs.
- [12]. RAINWATER, Clarence. Luz y Color. Ed. Diamond. Barcelona, España. 1971. 157 págs.

[13]. GARCIA, S. Francisco. La Física de Hoy. Edit. Fco. Garcia S. México, D. F. (s/f) 319 págs.

[14]. PRESSWOOD G., Ronald. "Esthetics and Color: Perceiving the Problem". Dental Clinics of North America. 21(4): 823-829. Oct. 1977.

[15]. HARTRIDGE, H. , D` SILVA, J. L. Fisiología. Edit. Interamericana. México, D. F. 11era. Ed. 1967.

[16]. ARNOLD, Eugene. La Ilustración Atractiva. Edit. L. E. D. A. Barcelona, España. (s/f).

SEGUNDA PARTE

PROBLEMAS RELATIVOS A LA COLORACION

Generalidades :

No existe un sustituto para la apariencia saludable y bella del esmalte dental. Esta es la razón principal por la que es tan importante aplicar cualquier principio estético que se conciba para la construcción de una restauración. La utilización de estos principios es la única forma de alcanzar la meta de una restauración estética. [1]

Durante años, la tecnología dental se las ha arreglado para poner al alcance de técnicos, odontólogos y pacientes, una serie aparentemente interminable de progresos que han hecho de la odontología restaurativa una ciencia cada vez más exacta y eficiente [2]. Para examinar el estado actual de su desarrollo, se requiere una apreciación de las ciencias aliadas que han contribuido a su evolución. La física, la química, la ingeniería y la ciencia de los materiales dentales han ayudado a racionalizar nuestra utilización de los materiales de reconstrucción. [3]

Las consideraciones estéticas que determinan el éxito y la aceptación en muchos segmentos de la odontología restauradora son especialmente difíciles en el área de la cerámica [4]. Como en la mayor parte de los avances en los campos biológicos y de la salud, la restauración cerámica ha progresado desde ideas inventivas hasta avance científico. En el estado actual de desarrollo, la restauración cerámica representa una verdadera unión de arte y ciencia. Tanto el conocimiento de la ciencia como la apreciación del arte son necesarias para realizar todo el potencial de la restauración, constantemente en evolución [3]. El éxito en la cerámica depende de la habilidad del operador para crear una restauración estética comenzando con algunos materiales selectos refinados y transformándolos posteriormente en resultados estéticos y cosméticos agradables. [4]

La estética como objetivo se logra cuando la composición del diente es la más natural en relación con la forma, tamaño y disposición adecuados de las unidades comprendidas.

La cosmética, por otra parte, es exclusivamente la incumbencia del color y tefido. [5]

Un factor importante en el éxito de las restauraciones cerámicas es entender la influencia del color.

Una vez considerados los principios básicos del manejo

del color, es posible pasar a aplicarlos a los problemas reales de la confección de prótesis. [6]

Existen una infinidad de razones por las cuales no se ha alcanzado el éxito completo en este aspecto de la odontología restaurativa. Algunos factores no son controlables, mientras que otros son controlables o al menos manejables. Obregon [7] menciona que el color de una restauración cerámica está influenciado por 3 factores básicos:

1.- Las características de la fuente de iluminación.
-Naturaleza de la luz utilizada, ya sea artificial o de día-

2.- La modificación de la luz por la restauración cerámica. -Comportamiento óptico de los materiales-

3.- La interpretación del observador de dichos fenómenos. -Visión cromática del operador, ceramista y paciente-

denominados en conjunto TRINOMIA LUZ - OBSERVADOR - MATERIAL.

Individual y colectivamente estos tres factores pueden tener una profunda influencia sobre el color percibido de cualquier restauración. Así, todo intento de mejorar el proceso que va desde la elección del tinte a su reproducción en el laboratorio de prótesis debe seguir una línea general de control de ellos, ya que son indispensables para la existencia de los colores. [8]

Dentro del primer parámetro, la naturaleza de la luz utilizada, se deben considerar los diferentes tipos de iluminación, la interacción entre la luz y la materia, y las modalidades de apariencia del color.

En el parámetro observador, deberán tomarse en cuenta factores tales como la diferencia entre la visión cromática entre el C.D. y el ceramista y la comunicación entre ellos, en relación con una descripción concreta y verdadera de la tonalidad deseada.

En el tercer parámetro considerado, el material, haremos una descripción general de los colorímetros, la composición de los materiales utilizados en la elaboración de la restauración ceramometálica, y el comportamiento óptico de los mismos.

CAPITULO IV

ILUMINACION

La luz proveniente de cualquier fuente luminosa, puede ser descrita en términos de la energía relativa emitida en cada longitud de onda. [7]

El color de los objetos está influenciado por la naturaleza de la luz que los ilumina. Cuando se modifica la iluminación, se modifica el color de los objetos. [8]

Para ilustrar simplemente lo que significa la composición espectral de una luz dada, imaginemos un objeto cuyo color violeta ha sido obtenido mezclando 45% de pigmento azul y 55% de pigmento rojo. Si lo iluminamos con una lámpara de luz incandescente (que contiene poco de azul y mucho de rojo), el objeto parecerá violeta rojizo. Inversamente, si lo iluminamos con el tubo fluorescente, cuya luz contiene mucho de azul y poco de rojo, aparecerá más azul. [8]

La luz natural es un medio notable para ajustar los colores. La luz amplifica el poder separador del ojo y permite análisis muy finos [8]. La luz del día varía constantemente de hora en hora, de día en día, y de estación en estación. Lo ideal sería poseer un medio de estandarizarla, ya que su espectro representa un equilibrio de todas las longitudes de onda de la luz.

La estandarización de la luz natural es bastante difícil [7]. La solución podría ser encontrada en algunos aparatos de iluminación "en escalera", que proveyeran ambientes luminosos "constantes, uniformes y reproducibles". Existen ya algunos de estos aparatos, entre los que podemos mencionar:

- El Aparato de Charles Gamain, que consiste en una mezcla de tubos fluorescentes a los que se ha añadido lámparas incandescentes y lámparas de descarga de vapor de mercurio. La luz que emana de ellos, tiene una temperatura de color de 6,500 grados K. Esta fuente logra, por otra parte, una iluminación de ambiente cuyo nivel se sitúa en los alrededores de 1,500 a 2,000 lux.

- El Examolite de Mackbeth, que es el rival americano del aparato de Charles Gamain, está compuesto de una mezcla de tubos fluorescentes y de lámparas de incandescencia. La temperatura de color es de 7,400 grados K. y por lo tanto ligeramente azulosa ("luz del cielo nórdico").

- El Spectralite de Mackbeth, es el aparato más perfeccionado. La iluminación proviene de lámparas de halógeno de cuarzo de 750 watts, provistas de filtros calibrados. Actualmente es el mejor método para obtener una

curva espectral no accidentada (a diferencia de lo que ocurre con las mezclas de tubos fluorescentes, que transmiten "picos de energía" en el campo de ciertos colores, lo que puede perturbar la apreciación). Este dispositivo permite la discriminación de matices que presentan separaciones ínfimas. La temperatura de color* es de 7,500 grados K. o 6,500 grados K, según sea el caso. [8]

INTERACCION ENTRE LA LUZ Y LA MATERIA

Cuando la luz incide la materia, 3 fenómenos pueden producirse: la luz puede ser reflejada, transmitida o absorbida. En el caso más común, estos 3 fenómenos se manifiestan simultáneamente pero en proporciones diferentes de acuerdo a los materiales sometidos al haz de luz [8].

a). La Absorción: Cuando la luz incide sobre un material, una parte de las radiaciones no es reflejada ni transmitida, sino absorbida. La luz se transforma entonces en calor. La absorción selectiva es aquella propiedad física de los materiales que es responsable de su coloración [8].

b). La Reflexión: Es la desviación que experimentan los rayos al incidir sobre una superficie bien pulimentada o espejo [9]. El color es el resultado de la reflexión de la luz sobre los cuerpos que la reciben. [10]

*El color de las fuentes luminosas se expresa en comparación con la del "cuerpo negro" (radiador perfecto cuyas propiedades no dependen de las substancias de las paredes, sino únicamente de la temperatura) calentado a cierta temperatura [8]. La cualidad de color de una fuente luminosa puede ser expresada en la escala Kelvin de temperatura [7]. Su equivalencia se obtiene añadiendo 273 a la temperatura expresada en grados Celsius.

Cuando una fuente luminosa es equivalente colorimétricamente al "cuerpo negro" calentado a una temperatura dada, se dice que la "temperatura de color" de la fuente es igual a la del cuerpo negro [8].

Cabe mencionar aquí que la coloración de la luz a diferente temperatura absoluta es la siguiente :

Temperatura inferior a 1,500 grados K = ROJA
de 2,000 a 4,000 grados K. = AMARILLA
de 4,000 a 7,000 grados K = ELANCA
temperatura mayor de 7,000 grados = AZUL

c). La Transmisión : Ocurre cuando la luz incide un objeto transparente, entonces, la luz no es absorbida ni reflejada sino transmitida [8]. El color por transparencia coincide generalmente con el color por reflexión. [9]

El material opaco no permite el paso de luz en absoluto. Es imposible ver a través de él ni percibir la menor fuente luminosa. [6]

Es aquél en el que la reflexión de la luz predomina. Los estados de superficie de los materiales son infinitamente variados, y se simplifican considerando 3 principios: Brillante, Semi - Mate y Mate.

- Cuando la superficie es brillante, el conjunto de haces de luz será reflejado en la dirección de reflexión regular prevista por las leyes de reflexión sobre los espejos.

- Cuando la superficie es semi-mate, el conjunto de haces de luz será reflejado en todas direcciones, pero con un máximo en la dirección regular .

- Cuando la superficie es mate, el conjunto de los haces luminosos será reflejado en todas direcciones y se producirá entonces una difusión de la luz. [9]

El material transparente, permite el paso de la totalidad de la luz y, teóricamente, de la imagen (a menos que haya superficies deformantes [6]. Es aquél en que la luz es transmitida, pero simultáneamente sobre el que ella se refleja. Cuando un conjunto de haces de luz alcanza la superficie que separa dos medios transparentes cuyos índices de refracción son diferentes, se parte en dos conjuntos de haces: El conjunto reflejado (que obedece a ley de la reflexión sobre los espejos) y el transmitido o refractado (que obedece a la ley de Descartes) [8].

El material translúcido, si bien permite el paso de cierta cantidad de luz, la difunde bastante y no permite percibir con claridad una imagen. [6]

En general, los cuerpos tienen color por reflexión difusa y por transparencia.

La reflexión difusa no tiene lugar exactamente sobre la misma superficie. La luz penetra y aunque sea muy poco, basta para que sean absorbidas algunas radiaciones de las que componen la luz blanca con la cual ordinariamente se iluminan los cuerpos.

Si la luz llega a un cuerpo y éste absorbe todas las radiaciones menos las rojas, lo vemos rojo. Si absorbe todas las radiaciones menos las azules, lo vemos azul y así sucesivamente. Si no absorbe ninguna, lo veremos blanco y si absorbe todas lo veremos negro, es decir, no refleja ningún color, ya que como habíamos mencionado, el negro es la

ausencia total de luz.

El color por transparencia coincide generalmente con el color por reflexión. Un vidrio rojo (color por reflexión) lo vemos rojo, pero mirando a través de él, vemos también de este color los cuerpos blancos y más o menos rojos todos los demás (color por transparencia). Esto es debido a que de todas las radiaciones que refleja el cuerpo blanco, solo llegan a nuestros ojos las rojas; todas las demás son absorbidas por el vidrio. [9]

Un buen ejemplo de que el color es el resultado de la reflexión de la luz sobre los cuerpos que la reciben es el siguiente: En la noche, en una habitación iluminada con luz artificial, observamos a una persona vestida con suéter rojo y pantalón azul; si apagamos la luz, oscureciendo por lo tanto la habitación, dichos colores desaparecen de nuestra vista para tornarse en un gris indefinido. Esto demuestra que en la obscuridad no se percibe el color. [10]

Si iluminamos un cuerpo con luz diferente a la blanca, los colores parecerán diferentes. [9]

LAS MODALIDADES DE APARIENCIA DEL COLOR

Siguiendo la naturaleza de los objetos, los colores pueden revestir apariencias diferentes. Se trata sucesivamente de:

1. Color de superficie: El color parece provenir de un objeto que refleja la luz.

2. Color debido a la fuente luminosa: El color es percibido como perteneciente a ciertos cuerpos que emiten la luz.

3. Color de volumen: El color de volumen, dado por éste, es entonces percibido como si existieran 3 dimensiones dentro de una sustancia transparente.

METAMERISMO

El metamerismo es un fenómeno que está basado en el hecho de que los materiales que tienen estructuras químicas diferentes, reaccionan de diferente manera a las radiaciones luminosas.

Hemos visto que el color de los objetos esta

influenciado por la naturaleza de la luz que los ilumina. Cuando se modifica la iluminación, se modifica el color de los objetos, sin embargo, dos objetos de la misma naturaleza tendrán siempre el mismo color uno con respecto al otro cualquiera que sea la calidad de la iluminación. -En teoría podríamos mencionar aquí, el caso de los dos incisivos centrales superiores, como ejemplo: si reconstruimos uno de los centrales superiores por medio de un elemento protésico, cuya naturaleza química es diferente a la sustancia dentaria, no puede existir igualdad de color ya que aunque sea posible obtener un aspecto coloreado sensiblemente idéntico bajo un tipo de iluminación determinado, habrá diferencia de coloración si la observación se efectúa en un ambiente luminoso diferente. Por lo tanto, la igualdad de aspecto de un color de referencia y su reproducción significa que la luz de dicho par de objetos PARECE idéntica, pero esto no significa que dichas luces son idénticas físicamente.

La reproducción de un color, establecida por comparación visual depende por lo tanto del ojo que la ha igualado y de la "tríada fisiológica": luz - objeto - observador, y por ello, la modificación de uno de estos tres parámetros produce una variación y, por lo tanto, la identidad de aspecto adquirida bajo una iluminación, no será válida bajo otra iluminación.

Es un hecho pues, que el metamerismo relacionado a la fisiología humana se opone de manera escandalosa a la reproducción exacta de los colores ya que, como hemos mencionado anteriormente, para que dos objetos sean del mismo color, es necesario que las características físicas de sus colores sean las mismas y para ello se requiere que los materiales que constituyen a dichos objetos sean idénticos en su composición química.

FLUORESCENCIA

Mientras que la emisión de rayos visibles debidos a la energía térmica caracteriza la "incandescencia", la emisión de luz por una fuente fría es designada "luminiscencia".

En la fluorescencia, la emisión de luz acompaña la energía de excitación. La emisión se produce siempre en una banda de longitud de onda superior a la de la banda de absorción.

Las sustancias fluorescentes son sustancias que tienen la facultad de absorber las frecuencias U.V. próximas del espectro visible.

Existen sustancias fluorescentes incoloras que en su momento emiten en la banda azul, creando el efecto del "azulado óptico" que da la "ilusión de blancura". Dicha percepción tiene su punto de partida en un flujo no

explotado por el ojo, que transformado en luz visible, viene a corregir el material blanco amarillento. Adicionando la cantidad compensadora de luz azul, se realiza una muestra neutra y luminosa, es decir, un blanco mejorado.

Examinada a la luz de Wood la dentadura natural presenta una fluorescencia blanca azulosa. Así se comprende mejor la noción de blancura atribuida a la dentadura, que sin embargo, en examen clínico bajo nuestra iluminación de incandescencia parece amarilla o amarilla anaranjada. Es sin duda que hacemos referencia inconciente a dentaduras vistas bajo iluminación solar, rica en rayos U. V.

Ciertas restauraciones cerámicas alteran su coloración bajo la luz "cruda" (rica en rayos U. V.) recibida en la playa o en la montaña. Esto se debe a que la mayor parte de las marcas de porcelana acusan una fluorescencia amarilla-verdosa que es conferida por las sales de uranio. Estas marcas, que ya en la naturaleza son verdes, exaltan su coloración bajo la luz cruda.

Ciertos fabricantes parecen haber estudiado mejor el problema y lo han resuelto, pero por supuesto, la composición de sus mezclas es mantenida en secreto. Sin embargo, las substancias luminiscentes, resistentes a las fuertes temperaturas, son conocidas y fabricadas desde hace tiempo y se obtienen a partir de las tierras raras (Serie de los lantánidos). Dichas substancias se denominan luminóforos (substancias capaces de emitir luz bajo la influencia de una excitación apropiada: electrón, U. V., Rx, etc.) y son utilizadas para colorear los vidrios desde principios de siglo.

El desarrollo de la T.V. a color ha suscitado desde el último decenio un aumento en la producción y pureza de las tierras raras, así como una baja en su precio de adquisición. Excitados por la radiaciones U.V., los luminóforos producen las luces coloreadas:

DYSPROSIUM = AMARILLO
TERBIUM = VERDE
THULIUM Y CERIUM = AZUL
SAMARIUM Y EUROPIUM = ROJO

La mezcla de estos luminóforos diferentes permite obtener por SINTESIS ADITIVA cualquier color. Por ejemplo, THULIUM + DYSPROSIUM = fluorescencia blanca. [8]

CAPITULO V

OBSERVADOR

La visión es el único aparato utilizable para apreciar los colores y las formas de los dientes naturales, para más tarde compararlos con su reproducción protésica. [3]

Es siempre molesto colocar una restauración cerámica que no alcance los requerimientos estéticos básicos. Hay muchos sistemas para obtener los colores, mas sin embargo en la mayoría de los casos la prótesis falla en reunir los requerimientos estéticos óptimos esperados.

Con los nuevos sistemas de gulas de color y más recientemente con la introducción del espectrofotómetro como ayuda para seleccionar los colores dentarios, es difícil entender el grado de error que se obtiene. Estas fallas son causadas muy probablemente por la no eliminación de variables que conducen a resultados poco satisfactorios.

El problema encontrado con mayor frecuencia es la falla al reproducir el color, ya sea durante el proceso de selección del mismo o durante la fabricación de la prótesis. [11]

En la confección de toda prótesis dental se maneja -por imprecisiones de a propia metodología- un cierto margen de error, mismo que tiene varios orígenes. En primer término, el odontólogo elige de su muestrario el diente que más se parece a la dentadura de su paciente. Aquí ya hay un pequeño margen de inexactitud. Por un lado, el muestrario puede no corresponder con exactitud a todas las posibilidades cromáticas de la dentadura humana. Hay que proceder por aproximación. En segundo lugar, el "ojo" del odontólogo puede (y suele) tener pequeñas fallas. En tercer término, el técnico recibe una muestra y crea una prótesis a partir de materiales relativamente complejos. El color elaborado será el que, de acuerdo con su sentido de la vista, se acerque de manera aceptable a la muestra. No puede reproducir con fidelidad total el color; se limita a aproximarse lo mejor posible.

Casi siempre estas pequeñas inexactitudes suelen cancelarse mutuamente, si son lo suficientemente pequeñas. Pero a veces, sus efectos se suman y el resultado es que, al colocar la restauración entre dos piezas naturales, el color difiere de manera perceptible. [6]

En lo que se refiere a la relación C.D. - Técnico Dental, existen 2 razones principales que pueden ser causa de fallas en el éxito del color en la restauración estética:

1. La falta de un lenguaje común que permita tanto al técnico como al odontólogo comunicarse entre si en relación

con una descripción concreta y verdadera de la tonalidad requerida.

2. La falta de conocimientos realmente técnicos acerca del color, sus características y combinaciones, es decir, una verdadera artesanía del color. [2]

No es poco común que en ocasiones nos enfrentemos a pacientes poseedores de piezas dentarias con colores poco comunes o difíciles de igualar. Es por ello que requerimos un amplio conocimiento de los materiales, los tonalizadores, sus usos, combinaciones y sus efectos sobre la restauración protésica.

Aunque sabemos que la igualdad de colores no puede ser lograda en su totalidad, debido a una serie de factores que ya se han mencionado con anterioridad, debemos tratar de obtener la mayor similitud posible entre el color de la dentadura natural y el de la reconstrucción protésica, principalmente en lo que se refiere a las piezas que rodean la región a reconstruir. Por ello, es de suma importancia que el C.D. esté ampliamente informado acerca de la manera de lograr esta similitud.

La tecnología dental, si bien no puede presumir de perfección, ha alcanzado suficiente adelanto, de manera que si las instrucciones del odontólogo son correctas y el técnico las efectúa, es posible reproducir piezas dentarias con color y brillo tales que asemejen la vitalidad de los dientes originales. El error es por lo tanto humano y existe la fácil y cómoda salida de que los odontólogos culpen a los técnicos por los fracasos, y que estos a su vez responsabilicen a los odontólogos. [2]

En realidad, la falla principal se debe a problemas de comunicación. Tanto el técnico dental como el odontólogo deben de establecer un código de comunicación que les permita sortear las dificultades antes de que se presenten. Por ejemplo, la incomprensión de las dimensiones del color por parte del odontólogo y por tanto, la inexactitud de sus instrucciones al ceramista, pueden crear graves problemas. Por ejemplo, es común que el dentista envíe instrucciones tales como "aclamar el color" cuando se refiere a la necesidad de reducir la intensidad y, "oscurecer" significa comunmente reducir el brillo. Generalmente, la experiencia del técnico sirve para superar en gran medida esa dificultad, pero esto no siempre es posible. Ambos profesionistas no alcanzan a comunicarse los datos que necesitan para realizar una labor perfecta, y el resultado final es una prótesis que no satisface a ninguno de los dos, y menos aún al paciente.

Desafortunadamente, en aras de la comodidad y de la ignorancia del C.D. en el campo de la teoría del color y sus aplicaciones prácticas a la cerámica dental, se acostumbra proporcionar al técnico dental información acerca del color deseado, dejando en sus manos la realización del trabajo estético. Esto por supuesto, nos lleva a situaciones tales como la frustración que en ocasiones todos los Dentistas

hemos sentido al comprobar que el color de la prótesis no se adecúa totalmente a los requerimientos estéticos esperados. En estas ocasiones, procedemos casi inmediatamente a culpar al técnico por la falla, aún cuando éste haya seguido las indicaciones proporcionadas. En otras ocasiones, cuando nos enfrentamos a colores dentarios que no coinciden con las guías que poseemos, remitimos al paciente al laboratorio dental, dejando que el técnico sea quien elija el color y tome las decisiones correspondientes a la tonalización. En este caso, cuando consideramos que la tonalidad no es la adecuada, carecemos de argumentos para expresarlo correctamente e indicar la causa de la falla, ya que carecemos de las bases teórico-prácticas para hacerlo.

Existe un "vicio educacional" muy arraigado en lo que se refiere a los trabajos que enviamos a un laboratorio dental, que consiste en limitarnos a enviar los modelos de trabajo al laboratorio junto con una serie de datos referentes al trabajo que se debe realizar, dejando en manos del técnico la elaboración de dicho trabajo y olvidándonos de él hasta que nos es entregado. Damos poca importancia al conocimiento de los materiales que se utilizan. En realidad, estamos acostumbrados a enfocar y dirigir nuestra práctica profesional a eso solamente, la práctica. Nos preocupamos por efectuar preparaciones bien hechas, a colocar restauraciones que cumplan con ciertos requerimientos, a proponer soluciones a los problemas de nuestros pacientes y a ponerlas en práctica, más sin embargo, cuando determinamos que la restauración protésica es necesaria, limitamos nuestro trabajo a la preparación de las piezas pilares, a la toma de las impresiones y registros correspondientes y a la remisión de estos al laboratorio, anexando una hoja en la que se especifican someramente las características generales requeridas. Sin embargo, el dentista tiene una idea muy limitada de los procedimientos utilizados, carece de la experiencia para su correcta manipulación y menos aún tiene idea de la utilización de los colores para lograr la tonalización adecuada.

Cabe preguntarnos entonces, ¿qué papel juega el C.D. en la estética de la restauración protésica?

Lo ideal sería que el C.D. estuviera capacitado para aportar sugerencias, para establecer los parámetros a seguir en la elaboración de la prótesis, para calcular el efecto de las combinaciones de color y así trabajar en equipo con el técnico dental. Esta combinación C.D.- Técnico, con amplia comunicación entre sí, sería un elemento más para alcanzar el objetivo final: la restauración estética más aproximada a la realidad.

" La comprensión de los conceptos del color puede incrementar enormemente la habilidad del C.D. para alcanzar el objetivo". [7]

Existen además otros factores referentes al observador. Recordemos que la visión y el color son el resultado de fenómenos físicos, fisiológicos y psico-sensoriales que interactúan para provocar una percepción. Por lo tanto, debemos tomar en consideración que pueden existir diferencias en la percepción entre el Técnico, el Odontólogo y el Paciente. Estas diferencias en la percepción pueden estar influidas por deficiencias fisiológicas en alguno de los observadores, tales como discromatopsias, daltonismo parcial y otras anomalías congénitas de la visión (El 8% de los sujetos masculinos las presentan, por un .45% los sujetos femeninos). [8]

El éxito de los materiales restauradores estéticos depende de la igualación del color. Como la determinación de éste se efectúa visualmente, tanto el C-D como el técnico deben estar concientes y prevenidos de sus propias deficiencias en lo referente a la percepción y discriminación del color [12]. Por lo tanto, es recomendable que las personas destinadas a evaluar las variaciones sutiles de color, se sometan a un examen de detección de las anomalías congénitas de la visión. Ciertas de estas pruebas utilizadas son conocidas como tablas pseudo-isocromáticas que, con la ayuda de láminas coloreadas representan las letras o cifras percibidas de diferente manera por los sujetos normales o aquellos afectados por anomalías. [8]

Perelmuter et. al. [8] sugieren un medio simple de comparación entre la visión cromática del Odontólogo y del ceramista utilizando la regla de Davidson & Hemmendinger. Este dispositivo está compuesto por 2 escalas de colores:

1. En la primera escala, los colorantes utilizados son una mezcla de anaranjado y azul.
2. En la segunda, mezcla de violeta y verde.

Para la mayor parte de los observadores y de las condiciones de iluminación, es posible encontrar una concordancia entre los 2 matices situados para cada una de las reglillas. En este procedimiento por ensayo, se llevan hasta la ventanilla del dispositivo los 2 colores idénticos de aspecto. Se trata de explorar el efecto del metamerismo. Los colorantes son de naturaleza química diferente y si se modifica la iluminación o se cambia de observador, habrá una variación medible entre los dos campos coloreados. La luz bajo la cual se lleva a cabo la prueba debe ser, por supuesto, la misma para los 2 observadores.

En el año de 1981, en la sesión anual de la ADA, pruebas de visión cromática fueron incluidas en el programa de evaluación de la salud. El reporte de dichas pruebas y los posibles efectos clínicos de la visión anormal del color, fueron publicados en el JADA [12]. La prueba fue efectuada entre 670 participantes en los que se midió la deficiencia rojo-verde, utilizando láminas de prueba isocromática de Dvorine, que consiste en una serie de 15 láminas que presentan numeraciones consistentes en manchas

de diferente tamaño, de rojos, verdes e intermedios. Son de una variedad de luminosidad tal, que el sujeto no puede percibir un número como resultado de la habilidad de discriminar claro de oscuro. Los sujetos observaron cada una de las 15 láminas por un máximo de 5 seg. bajo iluminación fluorescente de 150-200 ft-c (en el día). Los sujetos que no pudieron leer correctamente :

0-2 láminas fueron considerados como poseedores de visión de color normal

3-4 : Visión del color medianamente normal.

5-10 : Deficiencia medianamente severa.

11 - : Deficiencia severa rojo-verde.

Los resultados fueron: 28 de 66 sujetos fueron determinados como deficientes en la visión cromática.

FENOMENO DE FATIGA CROMATICA:

Si la visión es mantenida durante demasiado tiempo sobre un objeto, la percepción del color de éste será alterada sin que el observador tenga conciencia de ello. [8]

CAPITULO VI

EL PARAMETRO "MATERIAL"

En el campo de nuestro ejercicio profesional, se manifiesta bajo un triple aspecto:

- 1). El Diente Natural, que sirve como referencia
- 2). El Colorímetro, que es la base de la información
- 3). Elemento cosmético de la reconstrucción protésica.

1). EL DIENTE NATURAL:

El diente reúne en su volumen una suma de complejidades desde el punto de vista de su color. Se compone de 2 tejidos duros de color y translucidez diferente, que se reparten tridimensionalmente de manera variable según los individuos [8]. Es una estructura única de gran complejidad en la que el tejido que lo envuelve, el esmalte, es el más duro del organismo. Es una estructura rígida y quebradiza con baja resistencia a la tensión, que fácilmente se fractura cuando carece de soporte dentinario. [13]

El esmalte es translúcido y de color gris o blanco-azulado y es capaz de transmitir alrededor de 70% de luz en el borde incisal. El color del diente es modificado por la dentina.

El color de la dentina es producido por una combinación de la reflexión y la refracción de la luz en los prismas de hidroxiapatita y su matriz colágena. Los colores descansan dentro de una envoltura tridimensional elongada en la región amarilla - roja del sistema de Munsell, cuyo eje longitudinal es tal, que los colores se hacen más saturados y ligeramente rojizos conforme se vuelven más oscuros. En adición a estos efectos de color, la dentadura natural fluorescerá bajo radiación ultravioleta. Se piensa que los "fluors" (los compuestos que ocasionan la fluorescencia) en el diente natural son de naturaleza orgánica, posiblemente proteínas, y que la fluorescencia puede deberse a la energía transferida de la fenilalanina y la tirosina al triptófano [13]. Además, de hecho el diente es fluorescente, aunque no lo parezca en primera instancia es una fuente de luz fría y esta propiedad le confiere un brillo particular. [8]

Debido a que el diente está estructurado por capas con diferentes propiedades de dispersión, translucidez y fluorescencia, el problema de medir con exactitud su color y las propiedades espectrales es formidable. [13]

El matiz, en Odontología es un término que evoca el aspecto particular que resulta, en el volumen coronario, de la distribución de la dentina (amarilla-anaranjada, relativamente opaca), recubierta de esmalte (gris-azuloso y más translúcido). [8]

Clark, Lemire y Burke, midieron las variaciones de color observando miles de dientes y mostraron que:

1.1 El sitio geométrico en el cual las variaciones se sitúan es muy vasto y sobrepasa las posibilidades ofrecidas por las coloraciones comerciales.

1.2 De los tres atributos del color, el de las variaciones más fuertes es el relativo a la claridad (o luminosidad), en seguida la saturación y en último lugar, la tonalidad cromática. [8]

2). LOS COLORIMETROS :

Existe un gran número de atlas de color en los diversos sectores profesionales; desde hace mucho tiempo se ha buscado establecer un sistema de referencia construido de tal manera que un carácter de universalidad pueda conferírsele. El sistema de Munsell, puede responder a estos criterios. Se define como un arreglo espacial de los 3 atributos psicológicos del color, en series de magnitud visual (no física) equidistante.

A partir de las coordenadas cilíndricas es construido un sólido que materializa el carácter tridimensional del color. En el plano horizontal está situado el círculo cromático de Munsell que representa las variaciones de matiz.

Cada tinte, está situado simétricamente con respecto al centro del círculo el color complementario. Perpendicularmente y de una parte a otra del círculo cromático, está dispuesta la escala vertical de luminosidad (valor), que comprende graduaciones equidistantes visualmente. El grado de saturación (Munsell-chroma) está medido por el número de escalones a recorrer en sentido horizontal, partiendo del eje de los neutros. [8]

Otra opción, propuesta por Alfred Hicketier, es su cubo de los 1000 colores (1940), que consiste en un cubo en el que se encuentran colocados los 3 colores fundamentales, de tal modo que cada uno de estos 3, con 10 grados de intensidad toma una dimensión, comenzando con el grado 0 (incolore) y terminando con el grado 9 (pleno color). De las mutuas relaciones resultan 1000 colores diferentes que se enumeran del 000 en el vértice del cubo hasta 999 en el pie.

Para la ordenación de los colores, este autor utilizó una nomenclatura creada por él mismo, en la que cada uno de

Los 3 colores fundamentales se subdivide en una serie de saturación de 10 grados, que se señalan por medio de las cifras 0-9 en donde 0 es el grado incoloro y 9 el grado pleno de saturación. Por en medio están las cifras 1-8, que simplemente indican mayor o menor saturación. En la práctica se pueden tomar los grados como indicativos de cantidad de color. Para el grado 9 se necesitan 9 gramos de colorante, para el 6, 6 grs, y así sucesivamente. De estas leyes de saturación de los 3 colores fundamentales con 10 diferentes grados, resultan supuestamente todas las combinaciones posibles, exactamente 1000 colores; cada una perfectamente determinada por un número entre 000 y 999. Para que los grados no tuviesen que ser designados por los nombres de los colores fundamentales (por ejemplo, 3 amarillo, 9 magenta y 0 cian) se estableció obligatoriamente que:

- a). La primera cifra correspondería siempre al amarillo.
- b). La segunda cifra correspondería siempre al magenta.
- c). La tercera cifra correspondería siempre al cian.

Así, se podría imaginar inmediatamente cualquier color indicado. El # 903 dice ya que un amarillo pleno está mezclado con un tercio de azul, es decir, que tiene que haber como resultado un verde amarillento. El # 334 es un azul gris claro, ya que el # 333 es un gris claro al que se le ha añadido una ligera porción de azul.

De esta manera, la comprensión de los grados de saturación y de la combinación de los colores se simplifica, así como la nomenclatura se hace más sencilla. [14]

Sin embargo, un sistema de clasificación coherente de los colores hace falta aún en odontología. [8]

El arsenal del que disponemos para efectuar la elección del color es muy variado de acuerdo a su proveniencia comercial. Si se comparan los diferentes colorímetros entre sí se constata que en la mayoría de los casos, existe una "carencia de normalización de patrones" en la clasificación de los colores.

Regularmente el Odontólogo, para efectuar la elección del color, busca en su colorímetro habitual el color del diente testigo. En la mayoría de los casos, el color del diente testigo ocupa una situación intermedia entre 2 guías de color; otras veces, el color considerado no se encuentra en el colorímetro utilizado y es necesario buscarlo en otros. Esto en sí representa ya un serio problema debido a que la clasificación de los tonos de cerámica varía de acuerdo a los fabricantes, que normalmente sugieren utilizar el colorímetro correspondiente a la marca de porcelana. [8]

La mayor parte de las guías de colores se limitan entre

9 y 24 colores muestra. Admitimos que los colores de los dientes ocupan una gama estrecha de todo el espectro de colores. Pero seguramente, el número de variaciones excede a 24. Es en este punto en que la compatibilidad del color en la Odontología cesa de ser una ciencia y se convierte en un arte. [11]

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se han propuesto y de hecho, existen ya, diversos modelos de colorímetros basados en el sistema Munsell, entre los que podemos mencionar:

- El indicador Tooth Shade de 60 colores (B. Clark)
- El colorímetro de T. Hayashi, sobre placas de cartón, con un inventario de 125 categorías.
- El colorímetro de Burk y Lemire (Ney) tiene doble mérito: concretiza las variaciones tridimensionales de los colores dentales y es el primer colorímetro verdaderamente ceramometálico, ya que las guías son elaboradas sobre una base metálica previamente recubierta con opacador. [8]

Sin embargo, como ya se ha mencionado, aún falta un sistema de estandarización en las guías de color. Actualmente se están llevando a cabo experimentos para dar solución a este problema. Por ejemplo, J. Preston, en la Universidad del Sur de California, trabaja en el perfeccionamiento de un espectrofotómetro destinado a medir los colores dentarios en vivo. H. Fradger, se encuentra efectuando estudios y recopilando datos que sirvan para elaborar un colorímetro ceramometálico que abarque el "rango de color" de la dentadura humana. La firma Sterndent Co. (Stanford) U.S.A. ha lanzado al mercado un colorímetro de uso dentario, el Chromascan, que puede para cada zona examinar tres valores numéricos que corresponden a los "factores de reflexión" * en el rojo, el verde y el azul; si con ayuda de una calculadora se convinan los factores siguientes: R (rojo) G (azul-verde) B (azul)

$$R - B = r \quad \text{y} \quad G - B = g$$

Se obtiene:

Tonalidad cromática (hue) : g/r
Saturación (chroma): $r + g$
Luminosidad (valor): $R + G + B$

[8]

* Factor de reflexión: Energía incidente / energía reflejada. Este es un carácter físico de la materia independiente de la luz y del observador. [8]

Con respecto a dicho aparato se han efectuado algunos estudios, entre los que podemos mencionar el realizado por W. J. O'Brien [15] de la Universidad de Michigan, consistente en la determinación de la sensibilidad cromática del Chromascan a los pigmentos utilizados en las porcelanas dentales y la sensibilidad visual de 15 dentistas. Los resultados comparativos dieron las siguientes conclusiones:

- El instrumento es más sensitivo a los cambios en pequeñas concentraciones de pigmento naranja que los observadores.

- Los observadores fueron capaces de detectar concentraciones menores de pigmentos amarillo, azul, café y gris, bajo condiciones controladas de luz.

Por lo tanto, los clínicos experimentados muestran una mayor sensibilidad en la detección de diferencias, excepto en el anaranjado. Dado que este pigmento es muy importante en la porcelana dental, parece ser que el Chromascan ha sido optimizado para esta detección.

3). MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACION DE RESTAURACIONES CERAMO-METALICAS

Quienes utilizamos los materiales estéticos, principalmente la porcelana dental, debemos tener una comprensión elemental de su naturaleza química, sus limitaciones, sus ventajas y desventajas, así como de su comportamiento óptico. Armados de tal información, estaremos en una mejor posición para interpretar las advertencias de los fabricantes y nuestras propias observaciones técnicas.

La corona ceramo-metálica es un derivado de la corona funda (jacket-crown). [8]

La creación de una restauración estética de porcelana fundida a metal es un procedimiento complejo. No hay nada de simple acerca de la fabricación de una corona de metal-porcelana. Es una técnica multifacética que requiere de una cooperación completa entre el dentista y el técnico dental. [16]

Elemento Cosmético de la Restauración Ceramo-metálica. Clases de Porcelana Dental:

De acuerdo a su temperatura de maduración, la porcelana dental se clasifica generalmente en 3 tipos, según el Dr. Alton M. Lacy [17]:

- a) De temperatura de maduración alta
- b) De temperatura de maduración media

c) De temperatura de maduración baja

Según el Dr. G. F. Kantorowitz [18], por su temperatura de fusión :

- a) Alta fusión
- b) Baja fusión
- c) fusión Media.

Las porcelanas de temperatura de maduración alta y media tienen casi la misma composición, pero son considerablemente diferentes de la de baja temperatura de maduración. [17]

Las porcelanas de alta temperatura de maduración, se utilizan primordialmente para prostodencia [17]. Este tipo de porcelana se funde a temperaturas de 1,300 grados C; provee un material más denso y de mayor sensibilidad al matiz. [19]

Las porcelanas de temperatura de maduración media, se utilizan principalmente para pódicos [17]. Se funden a 1090 grados C. y producen un material bastante denso. [18]

Estos dos tipos son compuestos de mezclas de materias primas extraídas por explotación minera, como los feldespatos naturales (minerales parecidos a la arcilla, compuestos de óxido de silicio, aluminio, sodio y potasio) y de cuarzo. Estos materiales se pulverizan, se mezclan y se someten al calor. En estos 2 tipos de porcelana, las reacciones químicas internas pueden empezar o detenerse por ciclos de temperatura, sus propiedades físicas son inestables cuando hay episodios repetidos de calentamiento y enfriamiento. Por esta razón se usan solo para situaciones en las que una vez fabricadas, solo necesitan molerse, tal vez glasearse una vez y montarse sobre bases metálicas. [17]

Porcelanas de Temperatura de Maduración Baja:

Estas porcelanas se funden a una temperatura por debajo de los 1000 grados C [18]. Son producidas mezclando materias primas semejantes a las usadas en porcelanas de temperatura de maduración alta, pero con una proporción relativamente más alta de óxidos de Sodio y Potasio. Estos óxidos reaccionan fácilmente a altas temperaturas con óxidos de Silice y de Aluminio para producir un cristal líquido. Al contrario de las porcelanas de alto punto de fusión, los componentes se disuelven casi por completo mediante reacciones químicas, de modo que el material al enfriarse muestra una microestructura casi homogénea de vidrio amorfo. [17]

Variedades de la Porcelana de Baja Temperatura de Maduración:

1). Porcelanas Opacas: compuestas por vidrio básico de baja temperatura de maduración con agregados de óxidos relativamente insolubles (TiO_2 ZrO_2).

2). Porcelanas de Cuerpo: compuestas por un vidrio básico de baja temperatura de maduración con diversas concentraciones de óxidos colorantes. Hay generalmente 3 tipos de porcelanas de cuerpo:

2.1 De tonalidades incisales (o de esmalte) que virtualmente no contienen óxidos colorantes.

2.2 De tonalidades gingivales (o de dentina) que contienen pequeñas cantidades de colorantes, particularmente los óxidos que imparten color amarillo.

2.3 Modificadoras, que contienen grandes cantidades de colorantes que fluctúan por todo el espectro cromático e incluyen blanco y gris.

Todas estas porcelanas de cuerpo tienen las mismas propiedades químicas y físicas, por lo que pueden entremezclarse libremente. Normalmente se funden a temperaturas entre 954 y 990 grados C.

3) Colorantes y Glaseadores : Compuestos por vidrios con una cantidad proporcional menor de Silice y Aluminio que las porcelanas de cuerpo. El contenido relativamente mas alto de óxidos de Sodio y Potasio, además de los óxidos colorantes, da a estos vidrios una fluidez considerable a temperaturas entre 870 y 926 grados C. Están equilibradas para tener casi la misma expansión térmica que las otras porcelanas (de cuerpo y opacas), pero deben entremezclarse con precaución debido a su gran fluidez. [17]

Existe un cuarto tipo de porcelana dental, conocida como PORCELANA ALUMINOSA, que está compuesta por porcelana de baja temperatura de maduración y óxido de Aluminio (alúmina) agregado en cantidades hasta de 40-50% por volumen. Estos dos materiales tienen coeficientes similares de expansión térmica y por lo tanto son compatibles estructuralmente. Además, el óxido de aluminio es ligeramente soluble en ese tipo de porcelana, lo que permite una continuidad de unión atómica a través del compuesto. La alúmina proporciona un aumento a la resistencia global de la porcelana. También este compuesto tiene un elevado grado de ablandamiento y viscosidad, logrando suficiente fluidez para coalescer en una unidad densa sin pérdida excesiva de contorno. [17]

La producción de la restauración fundida de cerámica y metal comprende una técnica diferente de cualquier otra restauración con porcelana. En esta, el polvo de porcelana se funde directamente a una subestructura metálica a temperaturas relativamente altas. La técnica comprende el ciclaje de la restauración a través de horneadas repetidas, hasta que se ha obtenido la forma deseada del diente. La porcelana debe ser estable química y físicamente durante dicho procedimiento [17]. Para que una restauración ceramo-metálica sea fuerte y poco susceptible a las fracturas y desprendimientos, se requiere que el metal y la porcelana cuenten con un coeficiente de expansión lineal compatible y temperatura de fusión alta; rigidez; y capacidad de formar óxidos específicos. [19]

Los requisitos generales para toda porcelana designada a fusión a metal son:

- 1) Debe tener un coeficiente muy alto de expansión térmica para equiparar al de la aleación metálica.
- 2) Debe fundirse a temperaturas menores que la aleación metálica.

El tipo de porcelana que se utiliza en estos casos es la porcelana de baja temperatura de maduración. El vidrio producido de esta manera, puede ser modificado por pequeños agregados de óxidos que imparten color al vidrio sin cambiar significativamente ninguna de sus otras propiedades. Colocarlo en capas y fundirlo al metal significa simplemente una coacción de partículas. El cristal puede hacerse opaco agregando pequeñas cantidades de óxidos casi insolubles, tales como TiO_2 y ZrO_2 . Cuando se mezclan con vidrio, estos materiales forman una mezcla compuesta, similar en su estructura física a las resinas compuestas. Las pequeñas cantidades de óxidos insolubles interrumpen la translucidez de la luz y como son blancos o blanco-amarillento, pueden crear tonalidades de color en vidrio translúcido semejantes a las de la dentición natural. Debido a su insolubilidad relativa (esto es, virtualmente no existe reacción química con la matriz del vidrio) no alteran en forma apreciable la temperatura de fusión ni el coeficiente de expansión térmica.

Alterando el color y el grado de opacidad, pueden producir una diversidad de vidrios. En manos diestras pueden fundirse a soportes metálicos de composición apropiada, pueden obliterar el color oscuro del soporte y pueden reproducir la forma y el aspecto estructural del diente mediante una técnica que comprende el ciclaje térmico repetido de los materiales. [17]

a) La porcelana opaca se funde directamente al soporte de metal en un grosor aproximado de .3 a .4 mm. dentro de

una variación de temperatura entre 960 y 1010 grados C.

b) Las porcelanas de cuerpo se colocan en capas y se funden sobre la porcelana opaca para formar el contorno y la estética del diente, difundiendo y suavizando el color opaco.

c) Los colorantes o glaseadores se usan para crear una chapa glaseada y para impartir caracterización superficial a una restauración fundida ceramo-metálica, exactamente antes de la cementación. [17]

Subestructura de las Coronas Ceramo-metálicas:

La subestructura debe obviar las características indeseables de resistencia de la cerámica, por lo tanto, las propiedades físicas y la creación de ésta deben ser tales que resistan las fallas de la restauración, que podrían resultar por: resistencia a la tensión, al desgaste y al impacto deficientes del material de enchapado. Además, la subestructura debe proporcionar soporte e interferir tan poco como sea posible en las demandas estéticas. En la actualidad, los únicos materiales capaces de servir como subestructura son las aleaciones metálicas. [3]

1) Propiedades Metalúrgicas : La ciencia de los materiales enseña que la aleación ideal para una subestructura de cerámica, debe poseer las propiedades siguientes:

1.1 Alto Módulo de Elasticidad: Este refleja la rigidez de un material dentro de su fluctuación elástica. Mientras más alto sea éste, menos se flexionará un grosor dado del material al soportar cargas.

1.2 Alta Resistencia al Estiramiento: La resistencia al estiramiento refleja la resistencia del material a la deformación permanente. Si la subestructura se deforma permanentemente, la restauración fallará. Además esta propiedad es crítica para la capacidad del material respecto a absorber energía.

1.3 Estructura de Grano Fino: Esta es importante para la estabilidad mecánica del área marginal, la resistencia a la corrosión y la dureza.

1.4 Resistencia a Combarse: La aleación debe resistir

la deformación a las temperaturas que se encuentran durante el sometimiento al calor de la cerámica.

- 1.5 Capacidad de Vaciado: La aleación debe ser fácil de manejar y vaciar. Los vaciados que ajusten exactamente son un imperativo.
- 1.6 Potencial de Ligadura: La aleación debe permitir la buena humidificación y ser compatible termicamente con el material de enchapado. [3]

El pronóstico respecto a la elección de la aleación depende en mucho de la experiencia individual, lo que se espera, y el grado de destreza, ya que aunque la ciencia de los materiales dentales puede decirnos las propiedades físicas que debe poseer la aleación ideal, las fuerzas funcionales que se encuentran en la boca provocan que no pueda predecirse con exactitud su futura utilidad; las pruebas y los errores de la experiencia clínica han tenido que proporcionar la base para las necesidades físicas de las aleaciones aceptables.

Las diversas aleaciones usadas para la confección de subestructuras, ya sean preciosas, preciosas modificadas, o con base metálica, varían no sólo en sus propiedades físicas sino también en los requerimientos de manipulación y la sensibilidad técnica con respecto a la fusión y el vaciado. [3]

La fusión de la porcelana a metal es un proceso que se ha creado tratando de proporcionar restauraciones que incluyan la estética de la cerámica y la resistencia del metal [20]. En el transcurso de los desplazamientos mandibulares, las coronas ceramo-metálicas serán más sólidas y soportarán la carga de los esfuerzos de oclusión, asegurando al conjunto de la restauración un futuro razonable [8]. No hay razón para emplear porcelana como material de restauración excepto cuando la estética sea de primordial importancia. La debilidad inherente a la porcelana bajo tensión y los sitios de desgaste son algunas de las limitaciones graves acerca de su empleo. La estructura de metal que sirve de sostén, se usa para reducir parcialmente estas limitaciones. Estas necesidades establecen 2 requisitos previos para el éxito estético y funcional de cualquier restauración C.M. :

1. El armazón debe tener un grosor adecuado para el metal dado, con objeto de que resista la deformación.

2. La porcelana debe manipularse para lograr su aspecto estético óptimo y esto requiere grosor suficiente.

El metal debe elegirse por sus propiedades físicas adecuadas y no emplearse al azar. En forma semejante, no debe pensarse en la cerámica como en una constante. Los diferentes métodos de aplicación de la porcelana, las propiedades ópticas de las diversas porcelanas de cuerpo y opacas, así como el color, producirán variables en el grosor mínimo. La suma de los grosores del metal y la cerámica se aproximan a 1.4 mm. [20]

Ligaduras Porcelana-Metal:

Los tres modos reconocidos de ligar porcelana a metal son:

- a) Fuerzas de Van der Waals
- b) Atrapamiento mecánico
- c) Ligadura química directa [17]

Aunque se han hecho esfuerzos de investigación para distinguir cuantitativamente la contribución relativa de cada uno, es probable que la ligadura química sea el más importante y predomine en términos de técnica de laboratorio.

a) Fuerzas de Van der Waals: Fuerza de atracción entre dos átomos polarizados en contacto estrecho pero sin intercambio de electrones. Es una combinación sólido y líquido como es la interfase de porcelana y metal. Estas ligaduras darán por resultado en cierta medida la adhesión verdadera relacionada con la extensión en la que el metal es humedecido por la porción blanda. Mientras mejor sea la humidificación, más fuerte será la adhesión.

b) Atrapamiento mecánico: En los casos en que las irregularidades microscópicas en la superficie metálica pueden llenarse con porcelana, se puede lograr un cierto

grado de fijación mutua que proporcione retención de la chapa de porcelana.

c) **Ligadura química:** Por transferencia de electrones directamente por el O₂ del vidrio y los metales oxidables en el molde de aleación. La oxidación excesiva del metal puede disminuir la resistencia de la ligadura por interponer una capa de óxido tan gruesa que puede haber fractura fácilmente a través de ella. [17]

Las porcelanas dentales se unen a los metales principalmente por medio de los óxidos de Estaño, Indio y Hierro. [21]

Para lograr la adhesión entre dos substancias tan disímiles como la aleación metálica y la porcelana, es necesario que se generen ciertos óxidos en la interfase. Los óxidos, en lo que se refiere al metal, se logran mediante calentamiento, pero dicho proceso se realiza de manera diferente, según se trate de aleaciones preciosas o de metales comunes. Para los metales preciosos se precalienta el horno de porcelana a 960 grados C. , luego se va introduciendo poco a poco la restauración, tardando entre 4 y 6 min. para meterla totalmente en el horno. Posteriormente se cierra éste y se hornea durante 10 min. Si se trata de aleaciones de metales-base, el proceso es diferente; se hace vacío en el horno de porcelana, luego se introduce la restauración y se calienta durante 2 minutos; inmediatamente se quita y se enfría, repitiendo 2 veces el procedimiento, para un total de 3 calentamientos y 3 enfriamientos. Una vez hecho lo anterior, se examina la interfase, si la superficie presenta un aspecto opaco y uniforme, quiere decir que se ha logrado una buena oxidación. Si por el contrario, se observan pequeñas máculas, significa que hay problemas. La presencia de puntos oscuros estará delatando una cierta porosidad que podría exigir un nuevo colado; en cambio, si los puntos son blancos o grisáceos podrían responder a la presencia de pequeños restos de investimento u otra impureza que quedó adherida. Este problema puede solucionarse con una limpieza a fondo con una rueda suave, un nuevo lavado y la repetición del proceso de oxidación.

Pasando ahora a la porcelana, el secreto de la adhesión entre la porcelana y el metal reside en la fórmula de las porcelanas opacas que incluye una proporción del mismo óxido que se forma sobre la superficie metálica. Al ser calentados por segunda vez, dichos productos forman una ligadura química poco menos que indestructible. [22]

COMPORTAMIENTO OPTICO DE LOS MATERIALES

Ningún material dental tiene la capacidad del esmalte para absorber o reflejar luz en todas las condiciones. [1]

Los factores que pueden influenciar el color de una porcelana dental son: Naturaleza de la luz incidente; reflexión superficial; fluorescencia de la porcelana; translucidez de la porcelana; opalescencia. [21]

Luz incidente: Varios factores pueden modificar el color de la porcelana cuando la luz incide su superficie. La restauración puede afectar el rayo luminoso por varios fenómenos físicos tales como: dispersión, transmisión, absorción, reflexión y refracción. [7]

Dispersión: Si solo parte de la luz que pasa a través de la porcelana es dispersada, la porcelana muestra translucidez y si la dispersión es tan intensa que nada de luz atraviesa, el diente aparecerá opaco. [7]

Absorción y Transmisión: El color también depende de la cantidad y clase de absorción. Si no hay absorción de la luz, el objeto parecerá blanco. Si la luz es transmitida sin cambios a través del material cerámico, la restauración tendrá una apariencia transparente. [7]

Reflexión y Refracción: El cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso causado por el cambio en la velocidad de la luz al pasar a través de diferentes materiales, se conoce como refracción. La cantidad de cambio en la dirección de la luz depende de la longitud de onda de la luz. La luz con longitud de onda más corta muestra la mayor inclinación. Cerca del 4% de la luz incidente es reflejada desde la superficie externa del material cerámico sin ser modificada excepto por la dirección. Si el ángulo de inclinación es igual al ángulo de reflexión, se produce un fenómeno llamado "reflexión especular" (brillo). [7]

La textura, curvatura y brillo de la restauración de porcelana varía mucho y como resultado modifica la luz que incide esas superficies. [17]

Además, el pulido superficial y la fluorescencia pueden también modificar el color. [17]

Burke y Lemire [23] exponen que la textura de la superficie controla el grado de dispersión o reflexión de la luz que incide sobre el diente natural o la restauración. Sostienen que la textura o caracterización de la superficie de la restauración puede cambiar dramáticamente el matiz de la restauración.

Según Burke [24] la textura superficial de cualquier objeto es una parte considerablemente importante de la apariencia de un objeto. Si el objeto posee una superficie tersa, la luz es reflejada en un cono limitado o estrecho centrado al ángulo de reflexión. Un incremento en la aspereza de la superficie reflejará los segmentos individuales de un rayo especular en angulaciones

ligeramente diferentes. La luz reflejada por una superficie rugosa tiende a crear ángulos sblidos mayores. Cuando la superficie es plana, la aspereza se encuentra más pronunciada en todas direcciones.

Obregon [7] cita a Eissman al decir que la textura de la superficie de un diente, es la característica más importante ya que la superficie áspera o irregular reflejara un patrón difuso e irregular de la luz, que modificará el color de la restauración.

Las líneas horizontales o verticales en el proceso de textura crearán la ilusibn de anchura o largo al diente de porcelana [7]

En un experimento para determinar el efecto de la textura superficial de la porcelana opaca y/o de cuerpo para el que utilizó un total de 100 muestras ceramometálicas en las que hizo variar la textura en ambas capas de porcelana y controló las variables de color por medio de la utilización de 2 colores diferentes en ellas y la medición de las variaciones con un espectrofotómetro, concluyó:

"Se hace evidente por los resultados obtenidos en este estudio que la textura de superficie presente, ya sea en la capa de opacador o en la porcelana de cuerpo, pueden afectar la restauración." "Estos resultados confirman parcialmente las afirmaciones de Burke respecto a que la textura superficial de la porcelana puede afectar la apariencia de la restauración en las 3 dimensiones del color".

Respecto al matiz, los resultados muestran que la textura de la capa de opacador produce diferencias significativas en él. El valor tuvo los cambios más significativos cuando las texturas fueron modificadas. La reflexión de la luz en una capa de opacador altamente brillante incrementa el valor y la muestra se observa más clara. Sin embargo, la textura de la porcelana de cuerpo parece alterar el valor en forma opuesta. Esto puede significar que la capa de opacador tiene un mayor efecto sobre el valor.

"Las interacciones que ocurren entre la textura de la porcelana de cuerpo y la capa de opacador que afectan al color son un fenómeno complejo que puede ser relacionado con las modificaciones de la luz por transmisión, absorción, refracción, reflexión y dispersión. [7]

El color de la porcelana cocida también varía en función de la temperatura y de la presión, la duración del proceso y el número de cocimientos [8]. Cuando una porcelana se sobrehornea, esto se denota por la pérdida de color, pérdida de forma y exceso de brillo. [5]

Bargui y Richardson [25] efectuaron un estudio para determinar los factores que influyen sobre el color de la porcelana unida a metal, basándose en la premisa de que horneadas repetidas cambian el color de la misma, la forma,

y dan exceso de brillo.

Citan a Tylman cuando dice que una porcelana que es sometida a horneadas sucesivas alcanza eventualmente un estado de vitrificación o cambio hacia el estado de vidrio. Una vez que este punto es alcanzado, si se continúa horneando se producirá un sobre-glaseado y pérdida de color y contorno, acompañado por una apariencia vidriosa.

Las conclusiones de dicho estudio muestran que:

1. El color de la porcelana no es influido por el tipo de metal utilizado.
2. La porcelana puede ser horneada alrededor de 6 veces sin cambio de color, si el horneado es efectuado con ciertas precauciones.
3. Horneadas adicionales en este estado incrementan la intensidad del color y retrasan el glaseado final.
4. Después de 9 horneadas, un glaseado terso puede ser obtenido si se conserva la restauración en una temperatura final de glaseo durante 10 segs. Se cree que el decrecido número de burbujas residuales de aire después de horneadas sucesivas incrementa la intensidad del color. Ligeros cambios de color no fueron detectados en las primeras 6 horneadas, pero fueron notables después de la novena.

Burke [24] dice que con una superficie altamente glaseada la restauración se vuelve más translúcida y el matiz cambia hacia amarillo-anaranjado. En algunos casos el valor baja.

A mayor glaseo, las coronas confeccionadas con porcelana, pierden color. [5]

Si la configuración superficial tiene un acabado mate, habrá una cantidad excesiva de luz reflejada a nivel de la superficie y una reducción de la transmisión de la luz a través de la porcelana. [7]

El color depende también de la posición del diente; si existe inclinación lingual, la luz es reflejada de manera diferente que si tuviera una marcada inclinación labial. La reflexión de la luz de un diente que hace protrusión es mayor que la de un diente en posición lingual. [1]

CORONA FUNDA vs. RESTAURACION CERAMOMETALICA

Corona funda (jacket crown):

La introducción de las porcelanas dentales reforzadas ocurrida en la década de los 60, ha tenido un mayor impacto en la odontología estética que cualquier otro material. Es

probablemente la restauración más usada actualmente en odontología. Por vez primera ha sido posible reconstruir dentaduras mutiladas y elaborar coronas y puentes que puedan duplicar casi exactamente tanto el color como la anatomía dentaria. [13]

La corona funda, hecha de porcelana feldespática, permite alcanzar estéticamente los resultados más importantes, ya que reproduce la substancia dentaria sin oponerse al paso de la luz. [8]

Pincus sostiene que las coronas funda deben ser fabricadas de tal manera que la textura de la superficie se componga de concavidades y convexidades, igualando la superficie del esmalte del diente adyacente para reproducir las características de reflexión de la luz, logrando así una restauración con aspecto natural. [7]

Las indicaciones para este tipo de restauración son:

a) Estética: cuando los materiales de obturación no puedan resolver el problema, por ejemplo, en casos de caries extensa; fracturas; hipoplasia adamantina [18]; y translucidez del esmalte, donde la exigencia estética es muy elevada. En sujetos jóvenes donde es importante conservar la integridad pulpar, el espesor reservado a la cerámica es el ideal. [8]

b) Oclusión: cuando existen fracturas en piezas anteriores que pudieran provocar la sobreerupción de las piezas antagonistas. [18]

Contraindicaciones:

a) Tratamiento de conductos: cuando se efectúa un tratamiento de conductos, usualmente debe colocarse un poste intrarradicular antes de la restauración estética, ya que la estructura dentaria se ve generalmente adelgazada en exceso al efectuar el acceso al canal, asimismo, la dentina remanente después del acceso y la preparación se vuelve muy frágil, pudiendo ocurrir la fractura del pilar en caso de colocar una corona funda.

b) Recesión gingival ocasionada por caries a ese nivel o por traumatismo.

c) Sobremordida o problemas de oclusión, que puedan ocasionar la fractura de la corona [26]. Es conveniente descartar esta restauración en piezas anteriores si las condiciones ocluso-articulares no son favorables [8]. Asimismo, debido a la fragilidad de este tipo de restauración para soportar las cargas de oclusión, su uso está reservado a piezas anteriores, siempre y cuando no exista el problema anteriormente mencionado.

Este tipo de restauración es bien tolerada por los tejidos blandos y su adaptación periférica en general es

buena; sin embargo, la porcelana es un material quebradizo y frágil y por lo tanto las coronas fundas son susceptibles a fractura si se encuentran sometidas constantemente a fuerzas intensas al morder o masticar. Además la corona ceramo-metálica tiene en general una mejor adaptación periférica debido a que ésta está dada por la subestructura metálica.

Estéticamente, la apariencia natural es alcanzada más fácilmente por medio de esta restauración, dado que existe mayor versatilidad cuando no hay interferencia metálica, por lo que en casos selectos, la corona funda es una restauración excelente. [4]

El tipo de porcelana más indicado para fabricar esta restauración es la porcelana aluminosa. [17]

Puede ser hecha también de porcelana feldespática, que permite alcanzar resultados importantes tanto en el plano del aspecto como el de la tolerancia biológica.

Restauración ceramo-metálica:

Uno de los méritos obvios de la restauración ceramo-metálica, es su capacidad para simular los colores y texturas de los dientes naturales. Esta capacidad se atribuye a las características de ligera difracción de la porcelana y a la adición de colorantes superficiales y glaseadores que puedan improvisarse para la restauración [5]. Sin embargo, si no se logra bloquear la influencia cromática del metal y éste se transluce, comunicará al diente terminado una tonalidad verde. [22]

En la restauración ceramometálica la infraestructura se debe enmascarar con una capa de opacador y por lo tanto intercepta el flujo luminoso y lo refleja. Para compensar este fenómeno, la capa de cerámica cosmética que recubre este conjunto debe necesariamente presentar un espesor que sobrepase 1mm. El feldespato, es reemplazado aquí por la leucita, material de cualidades ópticas menores en lo que se refiere a la translucidez. [8]

La unión de metal, porcelana opaca y de cuerpo debe hacerse de tal modo que la opaca nunca se exponga a la superficie; si no se hace esto, habrá cambio de color en las uniones de metal y porcelana. [5]

CAPITULO VII

ELABORACION DEL ELEMENTO COSMETICO DE LA RESTAURACION CERAMO - METALICA

El color tiene su lógica propia y ésta no es exactamente igual a la lógica general. Y en técnica dental, el manejo del color plantea más problemas que en la mayoría de los otros campos de acción. Una de las causas fundamentales para que esto ocurra, es que los materiales empleados suelen ser translúcidos y aquí comienza el problema, ya que el color del material translucido se combina con el del material de base, dando lugar a una tonalidad completamente distinta del material de colado empleado. [6]

Recordemos pues que el color no es un fenómeno tan sencillo como parece. No basta comparar cromáticamente una muestra de un diente con otras muestras y decidir cual es igual a la primera muestra que se ha recibido.

Quien proceda de acuerdo a esta técnica podrá acertar sólo si tiene una sensibilidad excepcional para percibir el color. La mayoría de los mortales no tiene dicha sensibilidad. [2]

A continuación revisaremos someramente a manera de recordatorio, algunos conceptos expuestos con anterioridad referentes a las dimensiones del color, para posteriormente pasar a su aplicación práctica en la elaboración del elemento cosmético de la restauración.

Recordemos que el color es luz modificada por un objeto cuando es percibida por el ojo, y que sólo existe en presencia de un observador. [11]

El color no es plano; tiene dimensiones. De la misma manera que para describir una habitación es necesario hablar de largo, ancho y alto, también para describir el color es necesario nombrar tres dimensiones diferentes:

- a) Matiz
- b) Intensidad
- c) Valor (Brillo) [2, 11].

a) Matiz: es aquella dimensión que le pone nombre a una sensación producida en la retina por la luz emitida o reflejada por un objeto en una determinada longitud de onda [2,11]. Estos nombres son muy conocidos: rojo, azul, amarillo, violeta, verde, naranja, etc. [2]

b) Intensidad: Despues de que un matiz ha sido identificado se debe tratar de definir su intensidad o fuerza [4]. (saturacion).

Una sola palabra no basta para definir un color. El azul del cielo difiere totalmente del azul del mar y si se empleara un solo adjetivo para describir ambas cosas se provocaría una confusión en quien recibe el mensaje. La distinción más fácil sería aquella que describe a un color como claro u oscuro. Esto se refiere a la intensidad o saturación de un color. Una alta intensidad equivaldrá al oscuro y una baja intensidad al claro [2]. Así por ejemplo, el rosa será un rojo de baja intensidad. [4]

Sin embargo, las intensidades pueden ser infinitas y no limitarse simplemente a los "claros" y los "oscuros". Para superar este problema, se han diseñado distintas graduaciones de los diferentes matices. El más sencillo es, probablemente, el que se mide en porcentajes: un amarillo al 10% es un amarillo de muy baja intensidad, un amarillo tan claro que casi debe resultar imperceptible; un amarillo al 100% será un amarillo plenamente saturado, un amarillo oscuro. [2]

c) Valor o Brillo: es el contenido de blanco, gris o negro que interviene en un color.

Por ejemplo, si a un rojo intenso le agregamos blanco, esto hará que el rojo original tienda hacia el rosa. Esto no quiere decir que el rojo esté perdiendo intensidad, ya que el contenido de rojo sigue siendo el mismo, sino que va ganando brillo.

En cambio, si al mismo rojo se le agrega tinte negro o gris, se obtendrá un "rojo vino", o un rojo con ciertos visos castaños, y el efecto cromático tenderá a opacarse. [2]

De los factores mencionados, el valor es la dimensión más importante en la restauración dental [2, 4]. Este es el que más influye en la apariencia natural o poco natural de la restauración en la boca. Cuando observamos dentaduras naturales podemos apreciar variaciones en el matiz y aun así parecer naturales; pero si el valor varía, el resultado no es tan estético. El valor es el que da la apariencia de naturalidad.

Mientras más alto es el valor o más cerca está del blanco, más notable es la brillantez de la restauración. Si el valor es muy alto, la restauración aparecerá poco natural y su valor debe ser reducido [4]. Bien manejado, el brillo cromático elevado comunica una sensación de vigor positivo. [2]. Si el valor es muy bajo, enfatizando el gris, la restauración aparecerá tediosa o poco vital [4] y afectará decisivamente la expresión del rostro. [2]

Es más fácil reducir el valor que aumentarlo [4]. "Un mal control del brillo es uno de los problemas principales en la armonización de colores en la prótesis dental. Las restauraciones dentales suelen igualar muy bien el tinte y la intensidad de los dientes naturales adyacentes, pero si el brillo difiere mucho de éstos, se notará claramente la

falla en la prótesis. [2]

Colores suplementarios: (blanco, gris, negro).

En general en la teoría del color el blanco y el negro no son considerados colores, pero para los propósitos prácticos del odontólogo o el técnico dental, que tienen que incluirlos como ingredientes en la elaboración de los dientes o en los barnices, deben ser considerados forzosamente como elementos cromáticos. [2]

En la preparación de piezas protésicas deben usarse forzosamente estos colores, si bien en dosis muy reducidas. Por un lado, son necesarios para reducir la intensidad del color y también la translucidez de los barnices.

El peligro reside en que un exceso de negro, por ejemplo, reducirá el brillo de la pieza, revelando a las claras que no se trata de un diente natural. El defecto contrario, un exceso de blanco, quizá no produzca una alteración tan desagradable, pero igualmente evidenciará que se trata de una pieza artificial. [2]

El gris tiene una problemática peculiar, que parte del hecho de que hay dos formas totalmente distintas de lograr dicho suplementario:

a) mezclando blanco y negro, se comporta de una determinada manera al mezclarse con otros colores.

b) mezclando todos los colores primarios o cualquier par de complementarios. Aunque su aspecto sea igual al obtenido por la mezcla de blanco y negro, se comporta, o puede reaccionar totalmente diferente en presencia de otro color. [2]

Cuando se combinan los complementarios en partes iguales, forman un gris bastante oscuro. En cambio, cuando las partes no son iguales, se crean otros colores. Por ejemplo, una pequeña cantidad de azul que se agregue a un naranja, reduce el brillo del naranja y dará lugar a un café. [2]

La utilización de combinaciones entre colores complementarios reviste una gran importancia debido a que es uno de los factores esenciales en el control de la coloración precisa de las piezas protésicas. Le permite al técnico hábil "grisar" un color, creando directamente el gris en lugar de agregarlo o encimarlo al color existente, después de haberlo formado. [2]

Aunque la lógica indica que si se desea "grisar" un color, la respuesta más lógica es agregar gris a la fórmula cromática original, esto no siempre es conveniente, ya que generalmente este método reduce el brillo. Para lograr el efecto del gris, sin restar brillo, resulta más conveniente

agregar una dosis minúscula del color complementario a la tonalidad dominante de la combinación cromática con la que se está trabajando. Así, si en la pieza domina el amarillo, hay que agregar violeta; en cambio, si el dominante es el naranja, como suele suceder en dientes de aspecto café, el agregado necesario será el azul. [6]

El control de las dimensiones cromáticas se consigue solamente en la práctica, pero ésta debe estar guiada por una actitud crítica y no solo por el azar. El ensayo de combinaciones debe hacerse poniendo en práctica la teoría general del color y experimentando constantemente con los colores para comprender cabalmente sus efectos. [2]

Más de un técnico, que ha adquirido una larga experiencia en el manejo de sus materiales, podrá arguir que los planteamientos teóricos salen sobrando cuando los años de ensayo y error han brindado una familiaridad total con los materiales y su idiosincracia.

Pero vale la pena recordar también, para beneficio de los menos experimentados y de aquellos que se lanzan por primera vez a trabajar con materiales nuevos, que el conocimiento de la teoría suele ser un camino mucho más corto a la sabiduría. [6]

ELECCION DEL COLOR:

La luz natural es un medio notable para ajustar los colores.

La luz natural amplifica el poder separador del ojo y permite análisis muy finos. [4]. Sin duda, el sistema más sensitivo de medición de color es el ojo, que puede adaptar y seleccionar colores apropiados aún cuando estén debilitados por un filtro. [11]

Muchos autores coinciden en que las condiciones óptimas para la elección del tinte son:

- Antes de preparar las piezas pilares. [11]
- Bajo la luz del día. [4]
- Un día no demasiado soleado ni demasiado nublado, alrededor del mediodía (11 a.m. - 3 p.m.) [8], con exposición al Norte, que es la ideal [4], debido a que la luz del Norte muestra una alta energía relativa en la región azul, con una disminución sustancial en los rangos de rojo y amarillo. [7]
- La selección del tinte no debe estar influenciada por colores brillantes del medio ambiente que pudieran distraer la atención, tales como paredes brillantes, multicolor o

divergentes [11]; la toalla o ropa del paciente tampoco debe ser de color brillante. [4]

- La selección deberá efectuarse lo más rápidamente posible a fin de evitar el fenómeno de fatiga cromática [8]. No se pueden observar detenidamente las guías y el diente pues éste fenómeno sobreviene rápidamente causando impresiones falsas en la elección. [4]

- Es conveniente tomar como testigo a los dientes adyacentes al área que se va a restaurar así como a los antagonistas a la misma a fin de captar las variaciones de color entre ellos. Recordemos que la dentadura no siempre posee el mismo color en todas sus estructuras (dientes).

- Los dientes deben estar libres de restauraciones metálicas para evitar la influencia del metal en la selección del color así como la distracción; para mayor seguridad se deberá checar con otra pieza adyacente o antagonista a la zona a restaurar. [4]

- Debido a que la ilusión de color depende en gran medida de la reflexión de la luz y ésta varía de acuerdo al tipo de iluminación utilizado, será conveniente informarnos acerca de las actividades de nuestro paciente, esto es, bajo que tipo de iluminación permanece durante los lapsos más prolongados. Tomar en cuenta este factor nos permitirá utilizarlo a favor de la estética de la restauración ya que de esta manera nos será posible tratar de reducir el efecto del metamerismo, efectuando la selección de color y las pruebas correspondientes bajo la iluminación más adecuada al paciente dado.

Para la selección del color, Gilmore [4] sugiere:

El primer paso es seleccionar el color predominante o básico del diente que debe ser igualado y si esto puede hacerse, el problema remanente es determinar el nivel de saturación y valor del color. Las guías individuales que son razonablemente parecidas deben ser seleccionadas rápidamente y después eliminadas una por una hasta que la selección es efectuada. La primera vista es la más adecuada.

El matiz deberá ser observado cercanamente y a la distancia del largo del brazo; es útil tener un asistente que lo cheque a una distancia mayor. El paciente no debe estar involucrado en la selección ya que no posee la experiencia ni el entrenamiento adecuado para medir acertadamente la selección.

Una vez que se ha escogido la guía adecuada se puede mostrar al paciente el color seleccionado. Puede ser conveniente mostrarle en primera instancia una guía que no es aceptable para que pueda notar la diferencia.

Durante la selección, la luz de la lámpara de trabajo no debe ser utilizada.

Preswood [11] dice al respecto: Es conveniente que la selección sea realizada por tantos pares de ojos como sea posible. Al menos un asistente deberá estar presente al efectuar la selección. Los diferentes individuos involucrados en ésta, podrán estar colocados en diferentes puntos de referencia, observando así diferentes patrones de reflexión de la luz; esto reducirá la posibilidad de la "reflectancia especular".

El color no debe ser seleccionado electiva o afirmativamente de primera instancia, sino que debe ser determinado en un proceso reversible durante el cual se eliminarán gradualmente los colores que no son adecuados. Al final de esta secuencia particular el odontólogo deberá verificar su elección con el asistente (o asistentes); si no se llega a un acuerdo respecto a la selección, el proceso deberá ser repetido. Esta selección deberá ser efectuada bajo un solo tipo de iluminación hasta que las partes estén de acuerdo. Entonces, se introduce un tipo diferente de luz y el proceso es repetido de nuevo. Esto reduce la posibilidad de que la restauración posea efecto de "metamerismo agudo".

En la elección es conveniente determinar el matiz "verdadero" o básico del diente. Estudios fotométricos recientes han mostrado que todo diente tiene un matiz básico. El objetivo de la igualación se alcanza más fácilmente si es posible determinar dicho matiz básico. [4]

El segundo paso es buscar en el colorímetro propuesto cada uno de los tintes de esmalte y dentina separadamente [4] en el colorímetro propuesto por el fabricante [8], ya que las guías de tonos se elaboran para referirse a un sistema cerámico específico, por lo que el sistema utilizado por el ceramista debe conocerse, a fin de utilizar la guía de ese sistema como primera alternativa para determinar el tono del diente [4]; si no figuran en él, hay que buscarlo en los colorímetros de otras marcas. Es cómodo disponer para una misma marca, de un juego de colores y de un muestrario que para cada frasco de polvo concretize el aspecto obtenido después del cocimiento. [8]

Las unidades individuales de color están agrupadas en la guía en divisiones selectas de color. Las desviaciones usuales de color en la dentadura son: café, anaranjado, gris y rojo. [4, 12]

Cuando una variedad de guías son usadas, el dentista y el ceramista necesitarán arreglar una fórmula o combinar para alcanzar el resultado deseado [4]. Esto puede ser efectuado utilizando un surtido de colorantes en solución a un barniz de secado rápido con el que se "maquilla" la guía del colorímetro, llamado "Shade a Guide" de la firma Jelenko, que permite salvar la separación entre el muestrario más próximo y el diente testigo. [8]

La manera con que las capas de dentina y esmalte se distribuyen en el volumen de la corona dentaria, y el

aspecto particular que resulta son delicados de expresar, pues ocurre una interacción óptica dentina-esmalte. Para ello es necesario en la mayoría de los casos recurrir a un "esquema de tintes". [8]

Para algunos problemas de colores difíciles de igualar, es necesario dividir al diente en tres áreas de tono y considerar cada parte individualmente. Cuando sea necesario, un tono diferente puede ser designado para el área gingival y la incisal. [4]

Desde un punto de vista cromático, una corona se divide en 3 partes o tercios. La parte gingival suele tener una coloración blanquecina, teñida de amarillo o naranja; la parte incisal produce una sensación de translucidez, que se logra agregando azul o gris. El tercio medio se logra creando una gradual transición de los colores dominantes en la parte gingival hacia los que predominan en la parte incisal. [27]

INSTRUCCIONES AL CERAMISTA:

Es sumamente importante ir efectuando anotaciones acerca de las observaciones realizadas [4] en una ficha destinada al laboratorio de prótesis [8], ya que esto nos permitirá guiar al técnico en la elaboración del trabajo [4]. Los muestrarios maquiliados y no solamente las referencias que los designan tendrán que adjuntarse a dicha ficha. Es habitual mencionar edad, sexo y personalidad del paciente. No deben dejar de mencionarse hasta los más mínimos detalles, ya que la reproducción de ellos contribuirá a crear la ilusión de la realidad viviente. [9]

Uno de los aspectos más significativos de la restauración cerámica consiste en las instrucciones que se dan al ceramista. Este debe recibir una descripción tan completa como sea posible para ayudar a producir una restauración estética. Toda la información que pueda ser de ayuda debe incluirse y ser específica [4], ya que muchos de los problemas generados entre el dentista y el técnico dental derivan de la inexistencia de un código común entre ambos, mismo que es importante establecer con la debida antelación. [6]

Dado que la forma y tamaño de las piezas dentarias de la restauración están registradas en un modelo de estudio, la prescripción puede estar limitada a:

- 1) color verdadero o matiz
- 2) zonas de transición entre porcelana incisal y de cuerpo [11]
- 3) especificar si el brillo de la dentadura natural es mayor o menor al de la muestra enviada. [6]
- 4) todos aquellos datos que se consideren importantes. [11]

ELABORACION DEL ELEMENTO COSMETICO:

OPACADOR:

Uno de los problemas más frecuentes con que se enfrenta el técnico es la elaboración de una restauración sobre un vaciado de metal. Aquí el propósito esencial consiste en ocultar la pieza metálica, dándole a la restauración un aspecto natural y estético. [6]

Como la porcelana del revestimiento es translúcida, el color del metal tenderá a transparentarse, modificando la tonalidad de la pieza y estropeando el efecto de la restauración. [6, 8]

La tentación inmediata es utilizar un material más opaco, que bloquee el color y la forma de la pieza de abajo (subestructura), pero esto no es tan fácil, debido al relativamente poco espesor del revestimiento y al hecho de que, con un excesiva opacidad, ya se producen nuevas modificaciones del color que ya son aún más difíciles de contrarrestar. [6]

Lo que hay que hacer es emplear un opacador, que vaya entre el metal y la porcelana [6], cuya función esencial es la de enmascarar el aspecto de la infraestructura metálica [8], pero debe ser elegido de tal manera que se combine con el color del material de chapa para dar un efecto cromático que sea similar al de los dientes naturales adyacentes. [6]

Para abolir totalmente la interferencia decolorante del metal gris subyacente, la capa de opacador debe ocupar un cierto espesor que se puede preveer reducir a menos de 2/10 de milímetro.

En ciertas condiciones, la utilización de una película de oro bajo la capa de opacador, permite neutralizar el color metálico de la infraestructura y reducir el espesor de la capa opaca.

El primer estadio hacia la reproducción del tinte buscado es establecer una capa de opacador, cuyo aspecto sea el más apropiado al color elegido y a la translucidez dada. El ceramista elegirá aquel polvo cuyo color, después de ser cocido, se sitúe lo más cerca posible del color que se desea reproducir. [8]

Con la ayuda de los modificadores de opacador o de pigmentos minerales, se ajustarán los 3 atributos del color, acordándose de las propiedades de la síntesis sustractiva:

- tonalidad: añadiendo una serie de pigmentos a la pasta cocida.

- saturación: aumentando la cantidad de colorante o apagando el color con blanco o gris.

- luminosidad: para hacer más fuerte el color, es cómodo utilizar las propiedades neutralizadoras de los colores complementarios, por ejemplo:

para rebajar el AMARILLO, se utilizará VIOLETA
para rebajar el ANARANJADO, se utilizará AZUL
para hacer MAS CLARA la coloración, se añadirá BLANCO, tomando en cuenta su efecto poco natural para eventualmente añadir pigmentos coloreados. [5]

Aquí entran en juego los conocimientos que se tienen de los colores complementarios. Si la porcelana del revestimiento es de una tonalidad amarillenta y el opacador es gris, la luz que atraviesa el amarillento recogerá un componente cromático del opacador gris y dará un efecto verdoso.

Para eliminarlo, basta agregarle al opacador una pequeña dosis de rosa (debido a que el rojo es un complementario del verde), neutralizando así el viraje al verde. Esta tonalidad rosa puede adicionarse en forma de tinte o modificadores.

Como este, hay muchos ejemplos más que demuestran la delicadeza del manejo de los grises obtenidos a partir de la combinación de complementarios, y la utilidad que representan dichos grises a la hora de buscar la tonalidad justa con un mínimo de pasos intermedios y combinaciones innecesarias. [6]

Después de cocer la capa de opacador, un primer juicio se debe hacer. Si la distancia al color deseado es poca, se podrá reducir "maquillando" la capa de opacador en un cocimiento separado, siguiendo siempre los principios de la síntesis sustractiva. [8]

"El agregado de polvo celeste o rosa en distintas áreas contribuye a lograr un efecto de translucidez o de tejido vivo, pero exige un tratamiento muy fino. [27]

CERAMICA COSMETICA: Sobre la capa de opacador va a ser ahora batida la cerámica cosmética.

En este estado de elaboración interviene otra variable, la translucidez, cuya influencia va a repercutir sobre el color. El éxito de un equilibrio entre el color y la translucidez, no depende enteramente del ceramista sino en mayor proporción del espesor que se le haya dado a la cerámica, es decir, de la preparación. [8]

Debido al carácter translúcido del material, las dificultades que pueden surgir de construcciones excesivamente delgadas se transforman en auténticos dolores de cabeza a la hora de preservar el color exacto exigido.

Por ejemplo, cuando se trata de revestir un pñntico con material translúcido, las variaciones de tonalidad son casi imposibles de evitar. Si se emplean las fórmulas habituales para elaborar el material de revestimiento, los efectos finales, una vez realizado el trabajo serán totalmente distintos de los esperados. El pñntico será mucho más fuerte -en saturación cromática- que el revestimiento, razón por la cual la combinación final de colores se verá poco natural.

Al enfrentar este problema, es necesario tener en cuenta varios principios fundamentales. En primer término, que un revestimiento delgado se verá siempre afectado por el color opacador que tiene atrás; segundo, que en el tercio gingival de la cara del diente el revestimiento es tan poco espeso que la distorsión provocada en esta área particular será muy perceptible; tercero, que será imprescindible modificar el color del opacador si se quiere obtener el efecto cromático deseado.

Para los mejores resultados, se recomienda trabajar en dos etapas. En primer término, se hace un relleno parcial del pñntico con el material que se está usando para el revestimiento. Este primer relleno debe estar calculado para dejar suficiente espacio para la construcción final, cuyo grosor debe ser igual al de la faceta de contigüidad.

Luego se aplica el opacador sobre la cara de la faceta vaciada y sobre la cara construida del pñntico. Controlando el espesor de la construcción, se logra que la saturación cromática sea la misma en ambas piezas.

En los casos en que se compruebe un área de extrema delgadez, hay que decidir cuál es el color dominante dentro de la tonalidad que se desea lograr, ya sea amarillo, naranja, etc. En el sector más delgado, se emplea un opacador de este mismo color, o se tiñe el opacador existente. Esto contrarrestará la falta de espesor en el área delgada del material de revestimiento y restablecerá la saturación cromática requerida en ese lugar. [6]

Por lo tanto, son 4 variables las que debe dominar el operador, así como las interacciones que se dan entre ellas. [8]

Tonalidad: A la hora de crear el color de una prótesis dental es totalmente recomendable trabajar a partir de los colores primarios exclusivamente, combinándolos personalmente a la hora de utilizar un color secundario.

Esto tiene una razón. Si bien es posible obtener en el mercado colores secundarios preparados, no se sabe a ciencia cierta las proporciones que han empleado los fabricantes para elaborar dichos secundarios. Ya se ha mencionado que las combinaciones de colores son extremadamente sutiles, y de que manera se gradúan mediante el afinado empleo de complementarios.

Ahora bien, ya sabemos que el complementario de un color

primario es siempre un secundario integrado por los otros dos primarios. De modo que, aparte de su función como complementario, puede estar combinando sus ingredientes con el primario mencionado.

Ejemplificando: si se desea grisar un diente de tonalidad básicamente amarilla, se tendrá que apelar a un tinte violeta. Ahora bien, si ese violeta está integrado de rojo y azul en partes iguales, y si el amarillo es puro, quizá se obtengan resultados perfectamente previsible. Pero, en la tecnología dental, rara vez la realidad corresponde a los esquemas simples. Los colores de las piezas suelen contener proporciones variables de los tres primarios. El amarillo del ejemplo tendrá seguramente un pequeño ingrediente rojo y un vestigio de azul, y estos pigmentos se combinarán a su vez con los ingredientes del violeta, haciendo que el gris resultante esté "contaminado", ya sea de un residuo verde o naranja (café).

Un técnico hábil sabrá a ciencia cierta que proporción de rojo y azul hay en el color predominantemente amarillo que está manejando, y combinará adecuadamente el violeta para evitar los problemas mencionados. [6]

La translucidez: Es una cualidad de la pieza dentaria cuyo control representa un trabajo de gran delicadeza. Para hacer más opaco un diente basta agregarle un poco de blanco al material empleado. Pero, esta dosis de blanco aumentará el brillo, razón por la cual hay que adicionar, junto con el blanco, una mínima dosis del complementario del color dominante del diente. De esta manera se estará creando un pequeño gris que compensará al blanco y mantendrá intacta la dimensión brillo. Un problema muy delicado que se suscita por un mal manejo de la translucidez suele ser la coloración azulada que puede aparecer en los bordes incisales de los dientes. Esta tonalidad es el resultado de una excesiva translucidez en esa área, donde el material se ha hecho más delgado. También suele ser provocado por una falta de intensidad en la pigmentación. ¿Cuál sería la solución?

Agregar blanco para aumentar la opacidad y luego gris para compensar el blanco? Los resultados serán negativos. El gris resultante se combinaría con el tono azulado y daría por producto una coloración azul-grisácea. Lo correcto en este caso es agregar naranja (el complementario del azul) para alcanzar así el gris buscado. Con ello habrá aumentado la intensidad del color a la vez que se reduce la translucidez. [6]

El manejo de la intensidad: Un caso común para ilustrar la necesidad de manejar muy precisa y concretamente los tres elementos o dimensiones fundamentales del color esta dado por el ejemplo -comúnmente repetido- del dentista que devuelve un trabajo con el comentario escueto "hay que aclarar el color". Un técnico poco avisado trataría de cumplir este encargo agregando un poco de blanco, y se encontraría con que la pieza es nuevamente devuelta porque el color "no checa". Aquí se ilustra claramente la tridimensionalidad del color, ya que probablemente, la

instrucción primera del dentista se refería a una de las mencionadas dimensiones: la intensidad o saturación. Pero el técnico, al agregar blanco, no afectó sólo una dimensión sino dos: redujo la intensidad pero aumentó el brillo. Esto también es, por supuesto, un problema de comunicación, ya que si el odontólogo hubiera especificado que quería una "reducción de intensidad cromática" en vez de "aclarar el color", y el técnico hubiera dominado la misma nomenclatura, ambos se habrían ahorrado tiempo, materiales y disgustos.

Para modificar -reducir- la intensidad de un color, basta con agregar material neutro en una dosis algo mayor al blanco que erróneamente se agregó.[6]

Si se añade cerámica translúcida para aclarar el color sin opacarlo, la saturación disminuirá. Puede remediarse este inconveniente, mezclando en la cerámica añadida pigmentos del color considerado.[8]

Aumentar la intensidad de un color es bastante más difícil. Nuevamente, la simple lógica no basta, ya que si se agrega un poco más del color que se desea reforzar, se crearán matices secundarios que modificarán sensiblemente la tonalidad general, que se desea mantener intacta. Para aumentar pues, la intensidad de una tonalidad básicamente correcta, es necesario ir agregando con extrema cautela los tres colores primarios, si bien una dosis relativamente mayor del tinte cuya intensidad se quiere aumentar.

Para correcciones sumamente sutiles en la intensidad de un color, es aceptable utilizar un poco de gris, ya que se supone que una dosis mínima no será suficiente para alterar el brillo de manera significativa, y si permite modificar la intensidad hasta colocarla dentro de los límites exigibles.[6]

Graduación del brillo: Para reducir el brillo, se debe agregar un poco del complementario del color dominante; sin embargo, resulta poco menos que imposible aumentar el brillo sin producir alteraciones incorregibles en la intensidad y la translucidez de las piezas. Por lo tanto, se sugiere que los odontólogos especifiquen siempre si el brillo de la dentadura natural es mayor o menor que el de la muestra que envían. De esta manera no se podrán, quizá, evitar todos los problemas, pero por lo menos se sorteará una buena parte de ellos. Si el odontólogo no proporciona este dato, los técnicos dentales deberán trabajar intencionalmente con un brillo mayor que el de la muestra, a fin de poder efectuar posteriormente la corrección adecuada.[6]

Luego del primer cocimiento de la cerámica cosmética, el operador tiene la posibilidad de efectuar correcciones por añadidura.

En el transcurso de cocimientos sucesivos, se tratará así de reducir la distancia entre el color dado y el

obtenido.

El aspecto azulado que se observa en los ángulos proximales de los incisivos se debe a la refrigencia propia del esmalte y no podrá ser imitada por el material cerámico, a menos que se dispongan manchas de pigmento azul bajo la cerámica del tinte esmalte.

De igual manera se buscará casi sistemáticamente romper la monotonía de la sustancia mineral enterrando en incisiones hechas a expensas de la pasta cerámica, una serie de coloraciones anaranjadas o castañas. [8]

En última instancia, luego que las dimensiones de la reconstrucción han sido definitivamente dadas, el maquillaje de superficie puede ser una solución útil, si la diferencia de color no es demasiada. El maquillaje de superficie obedece también a los principios de síntesis sustractiva, pero es necesario decir que por este medio es solamente posible oscurecer o saturar el artificio, pero no hacerlo más claro o deslavado. [8]

Finalmente es necesario saber que el color reproducido no puede, aún en las mejores condiciones, ser más que de tipo metamérico, es decir, idéntico al color de referencia, pero solamente bajo una luz dada y no bajo todas las condiciones de iluminación. [8]

MAQUILLAJE DE PROFUNDIDAD Y SUPERFICIE:

Existe también el problema de estructura que debe considerarse. Si bien la cerámica dental puede ser el material que imite de la mejor manera la estructura de los dientes humanos, sus cualidades ópticas no son exactamente las mismas. La estructura dentaria es estratificada ordenadamente, mientras que la de la cerámica está formada de cristales repartidos al azar en una fase de vidrio. Por lo demás, el odontólogo espera que, el espesor reducido de las cáscaras que sirven de cofia a los muñones reproduzcan el color de los dientes adyacentes, dicho color resulta de su espesor completo.

Como somos incapaces de imitar la estructura dentaria, buscamos crear la ilusión mediante "maquillaje" tanto de profundidad como de superficie. [8]

Existe aquí un problema que no suele tratarse a profundidad, debido a que afecta exclusivamente al paciente, un tiempo después que se ha retirado satisfecho del consultorio del dentista. Este problema se refiere a la duración de las correcciones cromáticas. La mayoría de estas que son efectuadas por medio del maquillaje de superficie sobre una pieza dentaria defectuosa, a fin de establecer el equilibrio del color. Estos tintes superficiales tienen muy

poca penetración y pueden ser víctimas del desgaste en un periodo relativamente corto, sobre todo si se han colocado sobre una superficie que padece mucha fricción. Con esto se quiere decir que, si bien la corrección es un recurso válido y necesario en una especialidad que todavía carece de un código de comunicación adecuado, no es la solución ideal, por lo que se deberá poner el mayor empeño en la obtención del color adecuado durante el proceso de elaboración del elemento cosmético, limitando al mínimo la utilización de este tipo de maquillaje. [6]

IMPORTANCIA DEL EXITO EN EL COLOR:

1). En función de la situación del elemento protésico sobre la arcada: Una desviación de color no es fácilmente tolerada al nivel de los incisivos, sobre todo del incisivo central maxilar, directamente confrontado con su homólogo en donde la identidad es un imperativo.

2). En función del número de elementos a reconstruir: Cuando la elaboración protésica interesa un grupo de dientes adyacentes, los elementos de comparación que lo rodean están alejados unos de otros y el error eventual se reparte sobre los elementos reconstruidos.

Es necesario evitar el obstáculo que puede presentarse en este tipo de construcción: la monotonía, el arreglo sin vitalidad en los elementos que están juntos y el efecto de "bloque".

Es necesario, para contrarrestar estos fenómenos, ingeniárselas en la manera de hacer parecer separados los elementos de un puente, acentuando con una línea marrón las juntas, provocar ligeras malposiciones, y utilizar combinaciones anaranjadas-café o gris-verde [8] de manera que el juego de luces "anime" el artificio protésico. [1]

Finalmente, mediante la variación a la vez de los atributos del color y del nivel de corte, es posible lograr engañar al ojo. Por ejemplo, en una reconstrucción que interese en la arcada maxilar al canino, incisivo lateral e incisivo central, se practica sobre el lateral un corte más alto que sobre el incisivo central, lo que hace remontar hasta 2/3 cervicales la cerámica translúcida del borde libre. El cuello será realizado con cerámica más clara y menos saturada. El corte sobre el canino debe ser más reducido, reduciendo de esta manera la proporción de esmalte sobre la cara vestibular y el color de la dentina es más saturado y más oscuro.

3). En función del color buscado: Los colores saturados y oscuros son los que se realizan con mayor facilidad, sobre todo porque se efectúan generalmente en personas de edad avanzada en los que la involucreción pulpar autoriza una mutilación de los muñones que proporcione a la cerámica

todo el espacio necesario.

No es el mismo caso para los colores claros, poco saturados y translúcidos, que se encuentran en los pacientes jóvenes, lo que implica la necesidad de una mínima reducción de la sustancia dentaria, para evitar que los imperativos estéticos pongan en peligro la vitalidad pulpar. [8]

Modificación de algunas características anatómicas dentales por medio del uso del color:

- Pérdida de tejido interdental: Puede ser resuelta por medio de la adición de porcelana para simular el tejido faltante. Es muy importante lograr la compatibilidad del color rosado de la porcelana con el color de la encía del paciente.

- En relación a las dimensiones anatómicas: La zona incisal de los dientes anteriores en personas jóvenes, ostenta una tonalidad azulosa y cierto grado de translucidez. El uso normal o anormal de los dientes causa un deterioro del esmalte, teniendo como consecuencia la pérdida de dicha translucidez por el acortamiento de la corona anatómica, por lo tanto, en personas de mayor edad, la porción incisal se torna grisácea [1].

Para dar la impresión de alargamiento de la corona - dientes juveniles-, es conveniente usar tintes colorantes para enfatizar la dimensión gingivo-incisal, oscureciendo las superficies interproximales e iluminando la dimensión vertical de la corona.

Utilizando transparencia en las superficies mesial y distal de la corona, se desenfatisa el ancho del diente. [1]

Las líneas horizontales enfatizan el ancho del diente, mientras que las verticales enfatizan el largo. [10, 26]

El uso efectivo del naranja y del café ayudará a disminuir la anchura, por el control de la reflexión de la luz, dando aspecto de estrechez. [1]

Las técnicas anteriormente mencionadas servirán también para, en combinación con las características anatómicas de la prótesis, ayudar a resolver problemas tales como distemas (al cerrar los espacios por medio de la prótesis, se deberá enfatizar el largo de los dientes, para contrarrestar el aumento en la anchura); apilamiento dentario (al resolver este problema, los dientes serán más angostos que lo normal, por lo que se deberá enfatizar la longitud) y modificación de simetría.

- Impresión de separación entre las unidades comprendidas

en un puente: En los puentes ceramo-metálicos, el problema principal es tratar de crear una apariencia natural creando la ilusión de que las piezas están separadas. Los colorantes deben ser utilizados para dar esta apariencia. Es conveniente utilizar una combinación anaranjada-café o gris-verde en las uniones interdientales para crear dicho efecto.

Los efectos que pueden ser creados por medio del uso del color son múltiples y variados. Bien empleados, proporcionarán una ayuda incomparable para el éxito estético de la restauración.

CONCLUSIONES:

1). El color de una restauración ceramo-metálica está influenciado por 3 factores básicos, indispensables para la existencia de los colores:

- Naturaleza de la luz utilizada -características de la misma-
- Visión cromática del observador -dentista, ceramista, paciente-
- Comportamiento óptico de los materiales.

2). El color de los objetos está influenciado por la naturaleza de la luz que los ilumina y la modificación de ésta altera el color de los mismos.

3). La luz natural es el mejor medio para ajustar los colores, ya que su espectro representa un equilibrio de todas las longitudes de onda, pero varía de acuerdo al día, la hora y la estación del año, por lo que su estandarización es bastante difícil; sin embargo, existen ya algunos aparatos que logran proveer ambientes luminosos constantes, uniformes y reproducibles.

4). Cuando la luz incide la materia, 3 fenómenos pueden producirse: la luz puede ser reflejada, transmitida o absorbida. Generalmente se manifiestan en forma simultánea pero en proporciones diferentes, de acuerdo a los materiales sometidos al haz de luz.

5). Cuando la luz incide sobre un material, una parte de las radiaciones es absorbida y la otra reflejada. Así, el color es el resultado de la reflexión de las radiaciones que no fueron absorbidas por el material; por ejemplo, si un cuerpo absorbe todas las radiaciones, menos las azules, lo veremos azul, pues ésta es la radiación reflejada.

La transmisión, por otra parte, ocurre cuando la luz incide sobre un objeto transparente, entonces, la luz no es absorbida ni reflejada.

6). Para que dos objetos sean del mismo color, es necesario que las características físicas de sus colores sean iguales, y para ello se requiere que los materiales que los constituyen sean idénticos en su composición química. Cuando la iluminación se modifica, se modifica el color de los objetos, pero dos objetos de la misma naturaleza tendrán siempre el mismo color uno con respecto al otro, cualquiera que sea la calidad de la iluminación.

7). El metamerismo es un fenómeno basado en el hecho de que los materiales que tienen estructura química diferente, reaccionan de manera distinta a las radiaciones luminosas. Así, en la reconstrucción protésica es prácticamente imposible lograr la igualación de color entre la restauración cerámica y el diente natural, pudiendo sólo alcanzar una similitud, ya que aunque ambas estructuras parezcan iguales bajo una iluminación determinada, esta situación variará al cambiar dicha iluminación.

Para lograr dicha similitud de color, es indispensable que se empleen todos los recursos a nuestro alcance y que se eviten en lo posible aquellos factores que pudieran afectarla.

8). Ningún material dental tiene la capacidad del esmalte para absorber o reflejar luz en todas las condiciones.

9). Los factores que pueden influenciar el color de una porcelana dental son: naturaleza de la luz incidente; reflexión superficial; fluorescencia, translucidez y opalescencia de la porcelana.

Cuando la luz incide sobre la superficie de la porcelana, el rayo luminoso es afectado por ella y varios fenómenos físicos pueden producirse: dispersión, absorción, transmisión y reflexión.

10). La textura, curvatura, brillo y posición de la restauración varía mucho y como resultado, modifica la luz que incide sobre su superficie. El pulido superficial y la fluorescencia también modifican el color percibido. Asimismo, el color de la porcelana cocida varía en función de la temperatura, la presión, la duración del proceso y el número de cocimientos.

La textura de la superficie controla el grado de dispersión o reflexión de la luz que incide sobre ella y puede cambiar drásticamente el matiz de la restauración.

11). Los responsables de lograr el éxito en la restauración son el C.D. y el técnico dental.

Se debe tomar en consideración que pueden existir diferencias de percepción entre ellos y que éstas pueden estar influidas por deficiencias visuales fisiológicas, tales como dischromatopsia; por lo tanto, ambos deben estar concientes y prevenidos de dichas deficiencias, por lo que es recomendable que se sometan a un examen de detección de las mismas.

12). El cirujano dentista es el responsable intelectual del éxito estético de la restauración. En lo referente a la

cosmética, es indispensable que tome en consideración parámetros que pueden evitar en gran medida errores que afecten el resultado final. Su principal tarea es la de elegir y definir el color más adecuado para la restauración. Asimismo deberá ser capaz de transmitir al ceramista, de manera coherente, la información pertinente para la elaboración de la misma, por lo que es indispensable que se establezca entre ellos un código de comunicación claro y comprensible para ambos. Es pues necesario que el dentista conozca y domine los conceptos referentes a color y los factores que pueden afectarlo.

13). Para efectuar la selección del color, es recomendable que ésta sea realizada de acuerdo a las siguientes recomendaciones:

- Antes de la preparación de las piezas pilares.
- Bajo la luz del día, en un día no demasiado soleado ni nublado, alrededor de mediodía y con exposición al norte.
- Evitar los colores brillantes, tanto en el medio ambiente como en la ropa del paciente.
- Efectuar la selección lo más rápidamente posible a fin de evitar el fenómeno de fatiga cromática.
- Tomar como testigo a los dientes adyacentes al área que se va a restaurar, mismos que deben estar libres de restauraciones metálicas.
- El primer paso es determinar el color predominante del diente. El matiz deberá ser observado cercanamente y a la distancia del largo del brazo; preferentemente, deberá también ser observado a una distancia mayor y en lo posible por tantos pares de ojos como sea posible.
- Bajo un solo tipo de iluminación hasta que se consiga determinar el matiz verdadero; entonces deberá ser introducida otra fuente de luz y el proceso será repetido de nuevo, a fin de evitar el efecto de "metamerismo agudo".

14). Desde el punto de vista cromático, una corona se divide en 3 tercios: La zona gingival suele tener una coloración blanqueza, teñida de amarillo o naranja; la zona incisal produce una sensación de translucidez; el tercio medio se logra creando una transición gradual de los colores dominantes en la zona gingival hacia los que predominan en la incisal.

Para algunos problemas de colores difíciles de igualar, es necesario dividir al diente en 3 áreas de tono y considerar cada parte individualmente. Cuando sea necesario, un tono diferente puede ser designado para el área gingival y la incisal; asimismo para los diferentes elementos que conforman un puente, ya que el color de la dentadura natural no siempre es uniforme entre una estructura y otra.

15). La restauración ceramo-metálica es un proceso que se ha creado tratando de proporcionar restauraciones que incluyan la estética de la cerámica y la resistencia del metal. En ella, tanto el metal como la porcelana utilizados,

deben contar con ciertas características afines tales como coeficiente de expansión lineal compatible, alta temperatura de fusión, rigidez y capacidad de formar óxidos específicos. La porcelana debe fundirse a menor temperatura que la aleación metálica.

En esta técnica, el polvo de porcelana se funde directamente a una subestructura metálica, por medio de ciclaje a través de horneadas repetidas.

16). Las clases de porcelana que pueden ser utilizadas para la restauración ceramo-metálica son: Porcelana de baja temperatura de maduración y Porcelana Aluminosa.

17). Los únicos materiales que pueden ser utilizados como subestructura son las aleaciones metálicas, ya sean preciosas, preciosas modificadas o no preciosas, ya que son las que otorgan la resistencia, el soporte y el sellado marginal adecuados. Las características ideales que debe reunir toda subestructura utilizada son: Alto módulo de elasticidad; alta resistencia al estiramiento; estructura de grano fino; resistencia a combarse -deformación por temperatura-; facilidad de manejo y de vaciado; potencial de ligadura.

El armazón creado debe tener un grosor adecuado con objeto de resistir la deformación.

18). Las tres formas conocidas de ligar porcelana a metal son:

- Fuerzas de Van der Waals
 - Atrapamiento mecánico
 - Ligadura química directa,
- de las que la ligadura química es la más importante.

19). El procedimiento para la elaboración en el laboratorio de la restauración es:

- Elaboración de la subestructura, que cumpla con las características óptimas de grosor y sellado.
- Reproducción del color desado, en cuyo proceso, el primer estado es el establecimiento de una capa de opacador, cuyo aspecto sea el más apropiado al color elegido y a la translucidez dada. En ella se deberán ajustar los tres atributos del color.

Esta porcelana opaca, se funde directamente al soporte metálico, en un grosor aproximado de .3 a .4 mm., a una temperatura que oscila entre los 960 y los 1010 grados centígrados.

- Sobre la capa de opacador se bate la cerámica cosmética, que es colocada en capas y fundida a la porcelana opaca para formar el contorno y la estética. En este momento deberá ser tomada en cuenta la variable translucidez.
- Utilización de maquillaje de profundidad y de superficie. Los colorantes se usan para crear una chapa glaseada e

impartir caracterización superficial.

20). Aunque un sistema de clasificación coherente y estandarización de colores hace falta aún en odontología, este problema puede ser obviado si el conocimiento teórico del color es aunado a la experiencia. En la elaboración del elemento cosmético de la restauración ceramo-metálica, es importante recordar y tomar en consideración ciertos principios.

21). El control de las dimensiones cromáticas se consigue solamente en la práctica, pero ésta debe estar guiada por una actitud crítica y no solo por el azar. El ensayo de combinaciones debe hacerse poniendo en práctica la teoría general del color y experimentando constantemente con los colores para comprender cabalmente sus efectos.

22). De las dimensiones del color, el valor es la más importante, ya que influye sobre la apariencia natural de la restauración. Mientras más alto es este (más cerca del blanco), más notable es la brillantez, por lo tanto, si el valor es muy alto, la restauración parecerá poco natural y si es bajo, ésta aparecerá poco vital y afectará decisivamente la expresión del rostro.

Es más fácil reducir el valor que aumentarlo.

23). De los tres atributos del color, el de las variaciones más fuertes es el relativo a la claridad, en seguida la saturación y por último, la tonalidad cromática.

24). El blanco y el negro no son colores, pero para los propósitos de la elaboración cerámica, en la que se incluyen como ingredientes, deben ser considerados forzosamente como elementos cromáticos, ya que son necesarios para aumentar o disminuir la intensidad del color y la translucidez de los barnices.

25). La utilización de los colores complementarios reviste una gran importancia, ya que es uno de los factores esenciales en el control de la coloración precisa de las piezas protésicas.

26). La percepción de algunas características dentales tales como dimensiones anatómicas, pérdida de tejido interdental, diastemas, apiñamientos, etc. puede ser modificada por medio del uso adecuado del color.

Los efectos que pueden ser creados por medio del uso del color son múltiples y variados. Bien empleados, proporcionarán una ayuda incomparable para el éxito estético de la restauración.

BIBLIOGRAFIA

- [1] GOLDSTEIN, E. Ronald. "Esthetic Principles por Ceramo-Metal Restorations". Dental Clinics of North America 21(4):803 - 822 Oct. 1977.
- [2] S/A. "El Arte del Color en la Pròtesis Dental". Tecnologia Dental IV (2) Marzo, Abril. 1981 : 5762.
- [3] RILEY, J. Edwin. "Restauración Ceramometàlica. Estado de la Ciencia". Clínicas Odontológicas de Norteamérica. Ceràmica. Edit. Interamericana, México, D. F. Oct. 1977 : 669-682
- [4] GILMORE, H. William, et. al. "Operative Dentistry". C.V. Mosby Co. Saint Louis. 3rd. ed. 1977. 380 pàgs.
- [5] STEIN, Sheldon; MASASHIRO, Kuwata "Procedimientos Ceramometàlicos Actuales". Clínicas Dentales de Norte América. Ceràmica. Editorial Interamericana. México, D. F. Oct. 1977. p.p. 729749
- [6] S/A. "El Arte del Color en la Protesis Dental". Parte II. Tecnologia Dental IV (3) Mayo, Junio, 1981 : 119-128
- [7] OBREGON, Alejandro et. al. "Effects of Opaque and Porcelain Surface Texture on the Color of Ceramo-Metal Restorations". J. Prosthet Dent. 1981. Sept. 46 (3) : 330-340.
- [8] PERELMUTER, S. et. al. "Estetique et Couleur en Prothese Ceramo-Metallique". Actualites Odontostomatologiques. Paris 1979 (125) : 57-104.
- [9] GARCIA S. Fco. "La Fisica de Hoy". Edit. Fco. Garcia S. México, D. F. (s/f) 319 pàgs.
- [10] MENDEZ, A. Ignacio. "Auxiliares Visuales para la Ensenanza". Edit. Oasis. México, D. F. 5a. Ed. 1972
- [11] PRESSWOOD, G. Ronald "Esthetics and Color: Perceiving the problem". Dental Clinics of North America. 21 (4) : 823-829. Oct. 1977.

[12] MOSER, B. John, WOZNICK, Wayne et. al. "Color Vision in Dentistry: a survey", JADA Vol. 110 April, 1985: 509-510

[13] Mc. LEAN, W. John. "Aesthetics in Restorative Dentistry: The challenge for the future". British Dental Journal. 1980 Dec. 16; 149 (12). p.p. 368374

[14] HICKETHIER, Alfred. El Cubo de los Colores. Edit. Bouret. Kopenhagen, Ger. (s.f.)

[15] O' BRIEN, W.S. "The Assessment of Chroma Sensitivity to Porcelain Pigments" J. Prosthet Dent. 1983 Jan. 49 (1) : 63-66

[16] ENGELMAN, A. Melvin. Simplified, Esthetic Ceramometal Restorations. N.Y. J. Dent. Oct. 49 (8). 1979. p.p. 252261

[17] LACY, M. Alton. "Naturaleza Química de la Porcelana Dental". Clínicas Odontológicas de Norte América. Cerámica. Edit. Interamericana. México, D.F. Oct. 1977: 661-667

[18] KANTOROVICZ, George. et. al. "Inlays Crowns and Bridges. A Clinical Handbook". The Williams and Wilkins Co. 2nd ed. 1970: 71-90

[19] S/A . "Porcelana Dental" . Práctica Odontológica Vol. 5 (4) Mayo 1984: 56-58

[20] PRESTON, D. Jack ."Enfoque Racional de la Preparación Dental para las Restauraciones Ceramometálicas". Clínicas Dentales de Norte América. Cerámica. Edit. Interamericana, México, Oct. 1977 : pp. 683-697

[21] S/A . "Porcelana Dental" . Práctica Odontológica Vol. 5 (4) Mayo 1984. Edit. Index S.A. México, D. F.

[22] S/A . "Rigor y Método de Porcelana sobre Metal". Tecnología Dental año VI (2) Oct. 1983: 8-13

[23] LEMIRE, P. and BURKE B. "Color in Dentistry". J.M. Ney Co. 1975.

[24] BURKE, B. "Dental Porcelains: The state of the art". Color and Esthetics. Univ. of Southern Calif. Los

Angeles 1977: 293-295

[25] BARGUI, Nasser; RICHARDSON, T. Joseph. "A Study of Various Factors Influencing Shade of Bonded Porcelain". J. Prosthet. Dent. 39 (3) Mar. 1987. p.p. 282-284

[26] BRISSMAN, S. Arthur. "A Comparison of Dentist's and Patient's Concepts". Journal of American Dental Association. 1980. Mar. 100 (3) p.p. 345-352

[27] S/A. "ABC del Jacket Acrilico". Tecnologia Dental Año VI (2) Oct. 1983: 8-13

[28] ARNOLD, Eugene. "La Ilustración Atractiva". Edit. L. E. D. A. Barcelona, Esp. (s/f).

BIBLIOGRAFIA GENERAL:

- [1]. BECKER, M. Curtis. KALDALIL, B. Wayne. "Current theories of crown contour, margin placement and pontic design". The Journal of Prosthetic Dentistry. 1981. Mar. 45 (3) : 268-277
- [2] BERGER, P. Robert. "El arte de esculpido de la cerámica dental". Clinicas Odontológicas de Norteamérica. Cerámica. Editorial Interamericana. México. Oct. 1977. p.p 751-767.
- [3] BOUCHER O. Carl (editor) "Current Clinical Dental Terminology". C.V. Mosby Co. Saint Louis. 1970.
- [4] "Ceramo-metallic Techniques". Actualites Odontostomatologiques. Paris. 1979. 33 (125): 1-192 (Fre)
- [5] CRISPIN, J. Bruce. WATSON, F. Jay. "Margin placement of esthetic veneer crowns. Part I: Anterior tooth visibility". J. Prosthet. Dent. 1981. Mar 45 (3) : 278-282.
- [6] CRISPIN, J. Bruce. "Conservative alternative to full esthetic crowns". J. Prosthet. Dent. 1979. Oct. 42 (4): 392-397.
- [7] CHEVRIER, J. "Aesthetic preferences: Influence of perceptual ability, age and complexity of stimulus". Percept. Mot. Skills. 1980. Jun. 50 (3 pt 1): 839-849
- [8] DIAMOND, Moses. "Anatofa Dental". Union Tipográfica Edit. Hispano americana. México. 2a. ed. 1962. 492 págs.
- [9] DUPONT, R. M. "Ceramo-metal Restorations. Why? When? How?". Actualites Odontostomatologiques. Paris. 1979. 33 (126): 193-214 (Fre).
- [10] "Estructura y descripción de los dientes". Tecnología Dental. V (1) Ene-Feb. 1982 p.p. 7-22.
- [11] FIELDS, J. Bruce Jr. et. al. "Combination prothesis for optimum esthetic appearance". J. M. Dental Association. 1980. Aug. 101 (2) p.p. 276-279.

[12] HEINLEIN, D. J. Walter. "Anterior teeth. Esthetics and function". D. J. Prosthet. Dent. 1980. Oct. 44 (4) p.p. 389-393.

[13] KUFFLER, W. Stephen. "Discharge Patterns and Functional Organization of Mammalian Retina". Journal of Neurophysiology. Vol. 16 (1) p.p. 37-68. Jan. 1953.

[14] LOGES, H. et. al. "Metal-ceramic results after a 10-year observation period". Stomatol. D. D. R. 1980. Jun 30 (6): 389-397. (Ger).

[15] LOMBARDI, R. E. "Factors mediating against excellence in Dental Esthetics". J. Prosthet. Dent. Sep. 1977. 38 (3) p.p 243-248.

[16] LORTON, Lewis. WITHBECK, Peter. "Esthetic parameters of mandibular anterior teeth". J. Prosthet. Dent. 1981. Sept. 46 (3): 280-283

[17] LORTON, L. WITHBECK, P. "Diagnosis of the aesthetic components of the mandibular anterior prosthesis". Journal of Oral Rehabilitation. 1983. Jul. 10 (4): 348-355.

[18] MC. MORDIE, R. et. al. "Technique for fabrication of individualized Ceramo-metal pontics". J. Prosthet. Dent. 1980. Aug. 44 (2) p.p. 220-223.

[19] MILLER, L. L. "Framework design in Ceramo-metal Restorations". Dent. Clin. of Nort Am. Oct. 1977. 21 (4) p.p. 699-716.

[20] MYERS, E. George Prótesis de Coronas y Puentes". Ed. Labor S. A. 1979. 5a. Ed.

[21] "Procedimientos para preparación y toma de impresiones de coronas de oro o metal no preciosas cubiertas de porcelana". Odontólogo moderno. Abril-May. 1981.

[22] RESEARCH and Educational Departments of J. F. Jelenko and Co. Inc. "Pontic form. Crown and bridge construction. A handbook of dental laboratory procedures". J. F. Jelenko and Co. Inc. 5th. Ed. New Rochelle, N.Y.

[23] SOZIO, R. B. "The marginal Aspects of Ceramo-metal restorations: The collarless ceramo-metal restoration". Dent. Clin. of North Am. Oct. 1977. 21 (4). p.p. 787-801.

[24] STEIN, R. S. "A Dentist and a Dental Technologist analyze current ceramo-metal procedures". Dent. Clin. of North Am. Oct. 1977 21(4). p.p. 729-749.

[25] TEDESCO, L. A. et. al. "A dental-facial attractiveness scales. Part II. Consistency of perceptions" Am. J. Orthod. 1983. Jan. 83 (1). p.p. 44-46.

[26] "Teeth beautiful". J. Am. Dent. Assoc. 1982. Spec. No 61C - 3C.