



00263

2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ARTES PLÁSTICAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

# DE LA FOTOGRAFÍA *A LA HOLOGRAFÍA*

TESIS

Que para optar por el título de

**Maestro en Artes Visuales (Grabado)**

Presenta

Rómulo Escudero García

**Director: Mtro. Carlos Blas Galindo**

México DF / 2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

*Dedico este trabajo a toda la gente  
que no puede o no quiere tener  
acceso al arte, la ciencia y la  
tecnología.*

Gracias a mi esposa Rosario, mis  
hijas, mis familiares y amigos que  
me animaron y me soportaron para  
concluir con esta etapa de mi vida.

## CONTENIDO

- Prólogo.....	5
- Objetivos de la tesis.....	8
- Esquema.....	9
- Introducción.....	10
- La holografía como medio expresivo, la holografía tratada como fotografía	
- Capítulo I Percepción.....	17
- 1.1 La percepción.....	17
- 1.1.1 Una comparación con nuestros ojos y la emulsión holográfica .....	25
- 1.1.2 La sensibilidad del ojo y la sensibilidad de la emulsión holográfica.....	27
- 1.2 La tercera dimensión.....	28
- 1.2.1 Profundidad en la visión.....	30
- 1.2.2 Tercera dimensión y perspectiva.....	31
- Capítulo II El láser. ....	34
- 2.1 Reseña histórica.....	35
- 2.2 Características generales.....	36
- 2.2.1 Mecánica cuántica.....	37

- 2.2.2	Absorción de la luz y amplificación.....	40
- 2.3	Aplicaciones de los láseres.....	47
- 2.4	Posibilidad de construir un láser.....	48
- 2.5	Medidas de seguridad.....	51
-	<b>Capítulo III. La holografía..</b> .....	<b>55</b>
- 3.1	Reseña histórica.....	55
- 3.2	El proyecto de laboratorio.....	57
- 3.3	Hogramas de reflexión simple, descripción.....	58
- 3.3.1	Equipo y material necesarios.....	64
- 3.3.2	Las emulsiones.....	65
- 3.3.3	Preparación de emulsiones.....	66
- 3.3.4	Cuidados.....	68
- 3.3.5	Exposición.....	69
- 3.3.6	Revelado y secado.....	73
- 3.3.7	Cuidados y protección del holograma.....	74
- 3.4	Experiencias personales.....	75
-	<b>Capítulo IV. El proceso gráfico - plástico.....</b>	<b>77</b>
- 4.1	Relación entre fotografía y holografía.....	77
- 4.1.1	La función original de la fotografía.....	78
- 4.1.2	Manipulación de la realidad (en la imagen fotográfica).....	78
- 4.1.3	Realidad y holografía.....	79

- 4.1.4 ¿Qué es el fotografismo?.....	.80
- 4.2 La holografía como medio gráfico-plástico .....	.82
- 4.2.1 La Holografía como técnica y ciencia.....	.83
- 4.2.2 ¿Cómo debe verse un holograma ?.....	.85
- 4.2.3 ¿La holografía pasó de moda?.....	.87
- 4.3 La iconografía de la holografía.....	.91
<b>-Conclusiones.....</b>	<b>.94</b>
<b>-Anexos.....</b>	<b>.99</b>
<b>-Lista de hologramas.....</b>	<b>.113</b>
<b>-Glosario.....</b>	<b>.123</b>
<b>-Bibliografía.....</b>	<b>.132</b>

## PROLÓGO

*HOLOGRAFÍA* proviene de las palabras griegas holos, que significa todo, y grafos, que se refiere al proceso de escribir o dibujar.

*El termino hológrafo ya se había utilizado anteriormente dentro de la comunidad literaria para indicar que algo había sido escrito por la propia mano de su autor. Actualmente, el termino holograma suele utilizarse para referirse a la imagen que tiene como origen la luz láser o un procedimiento digitalizado para tres dimensiones*

*“La holografía es un método de fotografía sin lente en donde el campo de onda de luz esparcido por un objeto se recoge en una placa como patrón de interferencia. Cuando el registro fotográfico -el holograma- se coloca en un haz de luz coherente como el láser se regenera el patrón de onda original. Aparece entonces una imagen tridimensional. Como no hay ningún lente de enfoque, la placa aparece como un patrón absurdo de remolinos. Cualquier trozo del holograma reconstruirá toda la imagen”<sup>1</sup>*

Desde hace más de diez años me he interesado por el estudio de emulsiones fotoserigráficas. Pero desde hace unos veinte me empecé a interesar por la fotografía. Sin atraerme grandemente, unos amigos y yo montamos un laboratorio fotográfico, no imaginaba que después de todo ese tiempo mi preocupación mayor sería las emulsiones fotográficas y como derivación las Holográficas.

Mi desasosiego por las emulsiones está cerca de la idea que tienen sobre la fotografía aquellas personas que están empezando a estudiarla; esa parte “mágica” en la que la parte del cuarto oscuro aparece junto con las emulsiones como algo no explicable

---

<sup>1</sup> WILBER K, BOHOM D, PRIBRAM K, CAPRA F., FERGUSON M., WEBER R., Y OTROS. El paradigma Holográfico, una exploración en las fronteras de la ciencia, Editado por Ken Wilber, Editorial Kairós Barcelona 1987-1992, pág 14.

todavía para ellos. Esa curiosidad, ese proceso intuitivo es el que me a llevado a la investigación de esto.

Mi inquietud por las emulsiones se empezó a transformar, de lo que fue la fotografía, (para mí), en lo que es la holografía ahora. La fotografía que viene siendo como el elemento cautivador, primario, los haluros de plata que se convierten en elementos metálicos de plata, que a su vez son granuloso y a su vez forman la imagen, no siempre formadas por dispositivos ópticos. Y Los hologramas porque cautivan sus formas tridimensionales, porque en vez de granos, en la superficie, se miran ondas interceptadas de formas variadas, que espejean y porque su fabricación en el laboratorio holográfico se maneja con una luz diferente a la fotográfica y porque se incorpora la luz láser. También sus características de revelado son algo diferentes a las de la fotografía convencional y porque también se puede manipular desde la construcción del láser hasta la fabricación de las emulsiones. Uno se puede adueñar totalmente del proceso, porque se está mas actualizado en cuanto a los medios expresivos que tienen mucho que explotárseles a corto plazo.

Mi acercamiento con las emulsiones resulta también de esa condición, de ese efecto transparente, visual, que congela la imagen y la separa de todo tiempo para ser removida, aislada, integrada, guardada, archivándola fuera de su espacio-tiempo y que éste complicado proceso se dá de manera más plena, (pienso yo), con los procesos holográficos, porque en holografía existe además de la impresión de las ondas la interpretación en el ojo y en el cerebro, como formas que se salen de su formato para constituirse como imágenes independientes una de otra; formándose así, infinidad de ellas en un sólo formato. Habría que agregar que la tercera dimensión en holografía es física, es algo real, no sucediendo como en la estereografía donde ese efecto se da en el cerebro, concretamente en el cerebelo, a partir de dos imágenes tomadas con diferente ángulo

El internet propociona mayor información sobre compañías internacionales que se dedican ha hacer holografía entre ellas está: Hologramas de México,

Christopher Outwater , Van Hamersveld, Dimennsional Arts Inc,

que se dedica pricipalmente a holografía comercial y a impartir cursos sobre holografía. Museum of Holography/Chicago, Museum Links, The Librery, NJ, PA, NY, DC Museum Links - A to H. , con 40 referencias más de museos y lugares relativos a la holografía.

Se mencionarán algunas personas también en el campo de la física Óptica en el C.I O. (Centro de investigaciones en Óptica) en la U.N.A.M. en el Politécnico y en otros lugares.

Mi interés de hacer esta tesis radica además de relatar mi experiencia de la construcción de un láser para holografía, en describir el sistema de fabricación de emulsiones Holográficas caseras y como pienso aplicarlas a mi obra plástica.

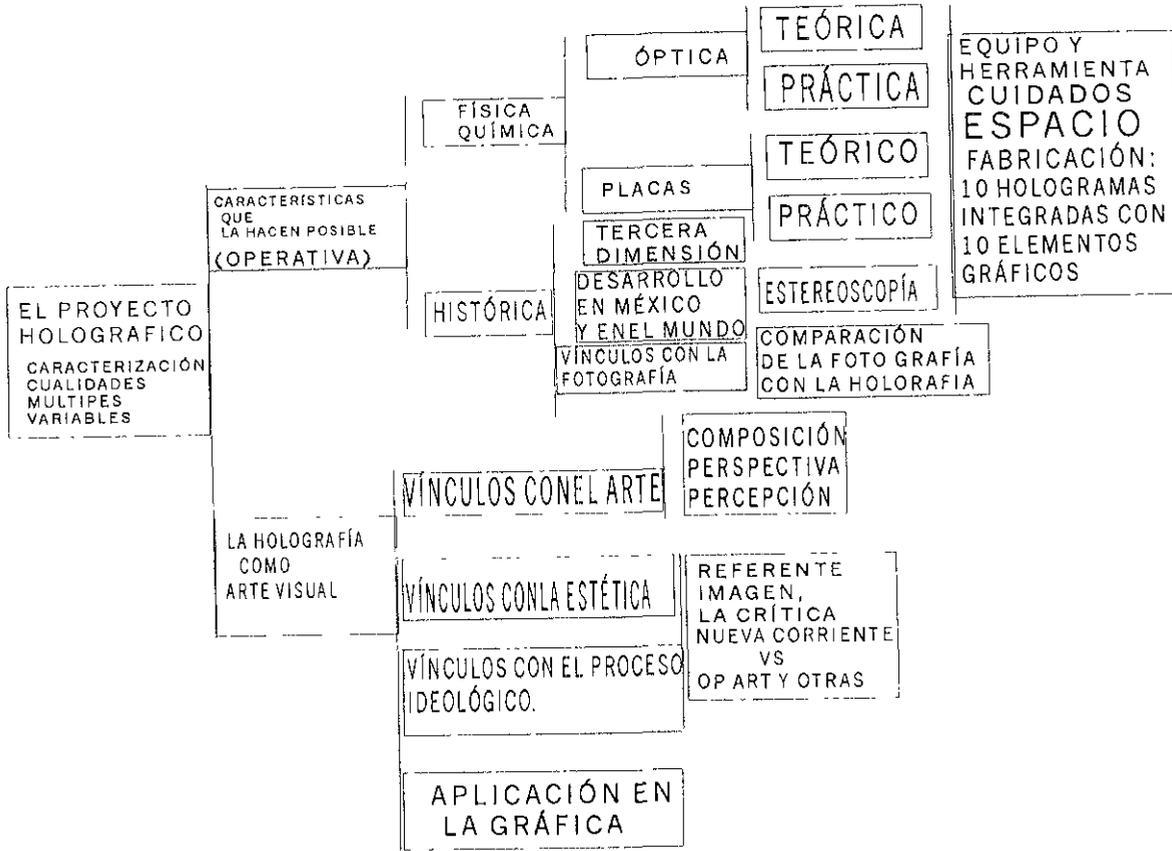
Todo esto, englobado en una visión más práctica que teórica, donde se describirán maneras de hacer hologramas partiendo de bases gráfico plásticas, aplicadas posteriormente a mi obra.

## OBJETIVOS:

- Comprobar si el tipo de holografía que estoy produciendo puede ser un instrumento de trabajo para fines artísticos en México
- Conocer las ventajas y desventajas del proceso holográfico usando como parámetro la fotografía.
- Continuar sobre la línea de trabajo que inicié desde hace diez años, produciendo emulsiones para fotografía antes y holografía ahora, posibilitar el uso de productos alternativos de emulsiones holográficas sin depender totalmente de medios industriales.
- Definir y explicar el sistema de fabricación de emulsiones holográficas.
- Describir mi experiencia en la construcción de un láser para holografía.
- Desarrollar una visión práctica describiendo maneras de hacer hologramas aplicadas posteriormente en mi obra.

# ESQUEMA DE LA TESIS

# DE LA FOTOGRAFÍA A LA HOLOGRAFÍA



## Introducción

Inicié mi carrera en fotografía con Katy Horna<sup>1</sup> en Academia #22, y en nuestro laboratorio con una ampliadora polaca<sup>2</sup> echamos a perder grandes cantidades de papel sensible a la luz sin que obtuviéramos resultados elocuentes, en particular me sentía insatisfecho<sup>3</sup>

En el año 1975 deserté de San Carlos y con ello de la fotografía, haciéndome autodidacta en el grabado. Actualmente soy grabador y la mayor parte de mi obra es gráfica. En especial me he interesado por el huecograbado y la serigrafía.

En el Centro de Artesanías y Artes plásticas "Hidalgo" (CAAPH) del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), me interesé por los procesos de enseñanza aprendizaje en el arte: por la serigrafía, la fotoserigrafía, y nuevamente en la fotografía. Quise aprender a hacer aplicaciones fotográficas pero que éstas se pudieran utilizar en los procesos de reproducción serigráficas y en huecograbado, cómo por ejemplo sensibilizar objetos de metal con formas diversas para grabarlas. Posteriormente utilizando emulsiones sensibles en objetos de plástico y de madera, descubrí de alguna manera el hilo negro, sin saberlo.

Me incorporé a grupos políticos donde imprimimos carteles en fotoserigrafía sin la utilización de positivos fotográficos, volantes, carteles, calcomanías, etc.

---

1 Maestra de fotografía de la ENAP con quién cursé fotografía en el año 1976.

2 Ampliadora Krokus 3 - color, PZO, WARSZAWA

3 La insatisfacción que yo sentía y siento todavía es cuando por alguna razón tengo que usar recursos materiales industrializados con los cuales he de producir imágenes fotográficas.

En esa época ingresé en el laboratorio fotográfico del CAAPH a hacer solarizados, tramados, craquelados y sin más empecé a dar clases de fotografía; tuve oportunidad de aprender a hacer fotograbado en charolas de cobre decoradas artesanalmente, aplicándoles emulsiones a base de dicromato de amonio. Por esos días se me ennegrecieron las manos; conocí el nitrato de plata en acción y de cómo éste de una sola pasada quema la dermis al estar en contacto con la luz sobre la piel.

En el CAAPH, a finales de los setenta, me interesé por la fotoserigrafía como proceso artístico de reproducción, donde experimenté con diferentes coloides como colas, alcoholes, aglutinantes y sensibilizadores no argénticos como los bicromatos de sodio, de potasio y el de amonio.

Por otro lado descubrí un gran interés por la perspectiva lineal, lo atrayente de la insolubilidad de lo geométrico con lo figurativo. Estaba muy interesado en cómo incluir la geometría analítica con la figura Humana, traduciéndola visualmente hacia algún efecto de profundidad a partir del uso de la perspectiva lineal; me preocupaba por ello más que por lo pictórico.

Siempre me he interesado por conocer nuevos procedimientos dentro de mis limitaciones, en cuanto a mi propia restricción económica más que otro factor, trato de adaptarme y si puedo utilizar determinado elemento para sustituir otro que esté fuera de mis posibilidades de adquisición, lo incorporo.

Estaba muy interesado en el efecto de esfumados que daba el aerógrafo desde el punto de vista de levantar un objeto que esta pegado al papel sin levantarlo realmente, o por el efecto que determina una trama o una pantalla para lograr un gris óptico; de cómo un achurado por un determinado grosor de línea positiva, o de línea negativa,

daba un efecto desvanecido en una determinada figura, que sólo existía a través de la trama, pero que sin ésta, su imagen que parecía estar ahí, en realidad no existía; a partir de acercarme o alejarme, ésta se hacía más o menos nítida ó fuerte en su presencia. Ya existía de alguna forma la preocupación que estaba presente en obras como M.C. Escher, Leonardo Bornteano Gregory, donde existen ilusiones de trama según su densidad, ¿pero cuál es ese origen?, ¿a quién se le ocurre utilizarla por primera vez?

Me interesó aplicar la reproducción de imágenes fotoserigráficas con objetos reflejados o aplicar las imágenes fotográficas, impresos de periódicos, o revistas con aceite de ricino como las Taibotipias, haciendo pegotes para incorporarlas a imágenes.

La fotografía me siguió llamando la atención, pero me dejaba insatisfecho, cuando sentía que los materiales industrializados no me permitían ser plenamente dueño y productor de la imagen que estaba creando. ¿En un gran porcentaje lo era el fabricante, de material fotográfico y el de la cámara fotográfica? \*

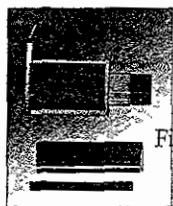


Fig.1

Mi tesis de licenciatura, prácticamente fue esto: El desarrollo artesanal de una cámara oscura que originalmente era la estenopéica y a la que se le fue añadiendo un visor, del tamaño del plano focal (12.5 x 19 cm.), un chasis para cargar y descargar película, un porta objetivo, a la que se le añadió una lupa (lente simple), como objetivo de focal de aproximadamente 190mm.

---

\* Se tomaron cuatro libros para su estudio en ese momento: Jurado Carlos, El arte de la aprehensión de las imágenes y el Unicornio, Serie Imágenes U.N.A.M., Difusión cultural, Cine. Pierre Bourdieu, La Fotografía un Arte Intermedio, Ed. Nueva Imagen, La Fotografía libro plateado, la fotografía del libro amarillo, Las extensiones del hombre, McLuhjan, H. M. La comprensión de los medios como las extensiones del hombre, Ed. Diana, S. A., México D. F., 1969).

Mi curso de fotografía en ese tiempo tenía por objeto la construcción de 20 a 30 cámaras artesanales con las cuales los alumnos desarrollaron el curso de nueve meses. En el tiempo de construcción de las cámaras (un mes), se impartió teoría sobre los materiales sensibles y se hicieron prácticas con ellas.

En esos años empecé a leer sobre la historia de la fotografía y comprendí entonces que la fotografía no empezaba cuando al sr. Eastman se le ocurre inventar la cámara fotográfica, la película y sus papeles, sino que la fotografía "provenía de una naturaleza ambigua y tantas veces contradictoria del mismo medio. Toda la historia de la fotografía puede entenderse como una constante interrogación acerca de su esencia"<sup>5</sup>. Yo me interesé en los viejos procesos, y me di cuenta de que los antiguos científicos e inventores de la fotografía cómo el árabe Alhazén o el mismo Niepce ó Chevalier<sup>6</sup> construían sus lentes, sus cámaras y los materiales sensibles, las emulsiones de plata o de bicromato, pigmentadas o sin pigmentar.

Por aquel entonces construí un telescopio por un artículo editado en la revista del Consejo Nacional Para La Ciencia Y La Tecnología (CONACYT) :

"Fabrique su propio telescopio" artículo publicado por José de la Herrán.

Me pasé una semana completa puliendo el espejo primario; mezclando carborundo con agua, aplicando la herramienta para la devastación y formación del espejo primario. " el giro para adelante, hacia atrás, ampliarlo o reducirlo"... "... Ahora el secundario aplanarlo; el tubo, pintarlo de negro por dentro y por fuera de blanco para que se vea ....." Al final podía ver la luna a traves del telescopio y podía mirar sus cráteres; a Copérnico, a Aristilus, a Arquímedes. Tan solo porque el espejo primario estaba mal pulido, no podía ver ni a Júpiter ni a Saturno.

---

<sup>5</sup> JOAN FOTCUBERTA/JOAN COSTA, Foto-Diseño Enciclopedia del diseño, CEAC, España, pág. 24.

<sup>6</sup> Enciclopedia Práctica de la Fotografía , Historia de la Fotografía ed. Salvat España pág.10, 11, 12, 13. 14.

En ese tiempo, mi taller del CAAPH se convirtió también en taller de fabricación de telescopios y yo que terminaba la carrera de grabador en la Esmeralda terminaba también mi tesis titulada:

***"Fabrique Ud. su propia cámara artesanal"***. Esa tesis fue rechazada no por falta de méritos propios, porque sí los tenía, lo que sucedió es que el taller de fotografía no estaba en el plan de estudios del Colegio de Grabado.

En la carta de rechazo reza así una fracción de ella:

"...El Colegio acordó: no aceptarlo como trabajo de Titulación, dado que carece del objetivo principal de la carrera de grabado, pues no ofrece mínimamente alguna relatoría técnica de la gráfica".

El taller de fotografía era totalmente optativo, si pensaba hacer mi tesis sobre un tema directamente de fotografía, hubiera sido difícil retomarlo, sólo tenía que acompañarlo con algún otro proceso, con algo que "complementara" algo que por si sólo "no tenía validez".

Mi tesis entonces tomó otro giro, se tornó en algo más bello, más completo y que me satisfacía, que sería el eje vertical de muchas otras integraciones gráfico-plásticas. Decidí incluir en mi tesis a la serigrafía.

A esta otra tesis la llamé:

***"CARBÓN + SERIGRAFÍA***

***Elementos para una integración pictorialista"***.

El término Pictorialismo en alusión a Robinson y Reilander que comienzan con el movimiento pictorialista en 1860.

Uno de los párrafos interiores dice lo siguiente.

"Esta tesis tiene como fin la de demostrar no sólo la posibilidad de usar medios alternativos de serigrafía y fotografía, sin depender totalmente de medios industriales, sino que también la de combinar con técnicas diversas y entre ellas la gráfico-plástico para dar mayor énfasis a la otra, simultáneamente, sin hacer que una sea complemento de la otra sino que las dos funcionen como una unidad."<sup>7</sup>

Esto fue la base de mi titulación. Y fue el principio con el que desarrollé la tesis de licenciatura. Ahora que estoy desarrollando la tesis de maestría quiero basarme un tanto en este proceso.

Es decir, demostrar no sólo la posibilidad de usar medios alternativos de holografía, sin depender totalmente de medios industriales, sino que también la de combinar con técnicas diversas y entre ellas la gráfico-plástica para dar mayor énfasis a la otra, simultáneamente, sin hacer que una sea complemento de la otra sino que las dos funcionen como una unidad.

La holografía como una nueva forma expresiva, dentro del ámbito fotográfico y de la tecnología de la realidad virtual, (construcción de lo aparente). Cuando se define la imagen a partir de un determinado proceso técnico, "se enfrenta uno en la apropiación de la imagen de los objetos reales por medio del pensamiento, extraemos partes de esa representación para reinterpretarlas y crear con ellas algo singular que origina una apariencia."<sup>8</sup>

---

7 CARBÓN + SERIGRAFÍA

Elementos para una integración pictorialista., capítulo 5 página 16

8 ADRIANA ZAPETT, Investigadora del CENIDIAP, publicó el artículo "Tecnología de la realidad virtual", E.A. Educación Artística.

Esta tesis está pensada, (si se termina el proyecto de la construcción del láser), para impartirse de manera prioritaria como curso, en poblaciones donde no hay recursos para la instalación de talleres holográficos y en donde el nivel creativo del individuo rebasa cualquier impedimento.

La holografía podría ser fotografía finalmente como la termografía, las radiografía las fotocopias, o las imágenes logradas mediante procesos digitales

Finalmente me dí a la tarea de encontrar modos de acercarme al principal objetivo de la tesis anterior: “el no depender (dentro de lo posible), de los medios industriales”, y en holografía en la técnica de reflexión simple con emulsiones holográficas preparadas artesanalmente.

## CAPITULO I

### PERCEPCIÓN.

- 1.1 La percepción.
- 1.1.1 Una comparación con nuestros ojos y la emulsión holográfica.
- 1.2 La tercera dimensión.
- 1.2.1 Profundidad en la visión.
- 1.2.2 Tercera dimensión y perspectiva.

#### 1.1 La percepción.

Al proceso de interpretar o extraer la información contenida en las señales nerviosas se le llama percepción y es equivalente al concepto de procesamiento de la información sensorial o de entrada, ya que la función del sistema nervioso consiste en analizar la información potencial de las señales que le llegan.

En el caso de la luz, la energía debe pasar por una serie de sustancias transparentes, que actúan como lentes y por un orificio que actúa como diafragma, para tomar una imagen de intensidad adecuada en la superficie sensible de la retina

¿Porqué hablar de percepción en este trabajo?

Primero porque las manifestaciones que se reciben de información en el patrón de interferencia holográfica, (a través de la vista), repercuten en el cerebro y el sistema nervioso.

En la impresión holográfica encontramos pequeñas celdillas de reflexión de luz que se proyectan algunas en dirección al ojo, normalmente con una intensidad de hasta un 95%.

Las microcecidias contienen la información producida por el patrón de interferencias aplicadas en el momento en que el haz del objeto y el haz de referencia se unen en la superficie sensible de la placa holográfica, produciendo en el cerebro diferentes fenómenos; alguno de éstos es producido por el patrón de interferencia.

Los conceptos se explican en el capítulo 3, donde se tiene la intención de aclararlos; mientras que aquí se explicará lo que sucede con el ojo hacia dentro.

La retina recibe la imagen transmitida por el cristalino a través del humor acuoso, siendo la imagen bidimensional, pero en una superficie cóncava, sin embargo, mirando alrededor se percibe el espacio, objetos sólidos, transparencias de vidrios y líquidos, límites espaciales como techos, techos y paredes, huecos como ventanas, puertas, interiores, etc. Esta información es recibida por la retina de una manera bidimensional, plana.

La retina sobre la cual se proyecta la imagen visual es una superficie bidimensional. "El verdadero problema reside en comprender la manera en cómo el sistema perceptual separa las entidades perceptuales u objetos para su percepción. Existen evidencias de que la percepción de objetos es un proceso básico de todas las operaciones visuales que parecen depender de esta".<sup>1</sup>

Un trabajo clásico de Rubin (1914), demuestra que la calidad de la figura está dada por el establecimiento del contorno entre dos porciones del campo visual, el cual depende, para la formación, de la diferencia de brillo entre las áreas comprendidas. Rubin demostró, con ejemplos muy convincentes, que la figura posee un carácter muy diferente al fondo, ya que siendo más compacta se destaca de éste, que se ve continuamente tras la misma. La forma y la textura también son diferentes.<sup>2</sup>

En los límites de la figura, los contornos, se producen por variaciones o discontinuidades en el brillo. El ojo parece tener un mecanismo diferenciador de las intensidades del brillo, que le permite resaltar los contornos del nivel de las conexiones celulares de la retina misma, de

---

ERACADO SERAFÍN DOMENECH Procesamiento humano de la información, Trillas, México, 1978. Pág. 31.  
m, pág. 32.

manera que la información de los contornos se envía de los ojos al cerebro. En este mecanismo representan un papel muy importante los movimientos involuntarios del ojo.<sup>3</sup>

El segundo problema es el reconocimiento en toda la forma de la figura.

La forma de la figura depende de la dirección de los contornos. Los contornos pueden ser sustituidos por líneas que indiquen el cambio de brillo sin necesidad de que el área comprendida mantenga uniformidad de iluminación, este hace posible el dibujo lineal, en el que simples líneas indican contornos que sustituyen las diferencias de brillo contiguas. En un holograma la imagen está hecha por zonas brillantes y oscuras donde los contornos del objeto llegan a tener hasta un 95% de brillantez como en la imagen real.

Así como el contorno depende de un cambio diferencial en el brillo o reflectancia de un área, así la forma depende de modificaciones en la dirección de un contorno. Los contornos más simples son, la línea recta que implica que no existe cambio de dirección y la línea curva constante donde por su fijeza el cambio es previsible. En holografía los contornos llegan a ser más brillantes y así se perciben.

"Un principio que la escuela de la Gestalt enfatizó en relación con la percepción fue el llamado principio de Pragnanz. De acuerdo con esta ley, la figura más simple posible se percibe mejor".<sup>4</sup> En situación de varias alternativas, el sujeto percibirá la figura que posea una menor complejidad informativa, esto opera también en la percepción del holograma ya que en esta clase de imagen y particularmente en la de esta tesis, la tendencia del observador es la de interpretar imágenes simples o incluso la de recomponerlas aquellas que se ligan de una manera accidental.

El problema de la percepción de la forma implica el de su reconocimiento, que fue planteado por Hoffding (1998) y que en el lenguaje más moderno puede plantearse de la siguiente manera: si una respuesta X es asociada a un estímulo A, la asociación no puede ser directa entre el aspecto aferente A y la respuesta X, ya que cuando A se

---

<sup>3</sup> DOMENECH MERCADO SERAFÍN Procesamiento humano de la información, Trillas, México, 1978. Pág. 32

<sup>4</sup> RUDOLF ARNHEIM, Arte y percepción visual, Alianza Forma, nueva versión. Pág. 17, 18, 19,

presenta de nuevo, este tiene que ser reconocido como está, antes de ser evocada la respuesta asociada a él. " El proceso de reconocimiento plantea una serie de problemas que durante generaciones ha sido un serio reto para los teóricos de la percepción "<sup>5</sup>

Los gestalistas plantearon soluciones que permitieron reconocer una forma de manera parcial, como aspectos de carácter topológico, ángulos, tipos de líneas (rectas, curvas etc.), características espaciales y otras.

Selfidge (1959), propuso un modelo en que simuló un programa de computadora electrónica, al que llamó Pandemónium. " El Pandemónium tiene una serie de analizadores que alimentan un conjunto de reconocedores simultaneados uno para cada forma a reconocer. Cada reconocedor genera una señal que se ajusta al carácter que representa y esta señal alimenta a un decididor que sólo acepta la señal más fuerte. Se le dio el nombre de pandemónium por la analogía que existe entre los reconocedores de formas y demonios que gritan y son escuchados por un demonio decididor que a su vez sólo acepta al que grita más fuerte ".<sup>6</sup>

Sin hacer un estudio sistematizado en determinados aspectos, se observa que la imitación del referente y luego reconocerlo no ha sido fácil. Reconocer que a la mayoría de la gente le es difícil porque la imagen que compone el referente no es precisamente el mismo. Hay familiaridad con ciertos ángulos, pero dependiendo de estos y de que tantas líneas rectas y curvas, dependiendo de la inclinación con que se esté mirando la imagen del holograma será mas o menos familiar, siempre y cuando la figura sea conocida. La mayoría de las personas que ven estos hologramas no reconocen las pequeñas formas que se perciben.

1. - El color del objeto real se pierde.

---

<sup>5</sup> MERCADO SERAFÍN DOMENECH Procesamiento humano de la información, Trillas, México, 1978. Pág 34

<sup>6</sup> Op cit Pág. 37

2. - Es difícil precisar el ángulo correcto de observación para reconocer la forma, ya que al observarse con un ligero cambio en el punto de estudio, éste se abre o se cierra modificándose en el espacio.

3. - Se perciben diferentes facetas en la observación del mismo (típico de un holograma). Solamente que en este caso al modificar el punto de vista también sufre una cierta distorsión.

Por último en el modelo de Nisser y Mynsky es capaz de manejar adecuadamente los problemas de la atención como aspecto interno, los de figuras múltiples y complejas y los de factores que se saben afectan seriamente el proceso perceptual.<sup>7</sup>

El ejemplo clásico es el de Bruner, en él va presentando cuadros muy desenfocados en un proyector de transparencias y los va enfocando poco a poco. Pronto los sujetos empiezan a reconocer figuras, aunque muy desacertadamente, confundiendo por ejemplo una vaca con un campo de flores. Una vez que se acepta alguna de estas hipótesis. persisten, aún cuando se aclare la figura, al punto de que un individuo recién llegado reconocería la figura correcta.

En holografía si un objeto es observado con un ángulo distorsionado; a medida que a este se le va encontrando el ángulo correcto, es factible reconocer la figura en el mismo.

El reconocimiento de las formas es apenas un paso, ya que apenas hemos considerado problemas en dos dimensiones. No obstante, el organismo es capaz de recuperar la tercera dimensión a partir de los datos de la retina.

En fin, la discrepancia entre las imágenes producidas por los dos ojos, aporta una base mas para la percepción de la profundidad. A este sistema se le ha denominado visión estereoscópica de la profundidad y se apoya en el hecho de que los ojos, debido a su

---

<sup>7</sup> Op cit Pág 38

ural separación, producen imágenes ligeramente diferentes una de la otra, lo que se a para computar la tercera dimensión. En el fenómeno holográfico el aspecto de la ctera dimensión es independiente del concepto de las dos dimensiones captadas por un o ojo.

uando el holograma resultante es iluminado de forma adecuada, la imagen resultante una imagen verdadera y tridimensional del objeto. Es importante recalcar este punto, imagen es realmente tridimensional, no es un truco fotográfico. "8 La estructuración del pacio se complementa con algunas propiedades de las superficies, como el sombreado, luminosidad, la nitidez dada por el gradiente de enfoque, etcétera.

color es una propiedad discriminativa que se adiciona a la de brillantez en la ferenciación de superficies. Las diferentes sustancias químicas tienen una reflectancia lativamente particular, según las diferentes longitudes de onda. El ojo con los tres ferentes tipos de conos es capaz de dar una respuesta cromática diferencial. " La ualidad cromática se combina con la cualidad de las superficies para ofrecer la xperiencia cromática. Por tanto, existen superficies gruesas o finas, con brillo metálico o ulidas, con textura de película como el cielo o transparentes como el vidrio. "9

a percepción visual se extiende temporalmente, gracias a lo cual somos capaces de ercibir el movimiento. El proceso de integración temporal nos lo aclara en sí tres ónómenos: el movimiento aparente, el punto crítico de función y el proceso de escrutinio.

l movimiento aparente es el que se produce cuando dos luces se encienden en sucesión. Cuando la relación temporal de brillo es adecuada, la impresión de movimiento e una sola luz acontece y el cerebro llena el espacio intermedio. Esto hace pensar que el

---

Esto puede probarse haciendo fotografías a la imagen producida por un holograma desde varias perspectivas. La fotografía mostrará el objeto visto desde varios ángulos, como si hubiera estado realmente delante de la cámara. Iovine John [La holografía una guía fácil para hacer hologramas.](#)

cerebro hace muestreos sucesivos e integra imágenes en serie en un proceso temporal. La integración de imágenes sucesivas con fotografía en una placa holográfica. El hecho de no tener el equipo necesario para confeccionar algunos hologramas con estas características, limita en ese aspecto la posibilidad de ampliar el concepto.

El segundo fenómeno es la frecuencia crítica de función de la luz. " Sugiere que si una luz centellea con cierta velocidad hay un momento en que esta parece constante y no fluctuante, la frecuencia crítica de fusión varía con la intensidad y con el área de objetivo centelleante. La fusión de la luz centelleante nos da una medida de la agudeza o capacidad de la discriminación temporal y, además de confirmar la idea de procesamiento de imágenes sucesivas, nos proporciona algunos ejemplos de factores que afectan la velocidad de procesamiento de cada cuadro. "<sup>10</sup>

Para finalizar, el proceso de escrutinio consiste en que si miramos fijamente durante algunos segundos, cosa harto difícil de lograr, nos daremos cuenta que nuestro campo visual es muy limitado. Pese a ello, tenemos una idea bastante clara de nuestro alrededor, el cual construimos mediante sucesivas fijaciones. Pero si movemos los ojos, el mundo parece estacionario a pesar del gran desplazamiento de la imagen ya que diferentes movimientos oculares se coordinan de tal manera que siempre sabemos hacia donde miramos en relación con el cuadro total.

El ojo parece tener un mecanismo interno compensador del movimiento de los ojos. Este mecanismo depende del tipo de las órdenes voluntarias que se le envíen, como se puede constatar en el caso del Nistagmus por mareo o presionándolos ligeramente con los dedos. En tal caso, el mundo parecerá estar girando o saltando, es decir, en movimiento.

---

<sup>9</sup> HARALD KÜPERS, Fundamentos de la teoría de los colores, Colección Diseño, Editorial Gustavo Gilli, 1978, págs. 23 y 24.

<sup>10</sup> MERCADO SERAFÍN DOMENECH Procesamiento humano de la información, Trillas México, 1978. Pág43.

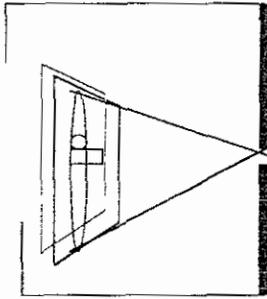


Fig 1 Una cámara fotográfica reduce una escena tridimensional a una imagen de dos dimensiones, la imagen que se forma en el fondo del ojo también es bidimensional.

anterior habla con claridad de la naturaleza de la percepción temporal y de la integración del movimiento.

marco visual como un todo.

bson hizo algún experimento al respecto.

cambios subjetivos del movimiento mediante la manipulación del contexto visual. Uno es

movimiento aparente cuando proyectamos una luz en un cuarto completamente oscuro, la luz parece merodear aunque en realidad permanece completamente fija

fenómeno del tren, cuando estamos en la ventana del mismo, que parece que se está moviendo cuando el que se mueve es el de junto.

de la luz que rodea el marco, lo que se mueve es el marco y no la luz aunque parece lo contrario. Una luz sobre una rueda en la luz se percibe como una luz de curso ondulante.

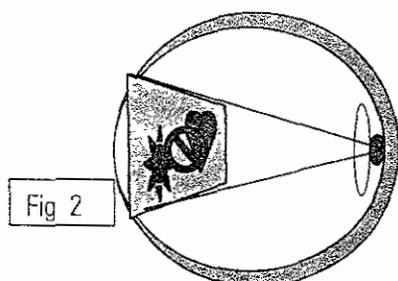
Estos experimentos nos dan idea de la percepción del movimiento, y por lo tanto, la integración temporal de la experiencia constituye un fenómeno altamente estructurado. La percepción holográfica es como la realidad, de ella se pueden extraer diferentes facetas de su temporalidad.<sup>11</sup>

### 1.1.1 COMPARACIÓN CON NUESTROS OJOS Y LA EMULSIÓN HOLOGRÁFICA.

#### *Concepto del ojo.*

La luz llega a nosotros y es captada por el ojo a través de la córnea y la pupila por una apertura variable llamada iris que regula su intensidad, se sirve de una lente llamada cristalino para formar una imagen nítida y también de una superficie sensible, la retina, para registrarla. La luz láser llega a la placa holográfica, la traspasa, pasa a través de ella y rebota con el objeto reflejando la luz y posándola de nuevo en la placa sensible, pasa dos veces sobre la placa para crear la imagen holográfica.

Quizá el único parecido que existe en el ojo y la holografía es la placa de registro. La



El ojo adecua su respuesta a la luz, a la situación ambiental, pero la película es de una sensibilidad fija y es menos que la del ojo.

visión está en parte controlada por el ojo y en parte por el cerebro, esto permite ver sólo lo que interesa, prescindiendo del resto de la información. Esta selectividad elimina los elementos destructivos pero la cámara no puede hacer esto. Y capta todo lo que importa y lo que no. Por ello hay que explorar el campo del visor y cambiar el punto de vista si

<sup>11</sup> MERCADO SERAFÍN DOMENECH Procesamiento humano de la información, Trillas, México, 1978. Pág. 41

parece algo indeseable. El ojo raramente produce una imagen desenfocada, si se levanta la vista del libro y se dirige hacia la ventana, todo sigue apareciendo nítido porque el ojo se enfoca automáticamente.

La escena en que el ojo vé está limitada sólo por la atención, ya que el ojo se mueve continuamente de un punto a otro. Una cámara fotográfica reduce una escena tridimensional a una imagen de dos dimensiones; la imagen que se forma en el fondo del ojo también es bidimensional, pero percibimos las dimensiones porque el cerebro sintetiza la información procedente de los dos ojos que contemplan la escena desde dos puntos de vista ligeramente distintos. Interpretando precisamente las diferencias entre las dos imágenes debidas a tal separación. La distancia también puede estimarse a partir de la posición relativa de los objetos y de la forma en que cambian con el punto de vista si nos desplazamos a lo largo de un escenario los objetos cercanos parecen mudar su posición más que los lejanos.<sup>12</sup> Esto mismo sucede en la holografía. Si yo tengo un holograma y lo muevo o lo vinculo a través de la mirada, entonces yo percibiré en él los planos, superficies y fondos escondidos o que estaban sobrepuestos, detrás de los mismos y que al mover la placa se revelan.

### **1.1.2 La sensibilidad del ojo y la sensibilidad de la emulsión fotográfica.**

El ojo adecua su respuesta a la luz, a la situación ambiental, pero la película es menos sensible (ver figura 2), los colores se ven con más brillantez con una luz fuerte, mientras

---

MERCADO SERAFÍN DOMENECH Procesamiento humano de la información. Trillas, México, 1978. Pág. 42

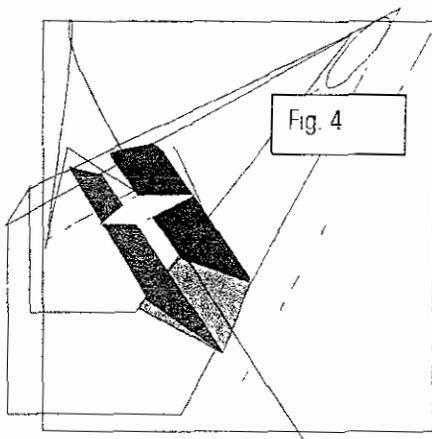
que a la luz de la luna, por ejemplo, todos son matices del gris, en cambio la retina es capaz de habituarse en la obscuridad, aumentando su sensibilidad a la luz cientos de veces. La película tiene una sensibilidad fija pero a diferencia del ojo acumula luz, lo que le permite registrar escenas muy oscuras aumentando la exposición. La película exagera los contrastes entre las partes claras y oscuras del sujeto. El ojo es capaz de percibir con igual detalle el exterior luminoso, que el interior en penumbra de la habitación que se observa. La película, sin embargo, es incapaz de enfrentarse a un contraste semejante y obliga al fotógrafo a escoger entre el interior y el exterior, si expone bien para el primero el exterior quedará casi blanco, si es este el que le interesa, habrá de dejar que el interior se vea negro o casi negro. Puede hacerse una estimación de la respuesta de la película mirando a través de los párpados entornados (casi cerrándolos). La película no tiene ni la sensibilidad a luz de la retina, ni un cerebro que interprete lo que ve, ni tampoco puede enfrentarse a los contrastes que enfrenta el ojo. (En este texto habría que tomar en cuenta lo que sucede con las cámaras de vídeo donde se cuenta con un dispositivo para aumentar o disminuir manual o automáticamente la sensibilidad de la cámara). Por ello las películas se fabrican de diferente sensibilidad. Las más sensibles necesitan menos luz para registrar una imagen y las menos sensibles más.

## 1.2 La tercera dimensión

La perspectiva es el modo en que los objetos del espacio real tridimensional son reproducidos en forma de imágenes sobre un plano. En las fotografías, la perspectiva es, en cierto sentido, una ilusión, pues las sensaciones de profundidad y de espacio se logran por una serie de principios de la perspectiva relacionados con la visión, la óptica la geometría y algunas características físicas de los objetos y del aire.

ando con una cámara se realizan fotografías de sujetos tridimensionales, siempre se  
a perspectiva. Esta última cambia según la posición o punto de mira de la cámara. En  
da posición concreta, al modificar la distancia focal del objetivo no varía el punto de

la perspectiva es, en cierto  
sentido, una ilusión, pues las  
sensaciones de profundidad  
y de espacio se logran por  
una serie de principios de la  
perspectiva relacionados  
con la visión, la óptica, la  
geometría y algunas  
características físicas de los  
objetos y del aire



mira real, pero puede modificarse el punto de mira aparente en la imagen final. Pero  
cuando se cambia la distancia focal del objetivo se suele variar también la posición de la  
cámara, lo cual modifica la perspectiva.

Los artistas aprenden los principios de la perspectiva que les ayudan a dibujar escenas  
que muestran una perspectiva creíble. Puesto que la cámara fotográfica proporciona la  
perspectiva automáticamente, podría creerse que no es necesario aprender estos  
principios. Sin embargo, si el fotógrafo los conoce y los aplica con inteligencia, sus fotos  
mostrarán una buena reproducción de la conformación del sujeto y darán al espectador  
una sensación correcta de volumen, espacio, profundidad y distancia cuando la observe.  
Además, el fotógrafo podrá ampliar o comprimir la sensación de espacio y distancia de  
acuerdo con los efectos voluntarios que desee, así como comunicar un notable sentido de  
escala en sus fotos. Esta situación es más radical para el holografo ya que el proceso  
mismo de la profundidad esta implícito en la emulsión. Aquí habría que tomar varias  
medidas:

- a) Un ángulo por medio del cual se le dé mayor importancia que a los demás.
- b) Tener clara la manera en que será visto el sujeto u objeto en diferentes ángulos.
- c) La profundidad en los fondos y de qué manera se moverá este cuando el holograma sea visto en otro ángulo.
- d) Los valores que se emplearán en el primer plano y como estará ligado con los demás.
- e) Cuándo se tome una fotografía o varias ¿de qué manera será mejor tomarlas para sacarle mayor provecho?
- f) Tomar en cuenta las características propias de la imagen original holográfica.

### 1.2.1 Profundidad en la visión.

Prácticamente todos los objetos que se perciben poseen tres dimensiones. Las dos primeras son, la longitud y la anchura, da un plano con área. La tercera dimensión define el volumen o profundidad. Los objetos se hallan en el aire, normalmente con una distancia o espacio entre ellos. El mecanismo de la visión humana funciona de manera que las superficies, los volúmenes y sus distancias puedan ser percibidos con claridad.

La sensación de profundidad se produce principalmente porque:

- Existe paralaje entre ambos ojos.
- Cada ojo percibe el sujeto desde un punto de mira ligeramente diferente.
- Ello hace que las imágenes de las retinas sean algo distintas (las perspectivas de ambas imágenes no coinciden).
- Las señales enviadas al cerebro por las antenas retinianas muestran las diferencias y el cerebro las interpreta como percepción de la profundidad.
- Naturalmente, no somos conscientes de este hecho.
- Los objetos que percibimos parecen tridimensionales y repartidos en un mundo real.

Esto es lo que se denomina visión estereoscópica, que abarca las distancias desde el punto más cercano, los ojos pueden fundir las dos imágenes hasta el infinito

estereoscópico situado en general a unos 600 m. Esta distancia varía según las personas (algunas poseen una visión estereoscópica ilimitada) y con las condiciones atmosféricas y de iluminación. El infinito estereoscópico es la distancia a la cual las diferencias de paralaje entre ambas imágenes retinianas son inferiores al poder de resolución de los ojos.

Aunque la verdadera visión estereoscópica se mida hasta el infinito estereoscópico, la sensación de distancia no se detiene en este punto. Los objetos lejanos que los ojos pueden ver son percibidos con volumen y separación. Ello es debido a los numerosos elementos guías de profundidad que ayudan al observador a determinar el grosor de los objetos y las distancias relativas. Naturalmente, estos elementos de profundidad no comienzan en el infinito estereoscópico, sino que contribuyen a la percepción de profundidad a todas las distancias. Los principios de la perspectiva son las explicaciones de los elementos de profundidad.

Las verdaderas imágenes estereoscópicas se denominan también imágenes tridimensionales. Pueden ser dos fotografías tomadas con objetivos separados por unos 63 mm, que es la distancia interpupilar humana media. Tales fotografías deben observarse con un visor estereoscópico, en el cual cada ojo percibe la imagen. Como en la visión tridimensional del sujeto original, el cerebro compone o funde las imágenes para percibir la profundidad. Tanto el efecto de paralaje de la visión como los elementos de profundidad ayudan al espectador a ver la fotografía en tres dimensiones.

En las fotografías tomadas con una cámara de un objetivo (fotografías de dos dimensiones), la sensación de profundidad no puede deberse al paralaje de la visión estereoscópica. Solo proviene de la perspectiva de la fotografía, aportada por elementos de la profundidad, que interviene tanto en la intromisión de objetos reales como en las fotografías de estos. La holografía estereoscópica se deriva de este principio. Un requisito fundamental es la utilización de imágenes en movimiento pero que estas sean estereoscópicas (dos imágenes, una para cada ojo donde el efecto de profundidad se dará en el cerebro). En la holografía estereoscópica, la imagen se puede percibir con un

solo ojo ya que ésta y su efecto se encuentra ya en la placa.

### 1.2.2 Tercera dimensión y perspectiva

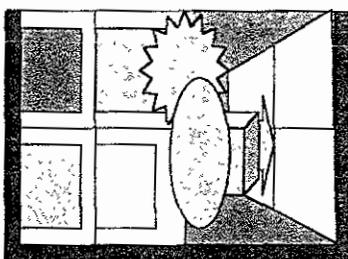


Fig.3

La holografía : Donde todo el cuadro esté transformado en una ventana a través de la cual nos parezca estar viendo la totalidad del espacio

Si Erwin Panofsky hubiera vivido hasta nuestros días quizá hubiera definido la holografía como: "...donde todo el cuadro se halle transformado en una ventana a través de la cual nos parezca estar viendo el espacio (ver figura 3)."<sup>13</sup> Un holograma es eso, una imagen vista a través de una ventana ya que en ella nos podemos asomar para ver lo que hay arriba, abajo, a la izquierda o a la derecha; o ver lo que hay detrás de los objetos, y desde luego la perspectiva.

La palabra perspectiva la define Durero como una palabra latina que significa "mirar a través",<sup>14</sup> igualmente la definición de Joan FONCUBERTA: " Sistema de representación de

<sup>13</sup> ERWIN Panofsky, La perspectiva como "forma simbólica", Tusquets Editores Traducción de Virginia Coreaga primera edición 1924-1925 Berlín. 5ª Edición 1985.

<sup>14</sup> Lange und Fuhse: Dürers schriftlicher Nachlass, 1893, pág. 319.II.Panofsky idem.

as tres dimensiones en una superficie bidimensional, merced a un sistema de líneas de fuga”<sup>15</sup>

Aún en la diferencia de conceptos, en las definiciones de perspectiva existen elementos en común que pueden ayudar a entender su aplicación en holografía y en la obra visual.

Se tendría que preguntar primero ¿se usa la perspectiva en función del concepto de profundidad en los hologramas a partir del punto de vista<sup>16</sup>, o cómo el concepto de caja espacial o perspectiva central? La respuesta sería sí. Tomando en cuenta que también un holograma es una ventana por la cual uno puede asomarse y mirar hacia abajo, hacia arriba, o a los lados. Los hologramas de ésta tesis son ventanas tapiadas por objetos que cubren la superficie y que están tapando lo que podría haber más allá, sin embargo, en ella existe “una miniperspectiva” que es factible de analizar.

Pero, siguiendo con el concepto de perspectiva en holografía, las dimensiones están dadas con respecto al haz de luz láser, o a la dirección del haz de luz, “así como en la caja oscura la dirección de la luz está dada por los conos invertidos a través del orificio *esteno* propuesto por Da Vinci y que es también la posición del punto de vista.

En holografía de reflexión simple la dimensionalidad de los objetos se toma:

“en el espacio de la profundidad inmediata”<sup>17</sup>, aquí no existe identidad ni de lugar ni de dirección, sino que cada espacio posee su peculiaridad y valor propio; el espacio visual y el espacio táctil concuerdan; las directrices fundamentales de la organización (delante –

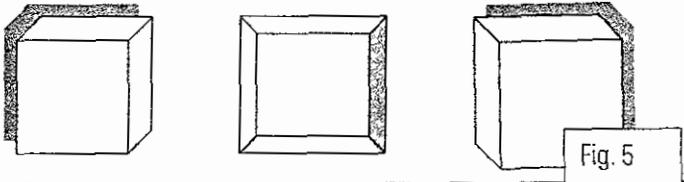
---

<sup>15</sup> FONCUBERTA Joan y costa Joan, Foto-Diseño, Fotografismo y visualización programada, 16 Enciclopedia del diseño. CEAC. Barcelona, 1988.

<sup>16</sup> Joan FONCUBERTA y costa Joan, Foto-Diseño, Fotografismo y visualización programada. Enciclopedia del diseño. CEAC. Barcelona. 1988.

<sup>17</sup> Refiriéndome a la técnica de reflexión simple que desarrollo en esta tesis, donde se trata de colocar los objetos casi por contacto como se hace normalmente en la técnica fotográfica, o en los fotogramas donde los objetos se colocan sobre el papel fotográfico, exponiéndose sobre una ampliadora. En el método de reflexión simple se utiliza un proceso similar donde el objeto se coloca después del cristal emulsionado y sensibilizado, por el cual tiene que pasar la luz láser para después de ser reflejada por los objetos se refleje en ella una vez más.

detrás, arriba – abajo, derecha – izquierda ), son espacios que se corresponden de modo diverso ).



Los hologramas de ésta tesis son ventanas tapiadas por objetos que cubren la superficie y que están tapando lo que podría haber más allá

## Capítulo II

### EL LÁSER.

- 2.1 Reseña histórica.
- 2.2 Características generales.
  - 2.2.1 Mecánica Cuántica (MC).
  - 2.2.2 Absorción de la luz y amplificación.
- 2.3 Aplicaciones del láser.
- 2.4 Posibilidad de construir un láser.
- 2.5 Medidas de seguridad.

Un láser es un aparato casi insustituible para la fabricación de hologramas porque cumple con dos premisas como ninguna otra:

Monocromática (de una sola longitud de onda, dentro del espectro electromagnético).  
Coherencia, (frente de ondas en fase, que significa que dos ondas, sus crestas y sus valles están perfectamente paralelas).

Su nombre es una abreviación formada por las siglas "light amplification by stimulated emission of radiation". ( Amplificación de la luz por medio de la emisión estimulada de radiación).

En este trabajo se utilizó un láser relleno de gas argón el cual emite una luz verdosa azulada.

## 2.1 Reseña histórica.

LA CONTROVERSIA DEL LÁSER Los primeros textos relacionados con los láseres cedían a Schawlow y Townes el honor de su invención. Esto se debía a una patente aceptada de ellos en el año 1958. Sin embargo, un estudiante recién graduado llamado Gordon Gould, reclamó la invención del láser en noviembre de 1957.

A lo largo de varios años Gould estuvo reclamando a la Oficina de Patentes de los Estados Unidos. Después de varios años de litigio y unos 6 millones de dólares de costo, la Oficina de Patentes de Estados Unidos revocó la patente anterior dada a Schawlow y Townes y la concedió a Gordon Gould. Él disfruta actualmente de los derechos de patente procedentes de las compañías fabricantes de láseres.

Estos fabricantes se encuentran bastante enfadados, de forma justificada, ya que después de haber estado pagando los derechos de la primera patente durante 17 años, ahora tienen que pagar los correspondientes a otra patente. En cuanto a Gould, éste retraso en la concesión le ha beneficiado bastante debido a que ahora una patente por el láser es mucho más rentable que a principios de los años sesenta debido al mayor número de fabricantes y de láseres en el mercado.

A pesar de todos estos cambios en cuanto a la paternidad del láser, la primera persona que construyó de hecho e hizo funcionar un láser sigue siendo Theodore Maiman.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Algunos conceptos fueron sacados del texto de Vicente Aboites, El láser, La ciencia desde México 105, pág. 90 Otros fueron sacados de WATSON J, Optoelectrónica, Limusa, México, 1983 tr. Villagómez V. Hugo. pág 149.

## 2.2 Características generales.

El láser argón esencialmente consiste en un tubo de descarga de gas cercano a los setenta cm. de largo, de los cuales sus dos puntas están cercadas por tapones fusibles de cuarzo, que se encargan de hacer más crítica la longitud de onda del haz de luz. Sus caras están hacia dos espejos dieléctricos. El tubo resplandece de un azul fuerte cuando el gas es energizado por una corriente pulsante eléctrica, la energía de los átomos ionizados se incrementa uno o dos niveles de energía eléctrica que caracteriza los átomos neutrales del gas argón.

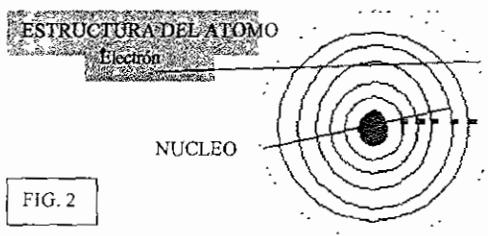
La descarga eléctrica bombea los átomos a un estado de excitación. Posteriormente después de un corto tiempo los átomos espontáneamente caen a un estado de energía menor cada uno a su tiempo simultáneamente emitiendo un cuanto o un pulso de luz. El color de la luz emitida varía de acuerdo con la cantidad de energía liberada durante la caída. Unos cuantos o fotones de relativa menor energía aparecen rojos, al



incrementar la energía aparecerán amarillos, verdes, azules, etc. Ocasionalmente un cuanto de luz que ha sido liberado espontáneamente de un átomo excitado encuentra a otro energizado.

### 2.2.1 Mecánica cuántica (MC).

La teoría de la MC fue postulada por Max Planck en el año de 1900 para resolver una serie de problemas en la física clásica. Sin creer Max Planck en la existencia física de los paquetes energéticos dió como resultado una nueva física llamada mecánica cuántica.



Niels Bohr propuso un modelo atómico en el cual los electrones únicamente pueden encontrarse en un número discreto de órbitas alrededor del núcleo; para que un electrón pase de una órbita a otra debe emitir ( o absorber según el caso) un cuanto de energía. Así Bohr sintetizó con su modelo los resultados experimentales de Rutherford (Sistema Atómico parecido al sistema solar donde los electrones son absorbidos invariablemente por el núcleo), y las propuestas teóricas de Planck (figura 2).

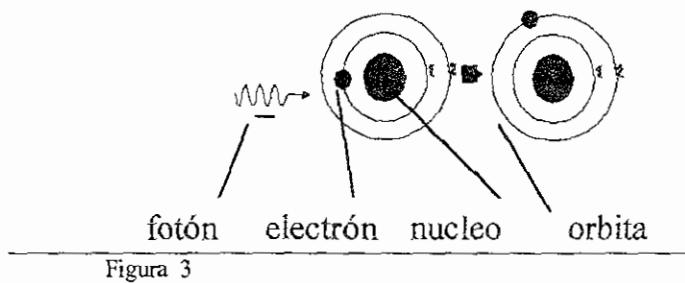


Figura 3

Un esquema como en la figura 3 nos muestra la estructura del átomo de acuerdo a la teoría de Bohr. En este ejemplo tenemos que un electrón solamente puede estar en una de las dos órbitas mostradas, a esto hay que añadir que las órbitas son niveles de energía que van de menor a mayor energía, del centro hacia las órbitas periféricas

Un electrón solamente puede estar en una de estas órbitas, si el electrón emite o absorbe un cuanto de energía igual al valor energético de la órbita superior siguiente, esta ascenderá. Si un electrón emite un cuanto del valor inferior siguiente de una órbita más baja descenderá a ésta.

Nótese que si el electrón se encuentra en la primera órbita no podrá emitir ningún cuanto de energía puesto que ya no hay órbitas de menor energía a las cuales puede descender.

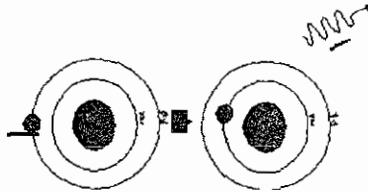
Por otra parte también debe de observarse que a partir de la última órbita, si el electrón recibe otro cuanto, éste pasará a ser un electrón libre y se separará del átomo, pues ya no hay más órbitas a los cuales pasar. Entonces decimos que el átomo está ionizado; esto es, se ha convertido en un átomo que ha perdido uno o varios de sus electrones.

Claro que la física no se detuvo aquí, las teorías fueron refutándose ha medida que esta fue avanzando.

Hay dos procesos entre el átomo y el cuanto de radiación electromagnética (fotón): uno es el de emisión espontánea y el otro es el de emisión estimulada.

Emisión espontánea cuando el electrón estando en un estado base absorbe un fotón, usa su energía para pasar de su estado base a su estado excitado (escala a

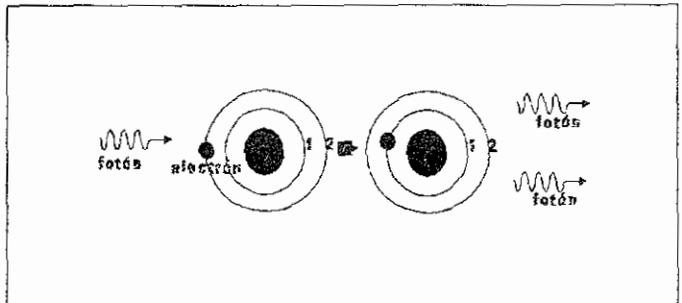
Figura 4  
Emisión espontánea



la siguiente órbita) y en un tiempo breve generalmente  $10^{-8}$  a la menos  $10^{-10}$  seg ( $10^{-8}$ ).

Pasa de nuevo a su estado base emitiendo en el proceso un fotón de = energía entre los dos estados. El fotón se emite en una dirección totalmente aleatoria.

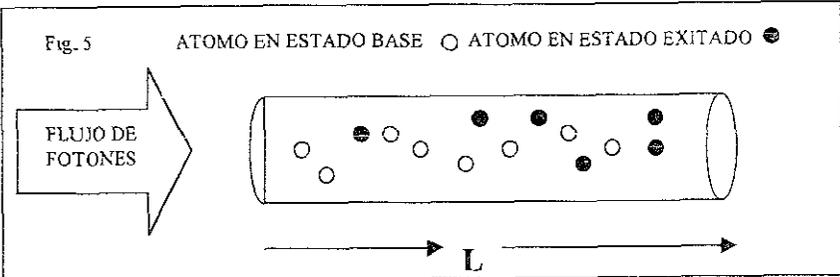
Figura 5  
Emisión estimulada



**Emisión estimulada.** El electrón se encuentra en su estado excitado, como resultado de esta interacción, el electrón pasa a su estado base emitiendo en el proceso un fotón, que tiene las mismas características de dirección y de fase que el fotón inicial. Por lo tanto decimos que la radiación electromagnética que resulta es coherente.

**2.2.2 Absorción de la luz y amplificación.**

En una cavidad cilíndrica con N cantidad de átomos por unidad de volumen N1 y N2, donde



N1 son átomos en estado base y N2 están en estado excitado. Representados por puntos negros y blancos respectivamente.

$N = N1 + N2$  Al propagarse S en el interior de la cavidad y entrar en interacción con otros que están excitados ( N2 ), ocurrirá el proceso de emisión estimulada y, por tanto, este hecho traerá consigo la amplificación del flujo inicial de fotones S.

Sin embargo, como también hay átomos que se encuentran en su estado base , al interactuar en su estado base con el flujo S, éstos quedarán excitados, ocurriendo el

proceso de absorción de fotones; por tanto, se dará la disminución de fotones en el flujo  $S$ .

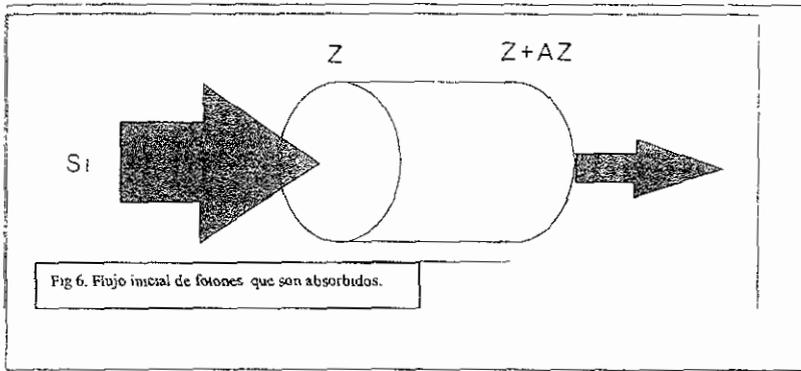
“ Si por un momento consideramos solamente el proceso de emisión estimulada, vemos que la amplificación de un flujo incidente que designaremos como  $S_i$ , después de propagar a lo largo de una distancia arbitraria  $AZ$  a lo largo de un eje  $Z$  será mayor si la cantidad de átomos excitados  $N_2$  crece. Es decir, mientras mayor sea  $N_2$ , mayor será el incremento en el flujo inicial de fotones.

Claro está, que mientras mayor sean las distancias recorridas ( $AZ$ ) por el flujo inicial de fotones, también aumentará la amplificación que el mismo sufrirá. Por tanto, si aumentamos cualquiera de las cantidades  $AZ$ ,  $N^*$ , o  $S_i$ , el incremento en el flujo inicial de fotones también aumenta.

De forma similar, si ahora consideramos únicamente el proceso de absorción, vemos que la absorción del flujo incidente  $S_i$ , después de propagarse a lo largo del eje  $Z$  una distancia arbitraria  $AZ$  (ver la figura 5) será mayor cuanto más grande sea la cantidad de átomos  $N_1$  que se encuentran en su estado base. Cuando crece  $N_1$  mayor será el decremento en el flujo inicial de fotones. Esto es, por un razonamiento análogo al anterior tenemos que el decremento en el flujo inicial de fotones será mayor cuando crezca la longitud  $AZ$  en que se propaga dicho flujo, la cantidad de átomos en su estado base  $N_1$  y la cantidad inicial de fotones  $S_i$ . Aumentando cualquiera de las cantidades  $AZ$ ,  $N_1$ , o  $S_i$ , el decremento en el flujo inicial de fotones también aumentará <sup>2</sup>

---

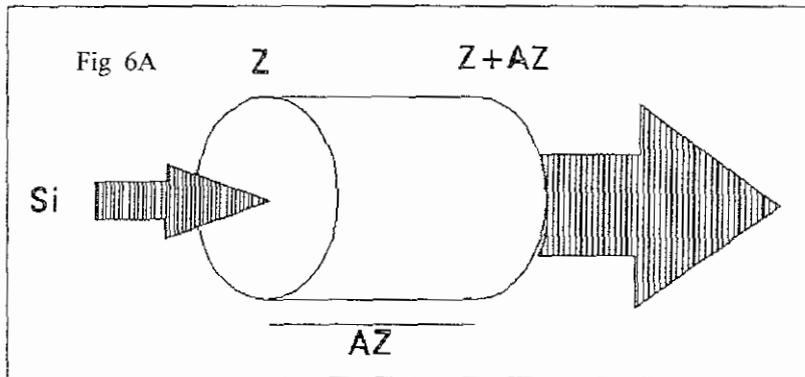
2 Aboites Vicente, 12, La ciencia desde México , 105 págs. 24 y 25



En la realidad hay que considerar los dos procesos, ya que se dan de manera simultánea. Al final el resultado dependerá de la cantidad de átomos  $N_1$  y  $N_2$  que existen en  $AZ$ .

Si las cantidades son las mismas entonces tendremos que  $N_1 = N_2$

Por tanto, tendremos que los procesos de amplificación y absorción, que su pulso inicial son iguales, por tanto, el flujo final no será ni mayor ni menor que el flujo de



fotones inicialmente incidente, entonces el cambio neto del flujo por unidad de longitud es cero. La cantidad de fotones que entran son las mismas que salen.

Por otro lado si el número de átomos excitados  $N_2$  que hay en la cavidad cilíndrica es menor que el número de átomos en su estado base  $N_1$ , el resultado promedio será de una reducción del flujo inicial de fotones. Esto es, si

## **$N_2 < N_1$**

el flujo inicial de fotones será absorbido. Ello implica que disminuye el flujo inicial de fotones "Si a lo largo de su propagación por la cavidad cilíndrica mostrada en la figura 6. Esto es, el flujo de fotones es absorbido por el medio."

Finalmente, si el número de átomos excitados  $N_2$  que hay en la cavidad es mayor que el número de átomos en estado base  $N_1$ , el resultado promedio total será de un incremento al flujo inicial de fotones. Entonces si

## **$N_2 > N_1$**

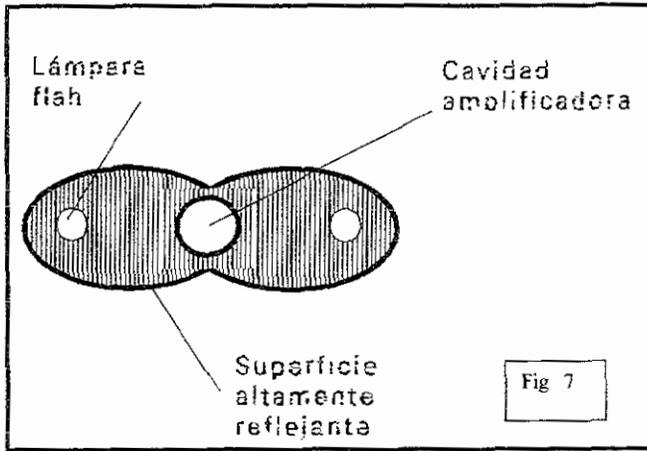
El flujo inicial de fotones será amplificado. Entonces el flujo de fotones Si se incrementa a lo largo de su propagación por la cavidad cilíndrica, mostrada en la figura 6 -A. Esto es, el flujo de electrones es amplificado por el medio.

Esto es lo esencial para entender el sistema del amplificador láser.

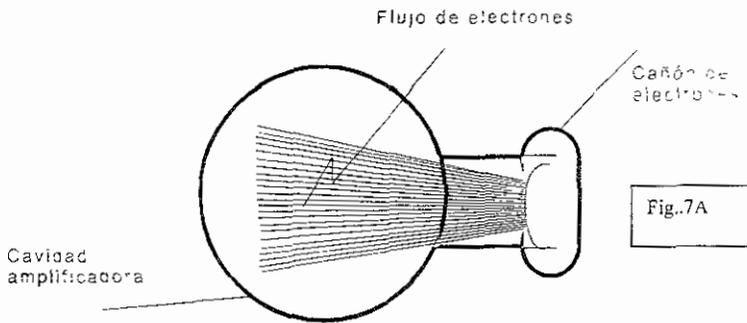
"La condición anterior se conoce como condición de inversión de población y el problema central para la realización práctica de un amplificador óptico está en cómo lograr dicha inversión de población. Es decir, el problema es conseguir que la mayoría de los átomos que se encuentran en la cavidad amplificadora pasen de su estado base que es el estado normal a un estado excitado".

Para lograr esto es necesario algún dispositivo que proporcione a los átomos de la cavidad amplificadora la capacidad de pasar de su estado base a su estado excitado. Este dispositivo se llama "SISTEMA DE BOMBEO". Los tipos más usados son del tipo óptico y el de tipo eléctrico. El de tipo óptico utiliza una serie de lámparas de destello, flash muy potentes, "Al ser disparadas dichas lámparas los fotones que éstas emiten son absorbidas por los fotones de la cavidad amplificadora, los cuales pasan de su

estado base a su estado excitado, con esto se logra la inversión de población.” (Ver figura 7).



En el caso de un sistema de bombeo eléctrico se produce una intensa descarga eléctrica a través de los átomos que se encuentran en la cavidad amplificadora, (Ver fig. 7 A). De este modo los energéticos electrones de la descarga eléctrica transfieren



por colisiones electrón-átomo parte de su energía a los átomos contenidos en la cavidad amplificadora, logrando que éstos pasen de su estado base a su estado excitado. Así se da la inversión de población.

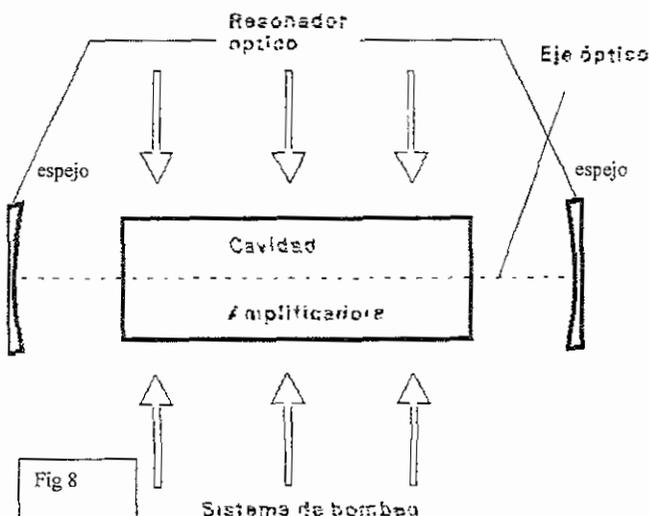
## LÁSER

LÁSER u oscilador óptico es la cavidad óptica con un sistema de bombeo, al cual se le ha colocado en sus extremos un par de espejos planos o uno de ellos ligeramente cóncavo tal como se muestra en la figura 8.

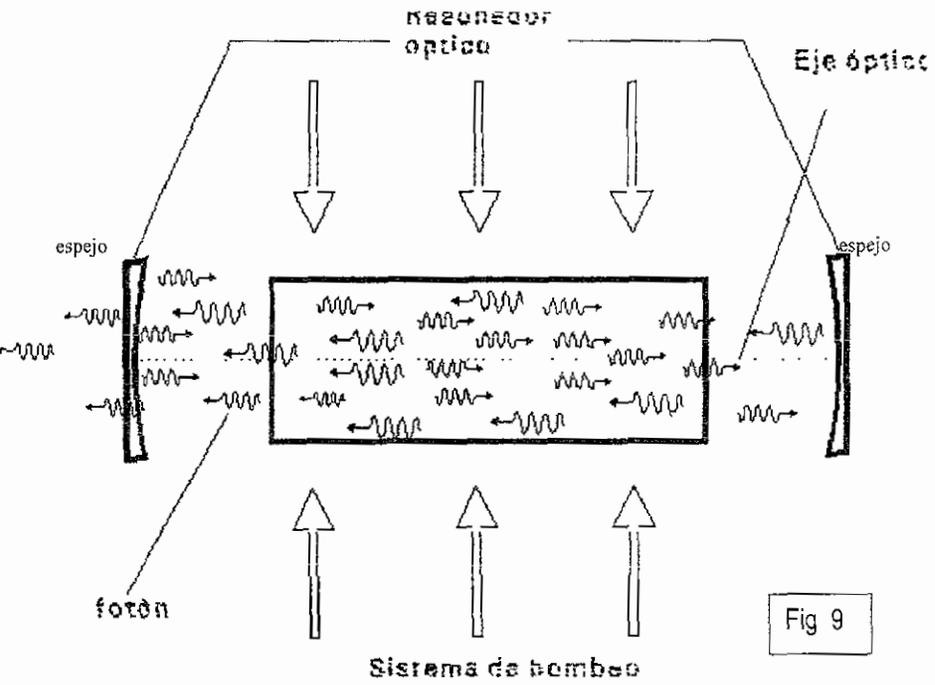
Este par de espejos ópticos paralelos recibe el nombre de resonador óptico, uno de los espejos es 100% reflejante y el otro tiene una reflectancia de un 90 %.

Para comprender qué función tiene el resonador óptico nos referiremos a la figura 9 la cual muestra un oscilador óptico inmediatamente después de que el sistema de bombeo fue disparado.

Podemos ver que cualquier fotón que sea emitido en una dirección diferente definida por el eje óptico del resonador se perderá, mientras que cualquier fotón que haya sido emitido dentro del resonador óptico será amplificado por el proceso de emisión estimulada. Inmediatamente generaremos un enorme flujo de fotones confinados por el



resonador óptico que se propaga a través del eje óptico



Si el resonador óptico no estuviera allí, después de disparar el sistema de bombeo los átomos que fueron excitados, pasarían a su estado base debido al proceso de emisión estimulada, emitiendo fotones en todas direcciones y perdiendo la energía recibida por el sistema de bombeo.

La presencia del resonador óptico nos permite extraer en forma eficiente la energía que el sistema de bombeo ha depositado en los átomos contenidos en la cavidad amplificadora. Debido a que uno de los espejos del resonador tiene una reflectancia

del 90%, esto permitirá que el 10% de los fotones que incidan allí sean transmitidos fuera del resonador óptico, formando un haz de luz intenso, monocromático (formado por fotones de idéntica energía) coherente (pues todos sus fotones están en fase, ya que fueron producidos por el proceso de emisión estimulada) y altamente direccional. Estas son las propiedades de la luz láser, que es generada por un oscilador óptico.

### 2.3 Aplicaciones del láser.

" Los láseres de rubí se han diseñado para algunas aplicaciones médico-científicas como la de obtener energía por medio de microexplosiones termonucleares que puedan ser utilizadas con fines civiles ".<sup>3</sup> Y en tomas holográficas con elementos vivos

#### *Algunas aplicaciones del láser helio-neon.*

Este láser es sin duda alguna uno de los mas ampliamente utilizados tanto en investigación científica básica como para fines didácticos o industriales que no requieran altas potencias luminosas.

En la metrología( ciencia que estudia los procedimientos de medición en los cuales el láser tiene un papel destacado), la holografía y la interferometría holográfica (estudio de la intercesión de ondas ,causas y efectos), por ejemplo, en las realizaciones de pruebas mecánicas no destructivas, para verificar el estado de fatiga de tanques de alta presión, estructuras mecánicas y llantas de avión, en dermatología para tratamientos de manchas de la piel, como estimulantes para regenerar tejidos en cicatrices. " En la alineación de cualquier sistema óptico de precisión, en el montaje del interferómetro de Michelson y para la medición de microdesplazamientos ".<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> ABOITES VICENTE. El láser La Ciencia desde México, 105 pag.46,

<sup>4</sup> Idem, pág.52.

Su uso en fotoimpresión y litográfica esta muy difundido, así como en el mercado de logotipos comerciales, en el estudio de cinética de reacciones químicas y en la excitación selectiva de estas, en la oftalmología para la fotocoagulación como en el caso del desprendimiento de retina. Se utiliza en forma irresponsable en discotecas y en laser-shows<sup>5</sup>

El láser utilizado para esta tesis es argón de 350mw de 485 nanómetros.

Algunas aplicaciones del láser de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Las altas potencias proporcionadas por estos equipos han difundido su aplicación varios procesos de manufactura.

Algunas de sus principales aplicaciones están en la industria metal-mecánica, plástica y textil. El bisturi láser, y otras aplicaciones en ginecología, proctología y odontología.<sup>6</sup>

Aplicaciones del láser de CO<sub>2</sub> dinámico. En virtud de las altas potencias que se pueden alcanzar con este tipo de láser, sus aplicaciones son limitadas a campos de la metalurgia, por ejemplo, la industria naval y aeroespacial, para el corte de placas metálicas con alta precisión y en aplicaciones militares para destruir objetivos en movimientos de tierra y aire.<sup>7</sup>

Algunas aplicaciones de láseres de semiconductores. Debido a su solidés y a sus reducidas dimensiones, estos láseres encuentran aplicación en cualquier área tecnológico-científica que demande un láser de no muy alta intensidad. Le encontramos en los sistemas electro-ópticos de comunicación con fibras ópticas, en los sistemas de lectura de los discos ópticos compactos y en los detectores de bandas llamados lectores de códigos de barras.<sup>8</sup>

---

<sup>5</sup> Idem pág.57.

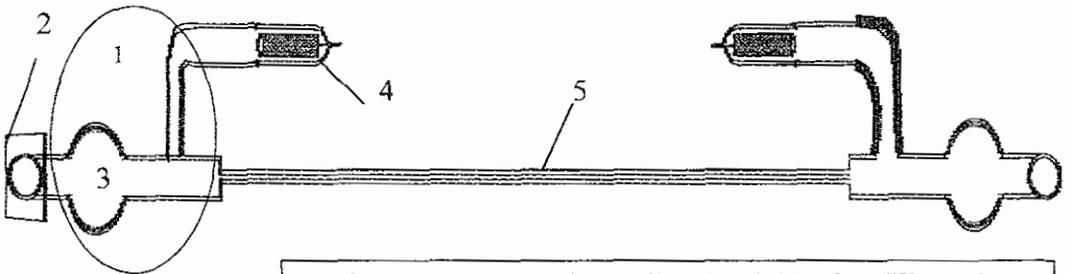
<sup>6</sup> Idem pág. 65

<sup>7</sup> Idem pág.69

## 2.4 Posibilidad de construir un láser. El láser argón.

El láser que estoy construyendo tiene como base un viejo esquema del mismo del año 69. Este láser está clasificado dentro de los láseres de gas, esencialmente consiste de un tubo de descarga de gas argón de cerca de 60cm de largo de los cuales sus dos puntas están cercadas por dos ventanas de cuarzo, de 1mm de grueso.

Sus caras están hacia dos espejos dieléctricos uno es plano y el otro es cóncavo (resonador óptico). El tubo resplandece de un azul fuerte cuando el gas es energizado por corriente pulsante eléctrica, la energía de los átomos ionizados se incrementa uno o dos niveles de energía eléctrica que caracteriza los átomos neutrales del gas argón, la descarga eléctrica bombea los átomos, a un estado de excitación. Después de un corto tiempo los átomos espontáneamente caen a un estado de energía menor cada



Tubo de gas argón para construcción de un láser artesanal. 1) La cabeza, 2) Ventana de cuarzo, 3) Codo móvil, 4) Diodos de descarga, 5) Tubo del láser propiamente dicho, dirigido hacia los espejos dieléctricos.

uno a su tiempo simultáneamente emitiendo un cuanto o un pulso de luz. El color de la luz emitida varía de acuerdo con la cantidad de energía liberada durante la caída. Unos cuantos o fotones de relativa menor energía aparecen rojos, al incrementar la energía aparecerán amarillos, verdes, azules, etc. Ocasionalmente un cuanto de luz que ha sido liberado espontáneamente de un átomo excitado encuentra a otro energizado. El resultado de este encuentro puede causar que el átomo energizado caiga a un nivel menor de energía y simultáneamente libere un cuanto o un fotón que es precisamente del mismo color del cuanto que lo estimuló. Éste es el fenómeno llamado de emisión estimulada. El fotón inicial provoca que el otro átomo excitado caiga más rápidamente que si no hubiera sido excitado, los dos fotones se fusionan y se procede a través del espacio como un tren de coherencia de ondas de luz monocromática.

El tren puede encontrar un tercer átomo excitado y simultáneamente hacerlo que contribuya con un fotón para que el paquete de energía siga creciendo. Que quede claro que las ondas del tren pueden seguir acumulando energía por emisión estimulada hasta que ésta viaje fuera del gas. (resonador óptico).

El láser de argón es un aparato diseñado para darle fuerza al continuo crecimiento del tren. Al hacerlo viajar de atrás para delante a través del gas, muchas veces, este efecto es llevado a cabo por las ventanas planas y por el par de espejos dieléctricos asociados con el tubo del láser.

Un tren ocasional de ondas de luz coherente puede viajar a lo largo del eje del tubo y hacer su camino a través de una de las ventanas, desde ahí al espejo adyacente. Si el espejo es de alta calidad óptica reflejará la mayor parte de la luz de regreso, directamente a través de la ventana dentro del tubo donde la luz acumulará aun más energía por el proceso de emisión estimulada, la luz intensificada procede a través de la ventana opuesta y el ciclo de eventos es repetido.

No toda la energía del rayo es reflejada por los espejos, espejos de perfecta reflectividad no pueden ser construidos, alguna de la energía es absorbida por los materiales reflejantes y transformada en calor. Otra porción del rayo, quizás una milésima de un 1% atraviesa estos materiales. Esta pequeña porción constituye la salida del láser.

Para crear una corriente de 15 a 20 amperios que excite al gas, debe de ser aplicada una potencia de 2000 voltios a los electrodos del tubo, los resultados del consumo de energía serán de muchos kws. Lo suficiente para calentar el tubo, justo por el punto debajo del de fusión del vidrio. El orden para prevenir el destructivo calor, el poder es aplicado en pequeños y variados espacios de pulsaciones. El tubo es energizado 120 veces por segundo, las pulsaciones persisten solamente alguna millonésima de segundo. Las pulsaciones de luz coherente son emitidas en la misma velocidad y persisten por menos de cincuenta millonésima de segundo, el rayo persiste continuo para el ojo humano, porque la inactividad relativa del proceso químico de visión, causa que cada pulso sea visto a cerca de un cincuentavo de segundo

Este aparato, hasta la fecha, lleva armado un 80% de su totalidad, (las partes metálicas como la base, alineadoras del tubo, estructuras que sostienen el mismo; de sus partes de vidrio (totalmente en borosilicato), esta terminado el tubo con sus codos, ventanas de cuarzo, diodos, parte del sistema de bombeo, parte del resonador óptico, el sistema para llenar el tubo de gas argón, con filtro purificador, manómetro, etc.

## **2.5 Medidas de seguridad con el equipo.**

**PRECAUCIÓN EN EL MANEJO DEL LÁSER.** El elemento más peligroso de un láser es su fuente de alimentación de alta tensión. Un láser de 5 mw está considerado como de baja potencia y es relativamente seguro. Hemos de recalcar la palabra relativamente en la frase anterior. Con respecto a la piel, un láser de 5 mw es completamente inocuo, por tanto, no tiene que preocuparse si alguna vez toca el brazo o la mano. Sin embargo, los ojos son mucho más sensibles y pueden verse afectados por la incidencia de un haz láser, incluso de tan baja potencia, sobre ellos. El Instituto Nacional Estadounidense de Normalización (American National Standard Institute, ANSI) ha publicado un informe relativo a los niveles de exposición del ojo a un haz láser. El ANSI utiliza el termino MPE Maximum Permissible Exposure, (Exposición Máxima Permisible).

El tiempo de aversión es el necesario, aproximadamente, para que una persona esquive (cerrando los ojos y moviendo la cabeza) un haz láser que incide sobre sus ojos. Este tiempo es del orden de un cuarto de segundo. Como la seguridad ocular es de extrema importancia es muy recomendable para todas aquellas personas que trabajan con láseres la lectura de la norma ANSI, especialmente de su Apéndice A, Láser Safety~ (Seguridad en láseres), pero mientras tanto incluimos en esta sección un repaso a los puntos más importantes.

El haz de salida procedente de un láser de HeNe, entre 1 y 5 mw, tiene suficiente potencia para estar muy por encima del nivel MPE. Por tanto, en ningún momento deberá mirar directamente hacia el orificio de salida de un haz láser sin expandir. Esta situación cambia de forma importante si abrimos el haz. Por ejemplo, considere un haz láser de 5 mil volts expandido, por medio de una lente, hasta un haz de un diámetro de 20 centímetros; este haz es bastante inocuo para el ojo. En principio podríamos considerar que 5 mw no parece demasiada potencia, pero el daño producido sobre la retina es acumulativo. Así, si no tomamos precauciones para

evitar que el haz láser, o una reflexión del mismo, incida sobre nuestros ojos, podremos tener problemas de visión cuando pase un cierto tiempo

## **CLASIFICACION DE LOS LÁSERES**

El gobierno de los Estados Unidos clasifica los láseres en función de su potencia de salida. (Esta clasificación ha sido adoptada por todos los demás países del mundo; por tanto, aunque en México no existe una normativa similar, se suele utilizar esta.)

Esta clasificación fue establecida por el Centro para la Salubridad de Equipos y Sistemas Radiológicos (CDRH, Center for Devices and Radiological Health) dependiente de la Administración de alimentos y Medicinas (Food and Drug Administration).

Todos los fabricantes de láseres o equipos que los incluyan deben seguir la normativa dada por el CDRH, pero esta normativa no afecta de forma directa a los usuarios de estos sistemas. En cualquier caso, esta clasificación puede ser útil a la hora de adquirir un láser. Entre las características del láser que nos da el fabricante está incluida la clase a la que pertenecen.

Esta clasificación se basa en la potencia de salida del láser que puede afectar a seres humanos durante su utilización normal (incluso en caso de accidente).

**Clase I.** Potencia de salida por debajo de los niveles que se han establecido como seguros.

**Clase II.** Estos sistemas no pueden superar una potencia de salida de un mw, deben

incluir una luz piloto y disponer de un obturador.

**Clase III.** La potencia de salida está entre 1 y 5 mw. Las normas para estos tipos de láseres serán similares a las de la Clase II, con la única diferencia de la etiqueta donde se indica su clase. La mayoría de los láseres de HeNe están en este grupo.

**Clase IV.** Potencia de salida entre 5 y 500 mw. En ningún caso su potencia podrá superar los 500 mw y deberán incluir un piloto luminoso, obturador de salida, conmutador de encendido y apagado, capacidad de conexión y desconexión a distancia y, desde el momento en que se conecta el interruptor hasta que comienza la emisión de luz, deben transcurrir algunos segundos. Pueden producir daños en la piel y los ojos.

**Clase V.** Estos sistemas tienen una potencia de salida superior a los de la Clase IIIb. Los dispositivos de seguridad de esta clase son similares a los de la Clase IIIb

Teniendo en cuenta el tipo de láseres utilizados en este libro, el único peligro a considerar será la incidencia del haz sobre los ojos (no hay problemas de quemaduras en la piel). El Instituto Nacional de Normatización Estadounidense (ANSI, American National Standards Institute) ha establecido unos niveles de potencia y unos tipos de láseres con respecto a la seguridad de las personas que se encuentren en su entorno. En México se sigue la normatividad de Estados Unidos con todo y sus especificaciones y sus tablas de la CDRH.

## Capítulo III. LA HOLOGRAFÍA.

- 3.1 Reseña histórica.
- 3.2 El proyecto de laboratorio.
- 3.3 Hogramas de reflexión simple, descripción.
  - 3.3.1 Equipo y material necesarios.
  - 3.3.2 Las emulsiones.
  - 3.3.3 Preparación de emulsiones.
  - 3.3.4 Cuidados.
  - 3.3.5 Exposición.
  - 3.3.6 Revelado y secado.
  - 3.3.7 Cuidados y protección del holograma.
- 3.4 Experiencias personales.

### 3.1 Reseña histórica.

La holografía nació en 1947. Dennis Gabor estaba trabajando en un método para aumentar la resolución del microscopio electrónico. Pensaba obtener esta mejora haciendo un holograma de la muestra con rayos X coherentes y reconstruirlo utilizando luz visible. El resultado total sería una imagen muy aumentada en tamaño y en tres dimensiones

A pesar de que nunca obtuvo un resultado positivo, Gabor estableció los fundamentos de la holografía y fue capaz de demostrarlo fabricando un holograma de una diapositiva bidimensional. La principal limitación de los hologramas era su profundidad, debido a que en este tiempo no había fuentes luminosas coherentes. La mejor lámpara de que disponía Gabor era una de mercurio cuyo haz de salida atravesaba un filtro de anchura espectral muy estrecha y con la cual obtuvo una longitud de coherencia de un milímetro. Fue el propio Gabor quien acuñó el término holograma. Su origen proviene de las palabras griegas *holos*, que significa

todo, y *grama*, que se refiere al proceso de escribir o dibujar. El término *hológrafo* ya se había utilizado anteriormente dentro de la comunidad literaria para indicar que algo había sido escrito por la propia mano de su autor. Actualmente, el término *holograma* suele utilizarse para referirse a la *holografía* en tres dimensiones. En 1971, Dennis Gabor fue galardonado con el Premio Nobel de Física por su descubrimiento de la *holografía*.

En 1902, un científico soviético, Yuri Denisyuk, desarrolló el modo de fabricación de *hogramas* de reflexión de luz blanca. Denisyuk desarrolló el *hograma* de luz blanca de haz único (descrito anteriormente en este libro). Debido a que el proceso utilizado era similar al de Lippman, Denisyuk lo denominó *hograma* Lippman. Hoy día, para referirnos a estos *hogramas*, utilizamos indistintamente los términos de *hogramas* de Denisyuk, Lippman, reflexión de luz blanca u *hogramas* de reflexión.

En 1963, Emmett Leith y Juris Upatnieks, que trabajaban en la Universidad de Michigan, comenzaron a utilizar una nueva fuente luminosa para la fabricación de *hogramas*: el *láser*. El *láser* les permitió fabricar *hogramas* de una mayor profundidad debido a su gran longitud de coherencia, muy superior a la de las otras fuentes luminosas disponibles. Por otra parte, también resolvieron un problema que se le presentó a Gabor, el cual utilizaba un haz de referencia paralelo al del objeto. Leith y Upatnieks utilizaron un haz de referencia incidiendo sobre la placa desde otra dirección, el cual les permitía durante el proceso de reconstrucción separar las imágenes real y virtual con un mejor brillo. El tipo de *hograma* que fabricaron fue única y exclusivamente de transmisión.

Posteriormente, en 1965, Robert Powell y Carl Stetson publicaron varios artículos sobre *interferometría* *holográfica*. En 1968, Steve Benton fabricó un *hograma* de transmisión que podía ser visto con luz blanca. Por último, en 1977, Michael Foster creó un método de producción en masa de *hogramas* a un precio muy reducido.

## 3.2 El proyecto de laboratorio.

### Laboratorio holográfico en casa.

Este proyecto resultó de tres propuestas para la construcción del laboratorio holográfico, resultando el que se comenta en este texto, el que tenía más posibilidades para su realización. Las otras dos propuestas, dado el costo tan alto y en las circunstancias que vive el tesista son por lo pronto irrealizables. Por eso, el proyecto que se lleva a cabo, donde el tesista aplica sus conocimientos, es el que se comenta a continuación:

#### Ventajas

- Se necesitan gastos de espacio y equipo en un 50 %
- Se utilizará tecnología artesanal en un 50 %.
- Actualmente dispongo de un espacio acondicionado con un 95% del equipo.
- Con esto se puede producir holografía de experimentación.
- Se dispone de un espacio para iniciar el proceso y se trabaja cotidianamente.
- Sólo falta el 10 % del equipo.
- se cuenta con un láser de 350 mw.

#### Desventajas:

- Se trabaja dentro de un espacio doméstico.
- El espacio es un sótano húmedo y frío diseñado para alojar las aguas friáticas en tiempo de lluvia, no tiene agua corriente.
- cuenta con dos áreas independientes y esto no facilita la comunicación en el trabajo.

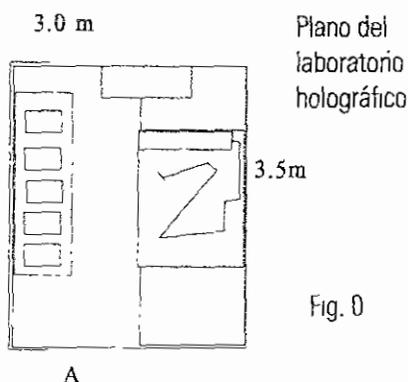
- El volúmen de obra que se realiza es según el tiempo que el tesista le puede dar.

En el proyecto se tuvieron que hacer las siguientes adaptaciones:

A) Adaptación de mesa para revelado de 2 x .70 x .80 metros.

Mesa holográfica de 1 x 1.20 x .90 metros., y es artesanal hecha con materiales como bolas de billar, pelotas de golf, directorios telefónicos, con una plataforma de cemento.

Se adecuará un laser argón de 150mw o de 350mw.



B) Taller para el diseño de objetos tridimensionales, se cuenta con dos tornetas para el mismo uso, estiques, cuchillas, y algunos otros materiales. Es factible utilizar barro en vez de plastilina. Existen espacios aislados para el almacenamiento de material sin exponer y de material procesado.

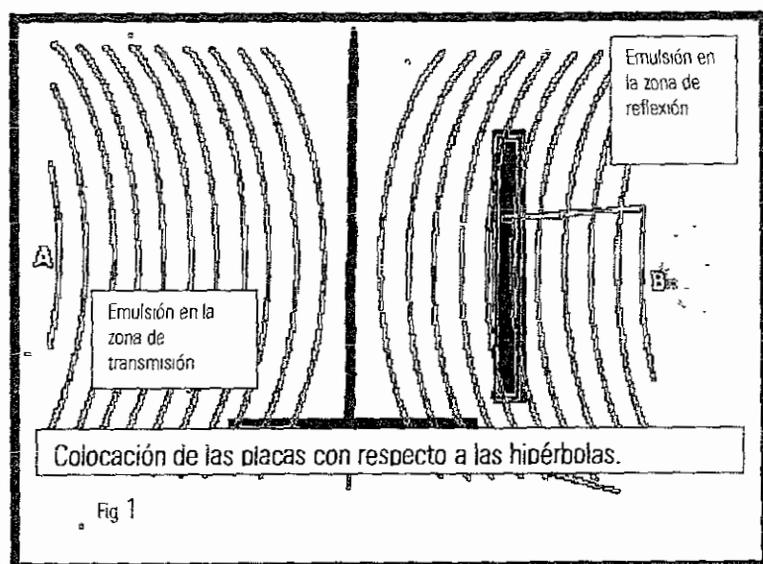
(VER ANEXO 9 Materiales y equipo del laboratorio holográfico).

### 3. 3 Holograma de reflexión simple.

#### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE FABRICACIÓN

Un holograma de reflexión simple es el proceso por el cual se obtiene una imagen tridimensional, holográfica, con el método más sencillo.

Anteriormente se ha preparado el terreno para hacer hologramas. Se comenzará ahora con la holografía de simple haz y su montaje sobre la mesa antivibratoria (fig. 8) Estas notas hablan de lo que funciona y lo que no funciona, y lo que es más importante, lo que hay que hacer para que las cosas funcionen. Ya sea necesario cambiar el tiempo de exposición, un componente óptico ó el cociente de un divisor de haz.



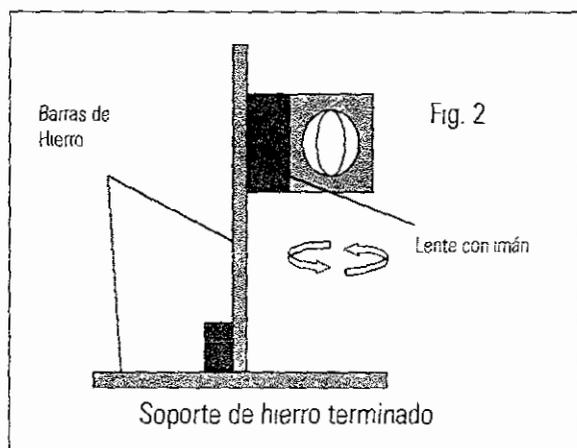
## HOLOGRAMA DE SIMPLE HAZ DE REFLEXION.

Hay dos tipos de hologramas de haz simple en cuanto a su método de fabricación:

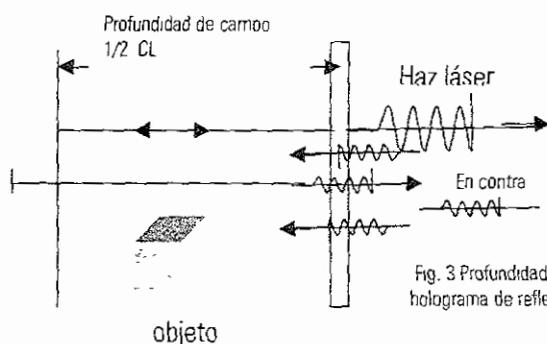
El holograma de reflexión y el holograma de transmisión.

Un holograma de reflexión es cuando los rayos de luz se proyectan perpendicularmente

a la placa holográfica. (Ver fig. 1).



Un holograma de reflexión de haz simple puede ser observado con luz blanca. Si dispone de la placa metálica de 30 x 30 centímetros colóquela al final de la mesa, ello nos permitirá ensayar distintas situaciones con los componentes y facilitará la colocación de la placa holográfica al eliminar la placa metálica de soporte. Los soportes magnéticos fijarán por ellos mismos la placa holográfica a la placa metálica de base. Los componentes que se sitúen en esta zona de la mesa sólo precisarán

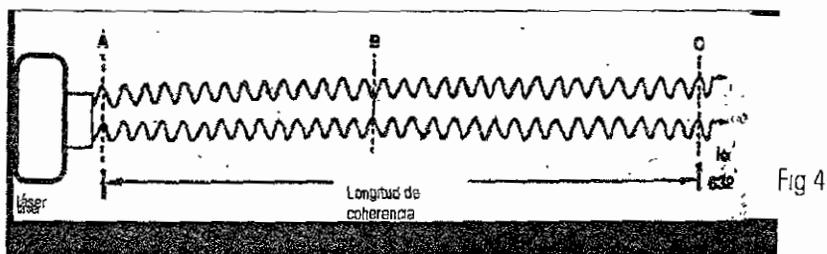


del soporte en forma de T invertida. (Ver fig. 2).

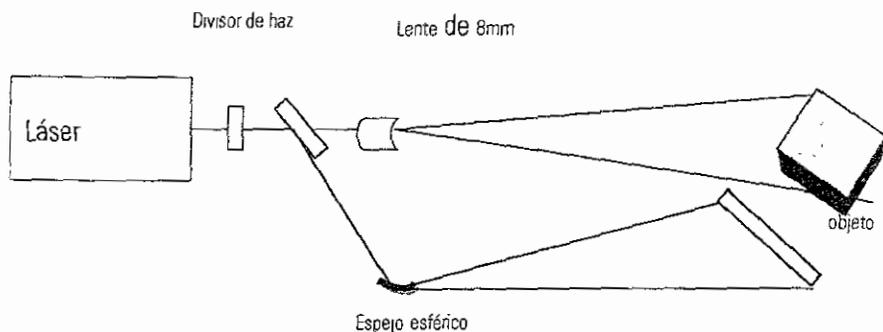
Antes de continuar con la descripción es necesario explicar algunos conceptos:

Profundidad de campo y longitud de coherencia.

Los hologramas de reflexión de haz simple presentan el problema de la pequeña profundidad de campo que puede holografiarse de un objeto situado detrás de la placa holográfica. Esta distancia es aproximadamente la mitad de la longitud de



coherencia del láser. Para un láser de HeNe de baja potencia (0,5 mW - 5,0 mW, la longitud de coherencia está entre 15 y 25 cm, lo cual nos da una profundidad de campo entre 7,5 y 12,5 cm). (En mi láser de gas argón es de aproximadamente de

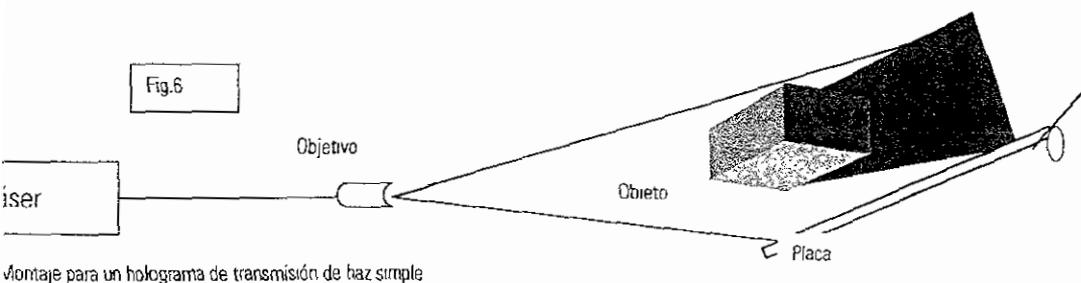


Montaje sencillo de holografía de reflexión con haz dividido

5cm) en la Figura 3 puede verse un esquema en el que *Sombra* profundidad de campo que puede obtenerse con este montaje.

La longitud de coherencia es un parámetro que nos indica la distancia en la cual la luz continúa siendo coherente consigo misma al tomar dos frentes de onda distintos. Para ver esto con más claridad ver la Figura 4 (interferencia). La luz del láser incide sobre la placa y atraviesa su emulsión (recuerde que la emulsión es transparente).

La razón por la que la profundidad de campo es la mitad de la longitud de coherencia, es que al recorrer, en un viaje de ida y vuelta, dos veces la distancia hasta el objeto: primero atravesará la placa hasta el objeto, luego se reflejará en él y por

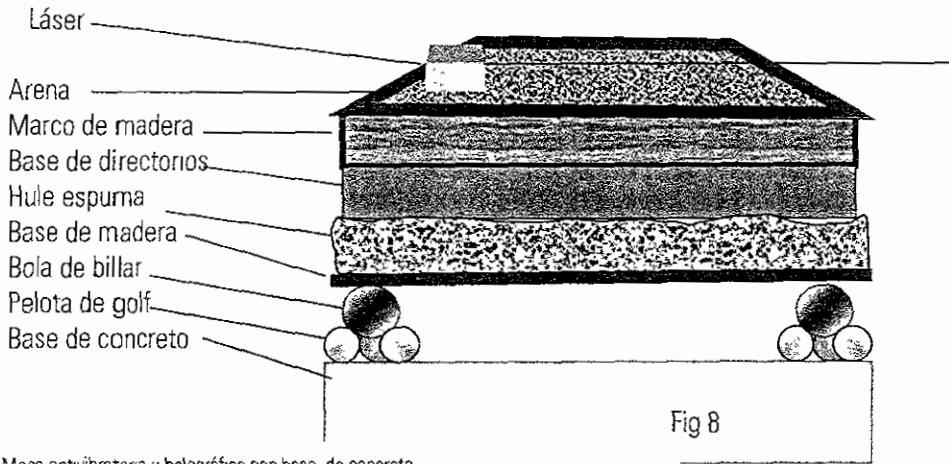


Montaje para un holograma de transmisión de haz simple

último, volverá de nuevo a la placa holográfica. Por tanto, la distancia recorrida es dos veces la profundidad de campo.

La figura de interferencia se produce al encontrarse la luz reflejada desde el objeto y la luz que incide sobre la placa.

Deberá colocar el objeto completamente dentro de esta profundidad de campo preferiblemente tan cerca de la placa como sea posible, para producir un holograma con la mejor calidad. (Los montajes de haz dividido presentan una profundidad de campo mucho mayor), ver figura 5.



Mesa antivibratoria u holográfica con base de concreto

### HOLOGRAMA DE TRANSMISION DE HAZ SIMPLE.

Aunque la tesis trata en realidad de los hologramas de reflexión simple, se hará mención aquí de los hologramas de transmisión.

En la Figura 6 puede verse el montaje necesario para realizar un holograma de transmisión de haz simple. Consiste en que tanto el haz de objeto como el haz de referencia inciden desde un mismo lado. Observe cómo ha variado el montaje de un holograma de reflexión y uno de transmisión. Normalmente un holograma de transmisión se ve proyectando luz láser sobre la placa.

### 3.3.1 Equipo y materiales necesarios.

Para el mínimo funcionamiento de un laboratorio holográfico es necesario integrar el siguiente equipo:

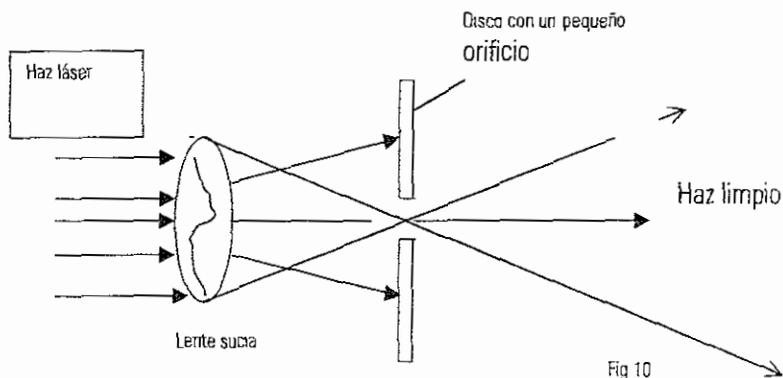
Mesa antivibratoria, de un formato de 120x100cm, la base de bolas de billar con amortiguación de hule espuma y superficie de arena, equipo láser de argón, del tipo IIIb potencia de 300mw a 480 nanómetros de longitud de onda con fuente y ventilación acoplada dentro de laboratorio. (Ver la fig. 8 y anexo 9).

Herramientas:

Estructurales: Imanes de diferentes tipos para diferentes ensambles, 5 barras de hierro de 2x10x0.3 cm; 5 de 2x15x0.3 cm; y 5 de 2x20x0.3 cm.

Pantallas de cartón de 10x15 cm y 15x20 cm 2 de cada una, color negro.

Base bloqueadora de luz (obturador), plastilina, gato elevador, 5 charolas de vidrio uso revelado fotográfico para material de 11x14 pulgadas, un termómetro para laboratorio de -10 grados a 110 grados centígrados, 2 probetas de vidrio con capacidad de 500 ml, Una pipeta de 1ml, dos jeringas desechables de 3ml,



secadora de pelo. secador de papel fotográfico.

Óptica:

Filtros espaciales (ver figura 10), lentes simples de diversas características, lente objetivo de microscopio de 8 mm, o en su defecto una lente convergente de un láser CD de deshecho. Un espejo cóncavo de un valor similar al objetivo de microscopio.

Material:

Placa emulsionada con gelatina dicromatada de 10x8cm, agua destilada 500ml endurecedor Kodak parte "b" del fijador rápido, fijador rápido, alcohol isopropílico, papel secante, guantes de hule, líquido humectante (photo-flo).

### **3.3.2 Las emulsiones.**

Son aquellas sustancias que se incorporan en un sustrato y con las cuales la superficie se vuelve sensible a la luz (en el caso de las emulsiones fotográficas). En holografía se utilizan diferentes tipos de emulsiones. Los componentes de éstas son: la gelatina, la plata, el dicromato de amonio. (Ver anexo 3).

Los principales fabricantes de emulsiones Holográficas son las compañías Kodak y Agfa-Gevaer estas desde luego están constituidas por haluros de plata que son los grupos de más alta sensibilidad en el mercado.

"En general, el campo de interferencia holográfica es capturado en película holográfica. La película holográfica difiere de la película fotográfica sólo en que los granos de haluro de plata son del orden de unos cuantos nanómetros, en comparación con los micrómetros que miden los granos de haluros de plata de la fotografía normal. Esta película es bastante insensible a la luz pero tiene la propiedad de registrar los finos detalles inherentes a un campo de interferencia. La película expuesta es procesada en

forma parecida, aunque algo más elaborada, a la película ordinaria, a fin de hacer permanente la interferencia holográfica. Existe un equilibrio que es necesario obtener entre el brillo y la resolución de la imagen. Esta etapa es crucial si a partir del holograma han de efectuarse mediciones de alta resolución<sup>1</sup>

Cualquier otra emulsión llega a ser todavía mucho menos sensible que esta última de plata.

Si tomamos como referencia la película preparada con bicromato de amonio (GB) nos daremos cuenta de que es menos sensible que la película de plata y que su preparación es también más sencilla que la primera, pero el procedimiento de exposición y revelado es mucho más difícil por la cantidad de variables que existen en el desarrollo.

### **3.3.3 Preparación de emulsión de gelatina dicromatada (DG).**

Consta de varios pasos a la vez; los que integrados permiten la obtención del holograma. Estos son:

Los pasos a seguir en la fabricación de éstas:

Cortado, lavado, secado, emulsionado, secado, sensibilizado, secado.

Cuidados de las mismas.

#### **Las placas Holográficas.**

Según la receta utilizada en el Centro de Investigaciones en Óptica.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> | WATSON J., *Optoelectrónica*, Limusa, México, 1983 tr. Villagómez V. Hugo Pág. 149.

<sup>2</sup> Paralelamente a este análisis retomé en la práctica el siguiente método y que me funcionó como un factor práctico para luego desarrollar el proceso definitivo. No confundirlo con el que se describe fuera de este pie de página. Métodos químicos para procesar emulsiones holográficas. Emulsión de dicromato de amonio con placas ya emulsionadas. Partiendo de placas holográficas argentinas de la marca Kodak artículo escrito por Luis Escobar A. Y Manuel Fernández G. Universidad Autónoma Metropolitana- Ixtapalapa. Laboratorio de Óptica Cuántica.

Preparación del blanqueo de la emulsión

1. Remojar en fijador fotográfico normal 10min

### Preparación de placas.

1. Remojar las placas de vidrio en jabón neutro
2. Lavar en agua corriente  
(Temperatura entre 20 y 33° C). 5 min.
3. Remojar en agua destilada y secar 10min
4. Secar al aire evitando el polvo 10min

### PREPARACIÓN DE UNA EMULSIÓN DE BICROMATO CON GELATINA PARA HOLOGRAFÍA.

Gelatina: Grado bacteriológico (GB), o en su defecto gelatina de 250 blums.

Bicromato de amonio de preferencia ( B G).

- a).- Gelatina (GB) 2gm. x (agua 50ml.)  
dicromato.

---

sin endurecedor

2. Lavar en agua corriente  
(temperatura entre 20 y 33° C.) 5 min.
3. Remojar en fijador fotográfico  
con 3.25% de endurecedor 10min
4. Lavado en agua corriente 10min
5. Enjuague en agua destilada 5min
6. Enjuague en Photo-flo (una  
gota por 500mm). 30s.
7. Escurrir y secar a temperatura  
del cuarto.
8. Remojar en una solución de  
Bicromato de Amonio saturada  
en agua y diluido en proporción  
de 10 a 1, 0.5% Photo-flo. Roja 5min
9. Escurrir y secar a temperatura  
del cuarto.

0.8% en gelatina (gelatina 2g). (100mls. de agua).	2% en agua. 2grs. para 100g.
---	---------------------------------

b) Gelatina (GB), / área emulsionada = 0.05= 15.5 x 12. 1( Area) =

187.55 x 0.05= 9.37ml.

c) Gelatina sola 9.37 ml.

6. Nivelar superficie a emulsionar.

7. Aplicar la emulsión dependiendo del área de trabajo.

Cuando la placa a emulsionar es grande (una placa de mas de 25 x20 cm ) se recomienda calentar la placa, aplicar la emulsión y no dejar que esta se cuaje , el cuajado demasiado rápido afecta las superficies emulsionadas. Es aconsejable meter la placa emulsionada a un horno que tiene la característica de calentarse con un par de focos de 25 watts. El secado se efectúa en ocho horas

8. Dejarla secar cubriéndola del polvo en un lugar en penumbra ya que la emulsión incrementará su sensibilidad a medida que se vaya secando.

### 3.3.4 Cuidados.

Almacenar separando cada una de las placas. Si estas fueron preparadas con Bicromato, tendrán que ser expuestas en las próximas 12 horas, de lo contrario su grado de sensibilidad irá decreciendo a medida que pase más tiempo, perdiendo así sus cualidades más importantes. La luz en penumbra la soporta, pero hay que cuidar de que a ésta no le dé la luz de una fuente luminosa directa.

Cuando se trata de un material que no fue sensibilizado, una vez que hubo secado perfectamente se almacena envuelto en materiales como papel semiporoso en lugar seco.

### **3.3.5 Exposición.**

Encendido de láser, alimentación de láser (consolidar estructura, imanes, material adhesivo, espejos, lentes, filtros, ubicación del láser, ubicación de los objetos a exponer y sus características:

#### **Realización del holograma.**

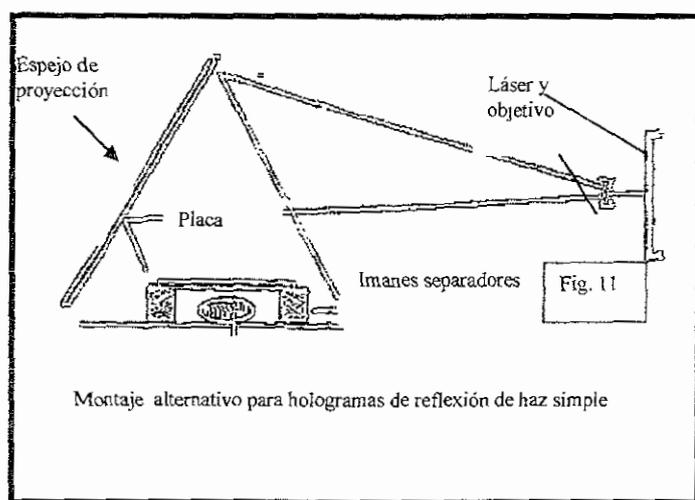
Elegir un objeto para holografarlo. Este objeto deberá ser menor que la placa holográfica, de una profundidad menor a 4cm. Se utilizará una tarjeta de 10 x 15 cms. de cartón de color negra mate, como obturador

Es mejor comenzar con un objeto que sea bastante brillante, también deberá ser rígido, algo que no se doble o que pueda moverse durante la exposición, Por ejemplo, utilizar una pequeña moneda.

Fijar el objeto para que durante la exposición no se mueva o tambalee, una de las formas más sencillas de hacer esto es colocar una pequeña bola de plastilina sobre la mesa en donde se fijará el objeto. También puede usarse, en lugar de plastilina, un producto denominado plastilina limpiatipos de apariencia similar a la plastilina, que deja menos huellas.

Las exposiciones pueden ser por gravedad o por presión:

1º Por gravedad. Los objetos a exponer se colocan sobre la base de lámina de la mesa antivibratoria, mientras que el haz de luz se manipula de tal manera con los espejos y el objetivo de microscopio que se proyecta ésta de arriba hacia abajo, iluminando al objeto a holografar. (Ver fig.11).

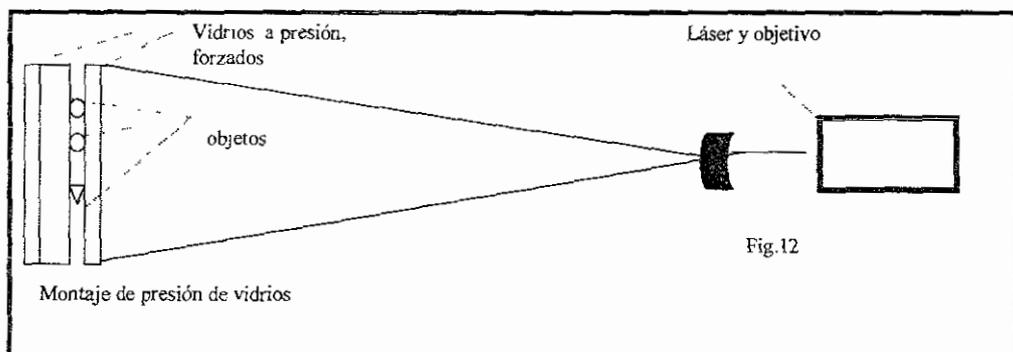


El sistema por gravedad tiende a ser menos seguro que el de presión por medio de bastidores y vidrios ya que no se tiene control de ciertos movimientos de los elementos con respecto a la mesa antivibratoria y el láser, sin embargo el sistema de imanes ayuda a la estabilidad de la exposición.

De igual manera se debe de tener cuidado con la angulosidad de la placa y los elementos con respecto al láser. Se estaría calculando 20° a 30° grados aproximadamente con respecto al láser y la placa holográfica.

Otro dato importante es que la emulsión de la placa debe de estar normalmente del lado de los objetos a exponer.

2° Presión con bastidores y vidrios. Los objetos están sostenidos por medio de dos cristales que a su vez están plegados a un par de bastidores que los sostienen y un material suave que permite levantar a los objetos incluyendo azúcar, sal, ó arena; sin que estos se muevan del lugar dispuesto.(ver fig. 12)



- Pruebas de exposición, determinar el mejor tiempo.

- Colocar objetivo de 8 mm cerca de la ventana de salida del láser. Para orientar bien el haz colocar una tarjeta blanca en el otro extremo de la mesa y variar la posición de la lente.

- Producir la iluminación más homogénea posible. Sobre dicha placa colocar una tarjeta negra detrás de la placa para facilitar el proceso, ya que dicha placa es poco reflectante.

- Fijar los soportes magnéticos en la posición que deberá tener la placa holográfica. Colocar y fijar el objeto a holografar inmediatamente detrás de la placa. Si se mira al objeto a través de la placa se verá lo que se observará. Una vez que se reconstruya el

holograma hacer los ajustes necesarios de las posiciones relativas entre la placa y el objeto para conseguir la mejor imagen. Recordar por último, mantener el objeto lo más cerca posible de la placa.

Quitar ahora la placa de pruebas, manteniendo sus soportes en la posición óptima. Colocar la tarjeta de obturación enfrente del láser para bloquear el haz. Encender la luz de seguridad y apagar cualquier otro tipo de iluminación. Esperar un minuto, aproximadamente, para que sus ojos se acostumbren a la nueva iluminación. Extraer una placa holográfica de la caja. Comprobar la cara correspondiente a la emulsión y colocar dicha placa sobre los soportes de forma que la superficie sensible quede por el lado del objeto. Levantar la tarjeta de obturación de la mesa, pero no lo suficiente como para que el haz láser pueda llegar a la placa. Mantener la tarjeta en esta posición durante el tiempo de relajación de la mesa (unos 30 segundos). Para practicar la exposición quitar la tarjeta del camino del haz durante el tiempo de exposición (aproximadamente un segundo, ver la lista que se da a continuación) y volver a tapar el haz colocando la tarjeta sobre la mesa. (Consultar el anexo 1 y anexo 2 para conocer otras propuestas de la colocación de elementos y objetos para ser expuestos posteriormente a la luz láser). En estos momentos se puede proceder al revelado de la placa.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Esta es una referencia del libro The holograms. Los tiempos de exposición para hologramas de reflexión y transmisión correspondientes a una placa 12.5 x 12.5 cm son los siguientes ( estos tiempos se corresponden con placas holográficas de Agfa modelo 8E75, plata metálica).

Láser de 5,0 mW 1 a 1,5 segundos

Láser de 2,5 mW - 2 a 3 segundos

Láser de 1,0 mW - 5 a 7 segundos

En el caso de utilizar placas holográficas mayores (4 > 5 pulgadas) con un haz láser expandido de 15 centímetros de diámetro, multiplique el tiempo de exposición por 4.

Blanqueos:

Ferricianuro de potasio.....15 gr

Agua.....1000ml.

-----  
blanqueador r9

Agua.....1000ml.

Bicromato de potasio.....9.5 g.

Ácido sulfúrico.....12ml.

### 3.3.6 Revelado y secado.

Preparación de los químicos: que consta además de determinar los valores de temperatura y el ph de cada uno.

**Endurecedor**, tiene la función de hacer más resistente la emulsión de gelatina a la humedad como a la temperatura, la proporción es de 2ml de fijador ácido por 0.2ml de endurecedor por 200ml de agua. Temperatura ambiente no más de 15 segundos de inmersión de la placa en el líquido.

**Revelador**, agua destilada 300ml a temperatura ambiente, un minuto de inmersión de las placas en el líquido.

**1º baño de alcohol**, es importante para ir desalojando la humedad de la emulsión, se usa a temperatura ambiente. 30 segundos de inmersión.

---

solución A  
agua 750ml. ....  
Bicromato de potasio ... 2.5g.  
Acido sulfúrico ... 8.0 l  
Aforar con agua..... 1000 ml.  
solución B  
Agua destilada. .... 750 ml.  
Bisulfito de sodio..... 10g.  
aforar con agua ..... 1000ml.

**1º baño de alcohol.** Se utiliza a temperatura ambiente, sin embargo, yo la he utilizado hasta 35° C haciendo que cierta cantidad de humedad se quede alojada en la emulsión.

**Secado.** Se recomienda que este se haga a temperatura ambiente , sin embargo los he secado con aire caliente logrando una imagen más definitiva, aunque con cierta tendencia a volver la emulsión lechosa.

### **3.3.7 Cuidados y protección del holograma.**

Colocar las placas secas en una caja acondicionada para mantener las emulsiones a una temperatura entre los 22°c y 24°c para estabilizar la emulsión evitando con esto que la humedad la afecte, provocando que se manche o que se debilite la intensidad de la imagen (la brillantez depende de un buen secado al 100%, que corresponde a la efectividad del reflejo de las líneas de interferencia impresas en el holograma). Dejarla dentro de la caja 12 horas continuas.

### **CONSERVACIÓN DE LA PLACA.**

Un baño de laca aplicado con brocha de pelo ó en aerosol puede ser una mediana protección temporal para un holograma , si en lugar de esto se aplica una capa de resina epóxica sobre la placa nivelada en una base de vidrio será mejor, y se asegura la permanencia de la imagen. Es importante que al aplicarla no exista polvo en el ambiente. Dejar la placa reposar durante 12 horas continuas, aislarla en un lugar cerrado.

Posteriormente después de que esta fragüe, evitar que la parte plástica quede en contacto con otro material o con papel ya que esta se pega, o se adhiere, o se deforma con el calor.

### 3.4 Experiencias personales.

Mi experiencia personal se basa en primer lugar en el espacio que he utilizado para la realización de ese objetivo que es la de habilitar un espacio como es el sótano de mi casa, (siendo un lugar diseñado para recibir las aguas friáticas y que viene siendo uno de los principales problemas a los que me enfrento en este lugar). Es un espacio rectangular de 2.80m x 2m x 1.85 de altura pintado de negro y de entrada del lado derecho se encuentra una estructura de piedra que tuvo alguna función en algún tiempo donde yo monté la mesa antivibratoria con una medida de un metro por uno cincuenta. (Ver inciso 3.2 El proyecto de laboratorio). Trabajé en ella también con la intención de montar un láser acabado y experimentado a partir de la experiencia del ingeniero Santiago Ordorica y yo, el cual ya consta de su estructura de vidrio totalmente terminada con su bomba. Está incompleto todavía el sistema eléctrico. Falta conseguir los espejos dieléctricos para el sistema de bombeo (ver figura 13) y también las ventanas de cuarzo. He trabajado ahí con dos láseres uno prestado por Jack Misrachi y el otro es el que

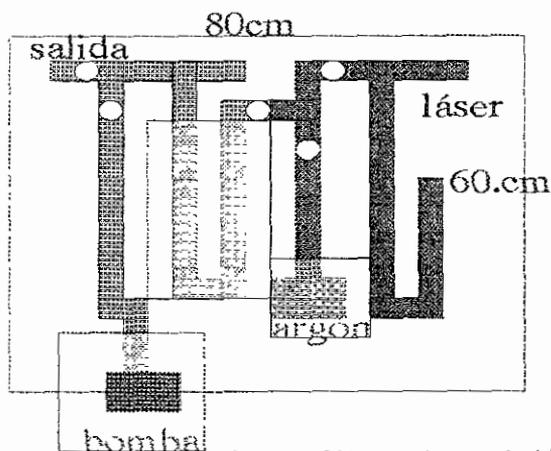


Figura 13 Sistema de inyección del láser artesanal .Esquema.

compró Rosario mi esposa en San Francisco California. Todos son, incluyendo el que

se está haciendo de gas argón, mas o menos de una potencia de 250mw. Toda la experiencia está concentrada ahí en este pequeño laboratorio un tanto artesanal y de una persona entusiasta pero carente de los medios profesionales y científicos y económicos para levantar una empresa como esta.

Su distribución es la siguiente:

#### **La adquisición del láser.**

Función del láser una vez que fue instalado bien, siempre y cuando no se este moviendo, y que su potencia se utilice en la mínima.

Los montajes que e hecho con los hologramas (ver anexo 10).

## CAPITULO IV. EL PROCESO GRÁFICO - PLÁSTICO.

### 4.1 Relación entre fotografía y holografía.

#### 4.1.1 La función original de la fotografía.

#### 4.1.2 Manipulación de la realidad (en la imagen fotográfica).

#### 4.1.3 Realidad y holografía.

#### 4.1.4 ¿Qué es el fotografismo?

### 4.2 La holografía como medio gráfico-plástico.

#### 4.2.1 La Holografía como técnica y ciencia.

#### 4.2.2. ¿Cómo debe verse un holograma ?

#### 4.2.3 ¿La holografía pasó de moda?

### 4.3 La iconografía de la holografía.

"David Bohm usa el holograma para ilustrar su afirmación de que la luz, la energía y la materia de todo el universo están compuestos por patrones móviles de interferencia que llevan literalmente la marca de todas las demás ondas de luz, energía y materia con que han estado en contacto, directa o indirectamente. En otras palabras, cada parte o ejemplo de energía o materia llevan en código una imagen del todo. Holograma: una nueva imagen de la totalidad."<sup>1</sup>

### 4.1 Relación entre fotografía y holografía

A pesar de la deficiente apreciación del impacto sensible que existe de los usos artísticos de la holografía, (la estética de la holografía), existen algunos autores que están interesados en llevar hasta sus últimas consecuencias la concepción de que la holografía representa una alternativa frente a los recursos y procedimientos tradicionales, ya que no está bien clasificada como elemento artístico. Por otro

---

<sup>1</sup> BRIGGS John, PEAT F. David, Espejo y Reflejo: Del caos al orden, Guía ilustrada de la teoría del caos y la ciencia de la totalidad. Ed. Godisa

iado hay mucha gente que ni siquiera la considera parte del proceso gráfico - plástico.

El concepto que tengo de la fotografía, es el de manipular la realidad: experimentar con las imágenes partiendo de la realidad, de la mimesis en la imagen fotográfica, partiendo de su realización y la utilización de mis herramientas y materiales.

#### **4.1.1 La función original de la fotografía**

- es la de reproducir la realidad para restituirla en imagen,
- la manipulación fotográfica de esta imagen,
- modificar el orden de representación analógica del mundo,
- subvertir el orden de la realidad por medio de su manipulación.

Moholy-Nagy vincula una imagen realista con una concepción dibujística en donde, sin necesidad de manipular la imagen fotográfica, ésta se determina con un elemento compositivo dibujístico, que no hace más que denotar un vínculo entre la idea de la concepción realista, con un objetivo específico dentro de la creación fotográfica: la de hacer que ésta se aleje de la realidad.

#### **4.1.2 Manipulación de La realidad (en la imagen fotográfica).**

En el proceso holográfico el vínculo con la realidad es una parte, en la que se cuenta con la sensación de tercera dimensión ( 3 D ), esta liga aún más la realidad con la imagen, haciendo un juego aparente con la imitación de esa realidad. Pero al mismo tiempo unifica esa realidad con la supuesta tridimensionalidad, sin necesidad de que esta tenga una real dimensión.

La holografía, análoga con la imagen de Moholy Nagy (M. N.) podría vincular un mismo concepto, pensando en que aquí la tercera dimensión provoca en el espectador una idea de la realidad que él propone, sin necesidad de que esa imagen en 3D tenga que ser parte de esa presencia, es decir, en 3D que sería el rasgo principal de la holografía.

## FUNCIÓN DE LA HOLOGRAFÍA.

La holografía es una herramienta que le permite al fotógrafo desarrollar un paralelismo entre aquella realidad al momento de procesar la imagen y esa realidad aparente que brinda el proceso holográfico.<sup>2</sup>

### 4.1.3. Realidad y holografía.

Esa fotografía abstractizada (en la que no hay manipulación de la imagen, como en el caso de las obras de Moholy -Nagy) no hay intervención de medios gráficos, aunque el conjunto sea especialmente gráfico la intención del autor parece clara; demostrar que la realidad que vemos cotidianamente " y que no se oculta ni en la imagen ni en el título, y puede ser observada desde otro ángulo que por infrecuente presenta un efecto estético de novedad y sorpresa, claro que, este vínculo de la realidad con el proceso holográfico no determina un juego con la misma. "

Dice el texto de Costa refiriéndose a la holografía. En el proceso holográfico hay efectivamente un reencuentro con aquello que nosotros pensamos que pudo haber sido parte de la realidad y que finalmente se descubre que esta pudiera haber sido efectivamente así, sin serlo.<sup>3</sup>

Que elementos podrían efectivamente vincular dentro del campo del proceso holográfico una mayor ligadura con esa coyuntura?, ¿Que desvincula la imagen de la realidad en holografía? O la pregunta sería, ¿Estoy tratando de imitar lo más posible la realidad o estoy tratando de separarla?

" Tratar de sacar de la realidad una pequeña parte de la misma, para almacenarla en el holograma, implica el reto de trascender el plano bidimensional ilusorio para que a través de una tecnología, se conserve además de la mimesis, la huella de lo real, el concepto gráfico, etc, E intentar que la huella en el espectador sea más profunda, más sorpresiva y novedosa en el desciframiento, en suma, más real que

---

<sup>2</sup> Joan Costa, *Fotografismo, comentarios acerca de las nuevas tecnologías* ed. Blume, España, pág 213.

<sup>3</sup> Joan Costa, *Fotografismo, Foto diseño*. Ed Blume, España pág. 224.

la misma realidad, que el poder de seducción del holograma sea capaz de atrapar la respuesta estética del que la observa. La holografía es un objeto que posibilita una construcción de la realidad que como toda elaboración de la realidad depende de un sujeto que la realice y la descifre, por lo tanto no puede ser más auténtica que un sujeto<sup>4</sup>

Tratar de meter la realidad en una pequeña parte de la misma, en el concepto holográfico, dentro de un sistema tradicional de representación del espacio en tres dimensiones, creando la ficción figurativa de conferir a la imagen una dimensión, que en realidad, no posee, siendo sustituida por un nuevo concepto de visión.

“ Rompen con la visión monofocal e introducen la visión simultanea del objeto como si fuera visto desde diferentes partes, lo eluden los cubistas creando la visión simultanea del mismo “. <sup>5</sup>

Tratar de guardar un parecido de la realidad a través del proceso, guardar un parecido de la mimesis, tratar de guardar un trozo de ella a través de una tecnología que permita aprisionar más de la huella, lo que seria el concepto gráfico, más allá del concepto fotográfico. Tratar de que la huella que deja la impresión sea más profunda, más intensa, más real que la misma realidad, tratando de que la imagen holográfica sea mas auténtica, aplicando de cierta manera el sentido hiperrealista y cinética (¿op-arteísta?). De lo que se está mirando.

#### 4.1.4 ¿Qué es el fotografismo?

“El fotografismo es el triunfo de la espontaneidad del gesto de la libertad de la mano como sísmógrafo de los dictados del cerebro y de los impulsos creadores los cuales se definen por la puesta en cuestión sistemática.”<sup>6</sup> Hay pues en el fotografismo una voluntad expresionista, o sea, un deseo de expresar ya no la realidad lo cual es función de un neorrealismo. Explotar la fabricación de la emulsión en cuanto a su formato, regular o irregular, en cuanto a la posibilidad de

---

<sup>4</sup> Idem Pág. 225.

<sup>5</sup> Víctor nieto A. Del cubismo a la abstracción, Ed. Magisterio Español, S. A. Madrid, pag. 4 y 5

<sup>6</sup> Joan Costa, Fotografismo, Foto diseño. Que es ed Blume, España pag. 226.

usarlo en substratos diferentes, de variar sus componentes, encontrar su densidad o darle a la emulsión la forma que se quiere.

La holografía artesanal como posibilidad de imagen totalizadora de facetas cinéticas y como un elemento que almacena una gran cantidad de imágenes que se desplazan en movimiento del espectador y como procedimiento mixto en la obra plástica en diferentes soportes.

El hiperrealismo según Costa: " es función de un neorrealismo el expresar otras realidades posibles que la imagen literal por si sola y sin ser manipulada no puede expresar; no más que la realidad. que es el ideal del hiperrealismo."<sup>7</sup>

Que se trata de expresar en esta tesis

La holografía en el caso de esta tesis trata de expresar la realidad que no se ve mas que con el corte en el tiempo que ni siquiera la fotografía podría hacer ,haciéndola más patente a través de la inserción de:

- formas escultóricas,
- relieves,
- objetos de uso cotidiano
- chaquiras, botones,
- Imágenes fotográficas que se desdoblan en otras que comparten íconos revolucionarios de objetos que a veces los tapan, o los cubren con objetos cotidianos, no los adornan; en otras aparecen como "héroes" de televisión junto con artistas de moda, buscándose un contrapunto entre unos y otros tratando de crear una parodia
- El encuentro con el efecto de perspectiva el efecto de profundidad a través de la concepción de los diferentes puntos de vista interactuando con objetos que desarrollan la imagen lineal apoyadas a través del viaje de la luz en línea recta.

---

<sup>7</sup> Joan Costa, Fotografismo, Del fotografismo al fotodiseño Foto diseño. Que es ed Blume, España pág. 200

- La ilusión holográfica, los efectos holográficos que a menudo producen la ilusión de la holografía, de un proceso en que se vincula la profundidad a través del espacio.
- Definiendo la tercera dimensión concreta a través de la profundidad visual, en particular, que la holografía logra : la abstractización<sup>8</sup> que se obtiene por diferentes procedimientos. Que lo realista parezca abstracto, la elección de un sujeto real accesible al objeto real o poco accesible o poco interesante a la percepción. Como una grieta, la percepción de una escena real, con materiales para que sea accesible a que o quien la elección, la ambigüedad de figuras reales que admiten una doble lectura, los elementos se conjuguen de modo que uno o todos produzcan el efecto gráfico de profundidad.
- Una ventana por la cual se miran objetos muy cercanos encerrados en un espacio poco profundo y que recuerdan a las vitrinas y aparadores.
- Encuadre, la ampliación del detalle, contraste máximo o supresión de la escala de grises.

### 4.3 La holografía como medio gráfico-plástico.

#### Los Hogramas de este tesista.

En holografía se suaviza el alto contraste, se trata de envolver los elementos a través de medios tonos. En holografía se tienen que reducir las imperfecciones de la luz láser haciendo que desaparezcan las líneas de intersección, por ejemplo el filtro espacial que redundará en la imagen proporcionando continuidad de valores de tonos, elimina defectos, sin la intersección de estructuras visuales que no permiten detectar la imagen directamente sino a través de las llamadas ondas de interferencia, que permitan visualizar las imágenes a través de ventanas que lleguen a ser tan dominantes al efecto de la imagen, que es sustituida

---

<sup>8</sup> La posibilidad de incorporar elementos fragmentados de fácil definición al momento de exponer, ayudan a visualizar abstracciones que solo determinan sensaciones. Idem. Pág. 201

exclusivamente por el predominio de las texturas creadas, a través del dominio de la intervención de esas ondas llamadas ondas de interferencia que reproducen la imagen (como el grano forma también la imagen en fotografía).

Dice Costa:

"Las evoluciones conceptuales del pensamiento científico artístico han cambiado muchas cosas desde que hace más de un siglo empezara a germinar el fotografismo como medio de expresión visual, notablemente crítico donde la imagen fotográfica es literalmente manipulada en busca de una fecundación expresiva. Sobre todo de un nuevo lenguaje entre los automatismos de la técnica y la libertad de la mano"<sup>9</sup>. El automatismo es como la holografía y la libertad de la mano es como la fotografía.

La opinión de un curador:

"El hecho es que un objeto insertado en un holograma da como resultado que este produzca un elemento sin que realmente sea arte".<sup>10</sup>

#### **4.2.1 La Holografía como técnica y ciencia.**

En esta tesis no solo se reproduce, se diseña el objeto a holografar, es decir que la idea está determinando los materiales que se van a manejar ya sean medios pictóricos, la instalación, la escultura o la gráfica, así como todo tipo de objetos tridimensionales que formarán la holografía.

El fotógrafo utiliza la imagen ya existente y la hace suya, ya sea en el teatro o en la realidad, pero la toma de esa realidad y la firma como si él la hubiera creado. Como si esta no existiera independientemente de la fotografía. ( Fotografía construida).

---

<sup>9</sup> Joan Costa, Fotografismo, Del fotografismo al fotodiseño, Foto diseño. Que es ed Blume, España pág. 213.

<sup>10</sup> Algunos aspectos relativos a la crítica desde el punto de vista de un curador. Por Chris' Ti Titterington curador conferencia en Canada Toronto, 1988.

El primer comentario concreto es el relativo a la naturaleza de los hologramas, son técnicos o científicos que hacen holografía dice Chris Titterington (Chris Ti) " la opinión de casi todos mis colegas, es que casi todos los hologramas están hechos por técnicos que en primera son, y segundo, son entusiastas en todos los artefactos pero no lo son en la sofisticación estética, pero que importa, ciertamente ninguna idea acerca de los temas del arte ambicioso debe encasillare, hoy esto es obviamente interesante pero falso, ninguna alabanza, ha sido hecha por el hecho de que Emmett Leith, Juris Upatnieks, y Ann Arbor<sup>11</sup> probablemente no consideraron esto como si fuera un arte para ellos mismos. "Un viaje tecnológico sí, pero no una buena "fotografía", así que esto es holografía para mis colegas.... Lo que estamos viendo con respecto al mundo del arte. es lo kitsch"<sup>12</sup> "La parte de la percepción de los colegas y la gente de todas las galerías, críticos y escritores, la percepción de que toda la holografía se parece a los trabajos de Leith y Upatnieks, ( técnica y ciencia ) me recuerda que usé la palabra kitsch (Lo falso, son satisfactores culturales para el consumo masivo, basadas en formas originales del pasado y que no denotan relación alguna con el contexto de ese objeto)<sup>13</sup>. El ensayo de Clement Greenberg's 1939 separa a las dos; arte para Greenberg's es una noble empresa, una practicada y consumida por la elite: kitsch es consumida por las masas".<sup>14</sup>

"Ellas están esencialmente caracterizadas por una sustitución de la impresión ilusionista del espacio de la imagen tradicional en un espacio visual actual, que es completamente idéntico y sincrónico con la realidad del ambiente. Así el holograma no puede ser visto mas como una imagen en el sentido tradicional el

---

<sup>11</sup> Dos científicos que se dedicaron a desarrollar las teorías de Gabor.

<sup>12</sup> Algunos aspectos relativos a la crítica desde el punto de vista de un curador. Por Chris Ti Titterington curador conferencia en Canada Toronto, 1988

<sup>13</sup> EL KISTCH, autores varios traducción de Francisco Serra Cantarel, Carlos Manzano, Milan, España. Lumen. 1973

<sup>14</sup> Algunos aspectos relativos a la crítica desde el punto de vista de un curador. Por Chris Ti Titterington curador conferencia en Canada Toronto, 1988.

cual es caracterizado precisamente por una espacial y temporal diferencia de la realidad"<sup>15</sup>.

Igualmente Alejandro Castellanos y Humberto Chávez en su artículo sobre la crítica de la fotografía se refieren a las nuevas alternativas cuando dicen: "La estabilidad de la imagen ha sido inclusive alterada por varios factores dentro de los que podemos mencionar los trabajos de fotógrafos vanguardistas con el medio, al igual la reciente interacción entre la electrónica y los procesos fotográficos tradicionales (físico químicos), que han abierto nuevas posibilidades de apreciación del fenómeno fotográfico, al llevar a la fotografía en su carácter "de fragmento de la realidad fijada sobre un soporte material " a ser "energía modulada de la cual se puede conservar un rasgo permanente o modificable "<sup>16</sup>. Refiriéndose ellos en su artículo como se va transformando la imagen a partir de las nuevas tecnologías y que desde el punto de vista técnico de la fotografía o de los procesos de las imágenes, se van modificando. Y también de cómo la tecnología va modificándose dependiendo de cómo los medios de consumo y los gustos lo van utilizando.

#### **4.2.2. ¿ Cómo debe verse un holograma ?**

Otro problema es la manera en que deben de ser vistos.

La difracción con la holografía. Aspectos cromáticos.

La difracción de la luz, altera la propia definición cromática, puesto que, dependiendo de la iluminación y de la posición del observador el color del objeto es alterado abriendo una nueva frontera en la paleta del artista, que pasa a disponer del mismo recurso que la naturaleza utilizó para colorear a las más bellas mariposas: la impresión de finísimos trazos (mas de mil por milímetro), que captan

---

<sup>15</sup> Se hacen también hologramas pornográficos, de imágenes religiosas, de la farándula etc. La galería de Mr. Ross el lugar del holograma en Londres y que solo existió de 1978 a1979, su dueño dice que:"yo encontré que las personas amaron mirando los hologramas pero eran renuentes a que fueran para ellos. Yo no puedo decir si las compañías fabricantes de hologramas pensaron solo en el producto que satisficiera a las masas, o si pensarían en otro tipo de producto" Tomar en cuenta los textos de la pag. 86.

<sup>16</sup> la crítica de la fotografía, Alejandro Castellanos y Humberto Chávez,. Las artes y la escuela Revista de la escuela nacional d e artes plásticas UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

la luz en su frecuencia de onda, haciendo variar el color con su ángulo de incidencia.

Apenas un espectador móvil puede percibir todo lo que pasa en el holograma. Su punto de vista determina lo que ve: nuevos colores, nuevo espacio, nuevo imaginario.

En él, hasta las imágenes fantásticas pueden ganar en realismo. Cuando vemos nuevas formas que fluctúan y se disuelven, que se reproducen y se fragmentan, pero continúan ligadas a un mundo posible. Ocurre la espacialidad, que por momentos se vuelve enteramente independiente de las concepciones espaciales de la perspectiva, a la que estamos habituados. El espacio depende entonces, también de la luz, de la que resulta de la reflexión en el holograma y de esta al observador.<sup>17</sup>

Más aún, esto implica un cambio de mentalidad. Tomemos como ejemplo el texto de una conferencia dictada por el doctor Peter Zec: Director de la Sociedad de Holografía Alemana: " Uno asume que en nuestra acostumbrada concepción de ver la imagen, que representa un sistema visual, el cual descifra por medio de la percepción, no es difícil reconocer de inmediato que un holograma difiere esencialmente de una imagen acostumbrada. Aún si guarda mas información óptica de la que podría ser posible en una fotografía normal, el holograma aún así no puede ser identificado, de momento, como un sistema visual normal"<sup>18</sup>. No puede ser tratada como una fotografía por que no contiene el mismo desciframiento que ella.

La fotografía: sistema bidimensional del objeto. La tercera dimensión queda colapsada en el plano de la película. En holografía no se graba la imagen del objeto de la misma manera que en una cámara. Lo que se registra es la figura de

---

<sup>17</sup> holografía la luz creativa, Oliveira Rosamaria, Holografía - pintar con luz. Internet Ver anexos.

<sup>18</sup> , La curadora Chris Titterington for theory of Holography. International Congress on Art in Holography, 1989, 1990

interferencia generada por un haz de interferencia y la luz reflejada por el objeto (haz objeto).

Cuando el holograma resultante se ilumina de forma adecuada, la imagen resultante es una imagen verdadera, tridimensional del objeto. Esto puede probarse haciendo fotografías de la imagen producida por un holograma desde varias perspectivas. Las fotografías mostrarán al objeto desde varios ángulos, como si hubiera estado enfrente de la cámara.

Según el punto de vista de la curadora Chris Titterington que se refiere a: "hablar de esta muestra, (se refiere a la muestra holográfica del Symposium en Canadá en los años de 89 90) y la falta de conciencia por los materiales, que conduce al punto de que cualquiera que sea la estrategia o acercamiento intelectual, sin el conocimiento y una conciencia de los modelos presentes que se llevaron las corrientes de la moda, la holografía encontrara poca aceptación."<sup>19</sup>

"Los hologramas enmarcados de esa forma fueron el detonante, creo, de las reacciones adversas básicas en la nueva demanda tradicional que el arte debe ser declarado por si mismo como una cosa en el mundo en vez de ser la imitación de otra cosa. Esto es un territorio familiar, estoy segura, nosotros usualmente la relacionamos con la evolución de la abstracción con Albred Barr Clement Greenberg y Michael Fried siendo los mayores teóricos, Barr fue en los 50º s quien identificó el camino de finales del siglo XIX del arte hacia este fenómeno". (de cómo la holografía es entendida a través de sus materiales).

#### **4.2.3 ¿La holografía pasó de moda?**

Aunque muchos artistas han adoptado la holografía, como trabajo artístico es determinada todavía por ideas tradicionales.

---

<sup>19</sup> Zec Peter, Dr. President German Holographic Society, For theory of Holography, International Congress on Art in Holography, 1989, 1990.

El holograma de haz simple.

Es quizá por eso que en la temática de este trabajo confluyen valores visuales armónicos en donde se integra el sentido técnico-científico con la capacidad visual de la imagen fotográfica, tan mencionada por Philippe Dubois, en el sentido que la imagen no está aislada o desmembrada del acto que la ha hecho surgir. " El acto está inmerso también en la estructura de la imagen ".<sup>20</sup>

Una de las razones es por el dramático uso que se le ha dado dentro del diseño gráfico como objeto comercial. El gran esfuerzo que se ha desarrollado a través de estos últimos 30 años que lleva de existencia concreta (Si se toma en cuenta que fue inventada en el año 47 pero sin ser desarrollada por la falta de una herramienta verdadera: El láser). Este se ha ido por la parte del menor esfuerzo donde los grandes capitales le han dado un uso muy específico y en donde la holografía sólo significa sello de inviolabilidad, garantía por su "difícil" reproducción, tratándose de los que no cuentan con el equipo para reproducirlo, pero de ninguna manera para los que sí lo tienen. La holografía no es más que un implemento de seguridad en billetes y tarjetas de crédito, pero no tiene carácter estético. A pesar de que aquellos que tienen los medios para hacerlo no lo hacen ni tampoco invitan a que lo hagan otros. (*¿ Por que habrían de hacerlo?*).

Esto sucede porque aquellos que tienen las posibilidades de desarrollarlo lo utilizan exclusivamente para el enriquecimiento personal y sin permitir que otros puedan tener acceso a sus beneficios dentro del orden estético-artístico. Hay un debilitamiento en los sectores donde se podría producir, porque en las escuelas y universidades no se ocupan de su vulgarización. En las escuelas tradicionales se quedan con su tradición. No se interesan por desarrollar procedimientos que pueden ser valiosos para el futuro del arte como es la holografía. Se notaba interés hace todavía cinco años cuando los científicos estaban entusiasmados

---

<sup>20</sup> La crítica de la fotografía, Dubois Philippe, Ed.Gilí 1986 pag 35

para fomentar este procedimiento.

Quizás no es todavía el tiempo para el verdadero auge de la imagen tridimensional, para la holografía. Tiene que venir su desarrollo dentro del campo científico, se necesita un punto de arranque en el que se cree una verdadera necesidad por explotarlo, quizás un tiempo en el que se faciliten más las técnicas, cuando el láser sea tan común como una cámara fotográfica, una necesidad económica en una sociedad de consumo. Esta herramienta se podría impulsar en las escuelas y más en las que se encargan de la impartición del arte.

El difícil problema de la presentación de un holograma o la paradoja de este. El Doctor Peter. Zec habla de la paradoja holográfica refiriéndose a ella en los siguientes términos:

" La paradoja holográfica consiste en el hecho de que a pesar de su diferencia fundamental, los hologramas son tratados como pinturas normales, así como cuando se presenta en un marco colgado en una pared, esto inevitablemente tiene considerables consecuencias para la evolución y criticismo del medio"<sup>21</sup>. En fotografía, aunque la miremos desde varios ángulos, siempre veremos la misma imagen (en todo caso algo deformada por la perspectiva).<sup>22</sup> No puede ser identificado como un sistema visual a priori, por que este tiene características muy diferentes.

La presentación de un holograma en un marco de pintura es contraria al actual contenido del medio, el cual apunta a abolir la distancia acostumbrada entre el observador y el espacio de la imagen.

Con la presentación y la reflexión en un marco de pintura el resultado en la percepción de la reconstrucción holográfica está implícito una postura inapropiada

---

<sup>21</sup> Zec Peter. Dr. President German Holographic Society, For theory of Holography, International Congress on Art in Holography, 1989, 1990.

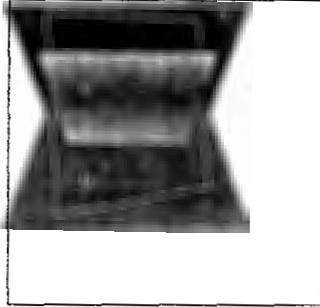
<sup>22</sup> Jovine John, La Holografía, una guía fácil para hacer hologramas. McGraw-Hill

de acuerdo a los principios de una percepción familiar.

Cuando me enfraqué en el problema de presentar unas piezas holográficas, me encontré con el difícil asunto de hacerlo de la mejor manera. La cantidad de ángulos por los cuales se puede ver un holograma se convirtió en la situación de aprovechar esa nueva observación y reconstrucción en movimiento.

- Primero: porque un holograma se puede mirar como un elemento transparente, con la luz por atrás, hacia arriba; como también como un elemento reflejante, con la luz enfrente de la placa.
- Segundo: el tipo de luz, pues ésta debe de ser luz alógena para el tipo de holograma que estoy haciendo.
- Tercero: el lugar donde se exhibe debe de tener ciertas características. De preferencia un lugar donde se evite que la luz refleje, un lugar donde los muros, techos y pisos no aumenten la luz indirecta.

Un holograma de preferencia debe de colocarse en una base que sea capaz de sostenerlo y que al mismo tiempo no produzca sombras o refleje luces, que tenga la altura necesaria para que pueda ser visto por cualquier persona y que permita el acceso a él tanto para acercarse como para alejarse y que pueda verse desde diferentes ángulos sin que este acto reduzca su capacidad de reflexión



Esquema del tipo de montaje con el cual se está enmarcando los hologramas hechos por el autor.  
a)estuche, b) marco de giro de izquierda a derecha, c)Marco sobre el que se lleva el montaje del holograma el cual gira de arriba abajo.

" La formulación en el montaje es un aspecto de importancia. Uno de los métodos que he visto es el del armazón "cum" del pizarrón atrás de Andy Pepper. Creo que tiene mucho potencial con el sistema de válvulas que he estado describiendo. El método de Andy es parecido a la práctica de colgar transmisiones de hologramas de transmisión en perspectivas claras, delimitadas y que además están en bastidor. Lo que pasa en los dos de estos métodos es que la orilla de los hologramas es expuesta, lo que le quita un poco de frescura o de naturalidad.

Tenemos dos lecturas probables. La imagen, la ilusión de alguien más o de hojas de vidrio o película, donde el holograma aparece y que es mejor para el autor de esta tesis, y "los holografistas que sufren en su percepción y en la parte de la crítica ya que son montados en bases de metal o marcos de madera."<sup>23</sup>

### 4.3 La iconografía de la holografía.

Así mismo, la holografía destaca también por sus materiales: las gelatinas, las superficies de vidrio plano o por las superficies cilíndricas, y por las micas de pvc

<sup>23</sup> Algunos aspectos relativos a la crítica desde el punto de vista de un curador. Por Chris' Ti Titterington curador conferencia en Canadá Toronto, 1988.

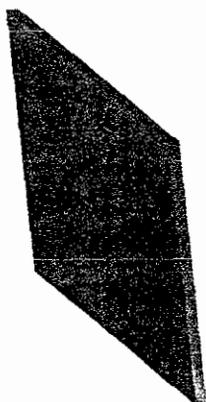
transparentes. A medida que se va empleando más tecnología, los materiales en holografía se van perfeccionando. Los materiales que se usaron para esta tesis fueron empleados hace más de una década en E.U. La ventaja es que son fáciles de preparar, sin embargo, son difíciles de usar para una sociedad acostumbrada a comprar los materiales listos para exponer. Los materiales de esta tesis contienen impurezas como pelusas que caen en la superficie de la gelatina recién aplicada sobre la superficie de un cristal. Aunque ésta se protege en una pequeña cámara para secado, no es suficiente y recibe las motitas que posteriormente acabarán formando desde pequeños oleajes superficiales pasando por cráteres más o menos visibles y que se harán más visibles cuando estos se holografíen. Estos acabados artesanales le dan también a la obra otra sintomatología recordando las emulsiones fotográficas hechas a mano en el siglo pasado, o los acabados imperfectos en las barbas de los papeles de las gomas bicromatadas que derivan del papel hecho a mano.

Estos procesos pasan de moda a medida que la industria holográfica va perfeccionando cada vez más las emulsiones de plata y va rezagando las de bicromato. Estas se emplean en esta tesis porque son relativamente baratas, fáciles de hacer y difíciles de exponer, pero a medida que se van mejorando se pueden hacer de mayor tamaño, con las restricciones y defectos ya mencionados, pero estas ya no se utilizan más que en contadas ocasiones para un medio desarrollado. Por eso, lo importante es dar más énfasis en esta tesis al contenido de la obra, resaltando elementos no fácilmente holografiables en otros lugares y que se le dará más intención por lo menos más que a otros con nuevos contenidos que se le inyectarán para viejas formas, o técnicas.

Esta sería una manera de hacer que estos procesos no se pierdan "máxime cuando los resultados a los que conducen poseen unas cualidades inherentes que en ocasiones pueden aconsejar su uso o sugerir nuevos campos de

aplicación".<sup>23</sup> Porque finalmente es la base del proceso técnico y su desarrollo está basado en otros que lo antecedieron. Quizás por eso se podría afirmar que los procesos fundamentales en holografía no pasarán de moda por seguir un comportamiento igual como en el grabado, la litografía etc.

Explorar la fabricación de la emulsión en cuanto a su formato, regular o irregular, en cuanto a la posibilidad de usarlo en sustratos diferentes, de variar sus componentes, encontrar su densidad o darle a la emulsión el sentido que yo quiero



Manera de presentar los hologramas dentro de un portafolio, que protegerá la imagen a la vez que le permite exhibirse en un medio más adecuado

Se ha pensado para la complementación de esta tesis la presentación de 15 hologramas tamaño 27.6x35.5 cm montados en unos estuches de madera con interiores negros para su mejor apreciación, con marcos que permitan el giro del holograma 360° en cualquier dirección. Para su mejor apreciación esos tendrán una medida 10 cm más grande que los hologramas. (Ver ilustración) .

<sup>23</sup> Salvador Tió Procesos fotográficos alternativos Foto-Diseño pág. 150.

## CONCLUSIONES

La realidad es el vínculo de los sentidos y estos nos permiten tener conciencia de la realidad limitada por ellos. El espacio y el tiempo nos permiten visualizar diferentes realidades, las cuales son, por tanto, subjetivas al compararlas con diferentes individuos.

Esa conciencia de realidad, que el ser humano no predice, transforma, reflejándola de manera en que es percibida. Lo virtual es lo que el individuo sustituye dándole otro sentido a través del espacio tiempo.

“En su quintaesencia la fotografía podría entenderse como la imagen plasmada mediante la luz sobre una emulsión fotosensible. A partir de ahí podemos problematizar el concepto científico de la <luz> y de las <emulsiones fotosensibles>. Las termografías, las radiografías, las fotocopias, los hologramas, las recientes “fotografías” electrónicas o mediante computadoras y tantas otras variantes, ¿A las que se les puede decir fotografía?”<sup>1</sup>

Vivimos un presente rico en el campo del perfeccionamiento técnico-fotográfico. Los ejemplos citados, son sólo una muestra de lo que abarca esta *generalidad* llena de expectativas en este campo. La investigación y la experimentación de las técnicas antiguas; la relación con técnicas experimentales y no propiamente comerciales y que tuvieron un relativo desarrollo, o bien que sirvieron como puente para descubrir nuevas

---

<sup>1</sup> J. Foncuberta y J. Costa, Fotodiseño, Enciclopedia del diseño, ceac, Barcelona España. 1988.  
ALEJANDRO CASTELLANOS, un artículo sobre la veracidad de la fotografía en relación con una realidad que describe un momento específico.

técnicas, son una base importante para la introducción del individuo al desarrollo de la sensibilidad, para comprender la significación de las formas y los valores estéticos.

Al crear una imagen, se está en concordancia con el punto de vista de Phillippe Dubois<sup>2</sup>, definido por elementos objetivos y subjetivos, tomados a través de una realidad concreta, " la mimesis ", es decir, crear a través de la naturaleza que no es otra cosa que entender lo que entendían los fotógrafos de finales y principios de siglo " Crear la imagen fotográfica por medio de la imitación de la pintura y por medio de la imitación de la naturaleza ".<sup>3</sup>

Crear la imagen holográfica es como crear una pintura, no imitarla, y que al mismo tiempo sea un reflejo, la retroalimentación de una imagen que en un momento dado fue real. Y que es la memoria compleja dentro de una atmósfera donde están implícitas sus tres dimensiones, con multiplicidad de imágenes en una sola placa emulsionada.

Cuando se están creando imágenes de luz sobre gelatina casera, con el proceso holográfico-artesanal, se tiene la conciencia de estar haciendo fotografía, pero al mismo tiempo no es la misma sensación, no es tampoco la de estar grabando o dibujando. En ese sentido se asemeja al mismo tiempo a estar modelando relieves con barro, o esculpiendo más aún el de estar imaginando formas flotantes en el espacio, las que se podrán observar no sólo en toda su totalidad sino también a través del filtro impredecible de este arte. Los procesos técnicos influyen, de cualquier manera, también la

---

<sup>2</sup>DUBOIS PHILLIPPE. En la fotografía no podemos pensar en la imagen aislada, desmembrada del acto que la ha hecho surgir. La fotografía no es solo una imagen, (el producto de una técnica y de una acción, el resultado de un hacer y de un saber hacer, es también un verdadero acto icónico, una imagen si se prefiere, algo que no se puede concebir sin sus circunstancias, sin su juego que la anima, algo que es consustancialmente una "imagen-acto ", DEJANDO BIEN ASENTADO QUE ESE ACTO NO SE LIMITA AL GESTO DE LA REPRODUCCIÓN PROPIAMENTE DICHO al hecho de la " toma " sino que incluye también el acto de la RECEPCIÓN Y LA CONTEMPLACIÓN.

<sup>3</sup> CHARLES BAUDELAIRE. " Le public moderne et la photographie ", en el Salón de 1859, del libro de Dubois Phillippe. El Acto Fotográfico, de la Representación a la Recepción. Ediciones Paidós. 1986. Barcelona España.

creatividad combinada. La cocina propiamente dicha del proceso artesanal influye mucho en ese sentido. No es lo mismo estar supeditado a un material comercial, que el que uno mismo ha confeccionado. La desventaja ya se ha mencionado, un medio que requiere de mayor salubridad hasta grados extremos, donde una pelusa volátil que aterriza en la emulsión influirá en el resultado de la imagen, procedimientos que tendrían que hacerse con equipo mucho más complejo que una jeringa de 20ml., etc.

Para este tesista el tipo de holograma de reflexión de haz simple es un imán que lo ha situado en perspectivas muy diversas en su trabajo diario, por la relación que se crea con la ciencia y el arte, a partir de las emulsiones caseras, las ópticas, los procesos de exposición a la luz; porque lo inclina a estudiar más de cerca sus causas y efectos.

Ya sea a partir de las emulsiones, que se pueden combinar con tintes como el azul de metileno, o el verde de malaquita o con compuestos como el ferricianuro de potasio, o aquellas que se sensibilizan con bicromato obteniendo un resultado distinto, ya sea combinando con dosis diferentes de endurecedores, fijadores o de agua de diferente temperatura o ph; creo que cuando se maneja una cierta temática con una técnica incluso combinada, se obtienen efectos en ocasiones impredecibles aunque no siempre gratos.

La técnica holográfica de haz de reflexión simple, no determina el proceso artístico infalible, determinado, específico; pues hace uso de "mecanismos automáticos"<sup>4</sup> que son independientes de las cualidades plásticas humanas.

A pesar y precisamente por eso, se busca dar forma a las imágenes impregnadas de gelatina, coloide y solubilidad; imágenes que se estampan en el papel de algodón, en el vidrio o en la mica y se mezclan con la luz haciendo posible mirarlas de diferente ángulo o punto de vista, o perspectiva, transformando la imagen.

---

<sup>4</sup> Accidente controlable el cual permite tener una idea parcial del resultado final de la obra.

a imagen holográfica que se trata de crear es eso mismo, un vistazo a través de un ojo, un espejo) o los dos, "no es como el estereoscopio como objeto casero que aludía en primer lugar a la magia y a las funciones inherentes a ésta para niños en el siglo pasado, los juegos de salón y al ocio, a algo que se tomaba en serio sólo como diversión. Como experiencia, su significado igual que el de la holografía en nuestro tiempo, concluía con la admiración del público ante lo perfecto de la ilusión."<sup>5</sup>

La aplicación de técnicas alternativas de fácil, o relativamente fácil acceso a estas áreas culturales deberían de estar más desarrolladas en países como el nuestro ya que son estas las que facilitan su entrada en la "investigación del campo cultural". Damos por supuesto que la enseñanza de los materiales artísticos no debe considerarse como un privilegio reservado a los mejores dotados sino como una sensibilización necesaria para todos.

Considero que el trabajo que da sustento a esta tesis, así como los procedimientos, si no determinan un futuro gráfico, llevan a una alternativa diferente; la holografía como una técnica que a pesar de lo compleja, permanece entre el límite de lo industrial y lo artesanal, una técnica que se abre a posibilidades casi infinitas, que si se maneja artesanalmente (como en el caso de la fotografía no necesariamente industrializada), se torna mucho más adaptable a ciertas necesidades artísticas y experimentales.

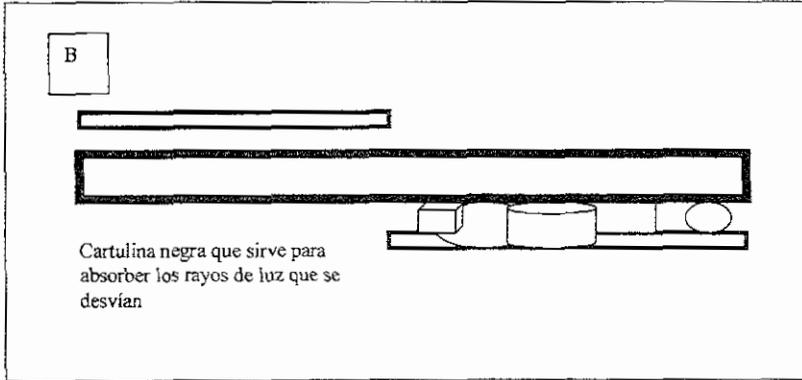
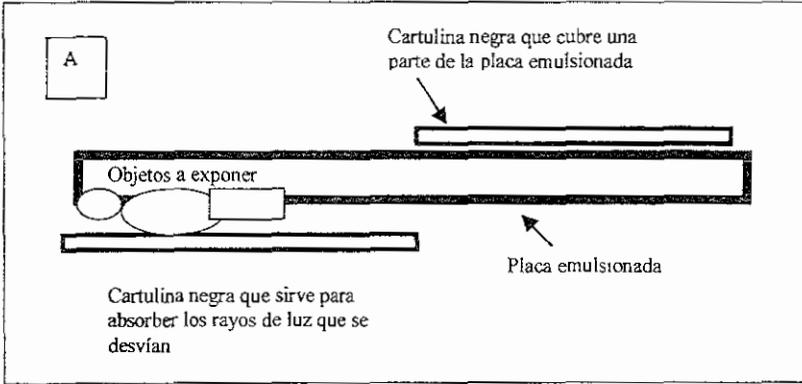
El desarrollo de la fotografía como el de otras actividades artísticas, rebasaron hace muchos años los niveles socioculturales marginando a individuos con cualidades especiales. Esa sensibilización necesaria para todos, parte entonces de preparar a todo ciudadano, lo que determina el marco sensible de la vida de todos y contribuye a la vez como medio y signo de la más alta calidad de vida. Por otro lado "suscita las vocaciones de aquellos que serán los más capaces como especialistas de la creación de formas".

---

El objeto de la fotografía, Don Slater.

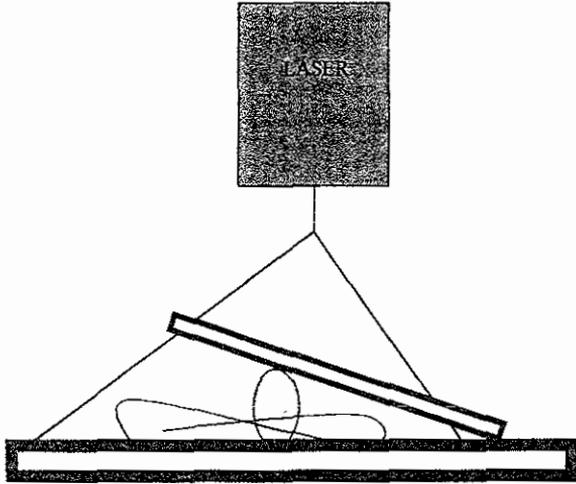
# ANEXOS

## Anexo1

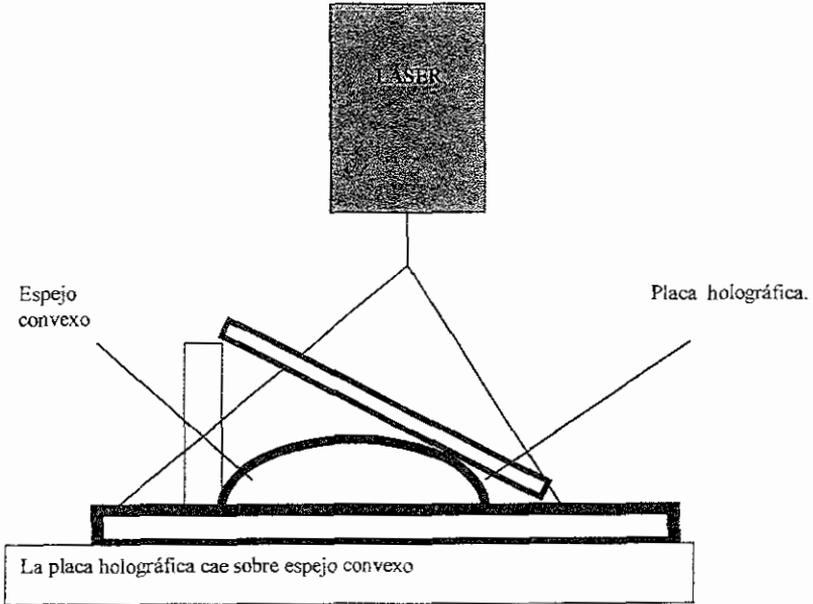


Composición de formas en una exposición holográfica de dos tiempos donde se especifican las zonas bloqueadas por cartulina mate negra en el tiempo A, y de otra manera en el tiempo B.

Anexo 2



El peso del cristal emulsionado cae sobre los objetos expuestos por gravedad



## Anexo3

Desde el punto de vista del fabricante, la gelatina no es más que una forma pura de cola, que se hace a partir de tejidos animales delicados y se refina con mayor cuidado y más limpieza que la cola ordinaria. Químicamente las complejas proteínas que componen las colas pueden agruparse en dos clases, las que suelen denominarse como condrina y glutina. La primera es responsable de sus propiedades adhesivas y la última de su carácter gelatinoso. La cola contiene más condrina y menos glutina que la gelatina.

Tecnológicamente, la diferencia entre la cola y la gelatina es considerable. El usuario no considera la gelatina como una cola purificada, sino como un material del mismo origen, con propiedades similares, especialmente cuando se utiliza como adhesivo o aglutinante. La diferencia de composición afecta a las propiedades coloidales y el comportamiento de cada uno de estos materiales como adhesivo o como componente de un medio o aglutinante que forme películas es muy diferente. El mejor grado de cola de hueso es inferior a casi todos los grados de cola de pieles.

La mejor gelatina tendrá una consistencia muy fuerte, pero sus propiedades aglutinantes, adhesivas y de acabado son siempre inferiores a las de la cola de pieles.

La cola de piel de conejo tiene el equilibrio adecuado para emplearla en el gesso.

La cola, la gelatina, la caseína, la albúmina, la clara y la yema del huevo, pertenecen a la misma clase de productos de origen animal (proteína).

## Anexo 4

El bicromato de amonio (dicromato de amonio (K<sub>2</sub> CR<sub>2</sub> O<sub>4</sub>), parte de los materiales que sustituyen los materiales argénticos. Estos se obtienen calcinando en un horno de rebervero una mezcla pulverizada de hierro cromado, salitre y carbonato potásico. Datos tomados de la enciclopedia de Tecnología de Química tomo v, de Kirk Raymond, págs. 100 y 104 .Unión Tipográfica Hispanoamericana, Mex. 1963

## Anexo 5

### **Algunos hológrafos e ideas sobre el tema.**

Briyitte Burgmer

"Después de un paseo a través de la oscuridad del puente y la luz producida por las imágenes y objetos, los visitantes descubrieron un luminoso colorido. El holograma "CCAA" cubrió la apertura de esta salida completamente. Una cruz de azul y rojo acentuó la situación real: habiendo cruzado el Rin, las personas estaban enfrentando, en el holograma, el fuerte romano y una formación de zapatos, atravesando el río ."

Brigitte Burgmer habló en las Instalaciones de los Medios de comunicación Mixtas - la Holografía Por los Límites de los Medios de comunicación.

Dan Schweitzer

"La luz parece el material de los sueños. ¿de dónde viene esa luz ?" (hacia 1974)

En los sueños y pensamiento, "la vista" está clara, lúcida, y falta la textura, grano y convención de visión externa corpórea. La luz usada para investigar las tantas preguntas sin contestar, la holografía parece una herramienta más directa, y refuerza la expresión del pensamiento y de las ideas.

Dan Schweitzer habló en Time Contra el Espacio, las Cinética Hológrafas,

## **Eduardo Kac**

Mi trabajo de la holografía investiga la naturaleza de su lenguaje y su relación con los problemas visuales, que son de interés en la literatura y las artes visuales, particularmente por la poesía experimental y el arte conceptual. Yo creo en lo que llamo los poemas hológrafos, u "holopoems" que son hologramas esencialmente digitales que se dirigen al lenguaje .

Eduardo Kac habló al Timpo Contra el Espacio, las Cinéticas Hológrafas,

## **Margaret Benyon**

El año del tigre ha terminado y el milenio está delante. ¿Cuál es mi punto de vista de la holografía en los finales del siglo 20? "Profetizar es sumamente difícil, sobre todo con respecto al futuro" ( proverbio chino).

Yo estaba más de una vez equivocada sobre el futuro. En 1968 yo trabajé primero con la holografía sacandola del laboratorio de la ciencia y la lleve a los límites del arte. Entonces, tenía visiones sobre lo que sería la holografía más allá del milenio.

Quizas estaba equivocada, y siento que lo mejor es no hacerlo.

Habló definiendo los procesos holograficos desde 1969 asta 1996 y se presentó los logros de su contribución excelente al campo de holografía creativa.

## **François Mazzero**

La imagen impresa en esta tarjeta es de una diapositiva tomada con una cámara fotográfica. La escena fotografiada es una escultura de Sénoufo simplemente iluminada y visto a través de un elemento óptico holográfico - una lente. Esta da dos imágenes de la estatua dentro de una ventana, un arco iris, y el otro negro y blanco. Según la posición de los elementos, nosotros podemos ver ambas imágenes al mismo tiempo. La holografía es un medios poderosos para dominar el frente de ondas de la luz. Para el artista el potencial es grande, pero nosotros no lo conocemos, todavía.

François Mazzero habló en las Instalaciones de los Medios de comunicación Mixtas, la Holografía Por los Límites de los Medios de comunicación,

La imagen es un fenómeno non-físico e insustancial. La holografía es una tecnología que hace la imagen palpable y posible de visualizar. Con esto la

## **Shunsuke Mitamura**

tecnología de los medios de comunicación.

Yo intenté visualizar las imágenes japonesas de transeúntes, integradas con la flor de flores de cereza muy breves, y esparcidas, ellas se han vuelto un símbolo de la belleza efímera hacia el corazón del sentido estético.

Se produjeron las Lozanías de la Cereza cayendo de las ramas. Tomadas con láser- pulsado en su caída de los pétalos, con doble exposición para el holograma de arco iris . La imagen virtual proyectada flota delante de los ojos.

Shunsuke Mitamura habló sobre lo Estético y sus obras urbanas

## **Jean François Moreau**

Los hologramas han ganado su reputación a través de su habilidad de reproducirse las tres dimensiones de espacio, pero ellos también nos proporcionan una alternativa fascinante a las representaciones tradicionales de tiempo.

Si la fotografía puede definirse a tiempo como la representación de un momento particular, la holografía ofrece la posibilidad de capturar la duración en el espacio. Moviendo un holograma, el espectador volverá a vivir las fases sucesivas de un evento que ocurrió durante un período de tiempo. Es un proceso relativista dentro del universo visual en que las curvaturas espaciales se acomodan al movimiento. Aquí, como opuesto al cine y la televisión, el tiempo no se desliza a través de nuestros dedos. Como un libro cuyas páginas se volverían al orden de los ojos, los espectadores controlan el pasaje del tiempo representado. La experiencia está llamando la atención y radicalmente modifica nuestro acercamiento a las imágenes animadas y más básicamente nuestra relación con imágenes. Si sólo por esta razón (y hay muchos otros), los hologramas son de interés inmediata a todos aquéllos interesados en las artes visuales.

Jean François Moreau habló en Time Contra el Espacio: las Cinética Hológrafas

## **Doris Vila**

Una cultura fronteriza rica está creciendo entre los hologramas y los medios de comunicación electrónicos. La holografía uniéndose a las computadoras y el video abre los espacios sensibles. Los movimientos de estos espectadores, pueden activar los cambios dramáticos en las imágenes hológrafas,

proyecciones y sonido. Un espacio se vuelve una película viviente, y los observadores se vuelven actores.

Doris Vila habló en las Instalaciones de los Medios de comunicación Mixtas, la Holografía Por los Límites de los Medios de comunicación.

## **Setsuko Ishii**

Mi tema es producir un ambiente que abrace a los espectadores usando el propio espacio tridimensional, como una lona, y el color de luz como la pintura. El holograma llamado "Requiem", es una caverna de la piedra subterránea especialmente el único y atractivo espacio para esta instalación.

El contacto entre la piedra y la luz amplifica las características distintivas de estos elementos; el material e inmaterial, monocromático.

Setsuko Ishii habló en UN Éxodo de la Galería, la Holografía en los Espacios Públicos,

## **Sally Weber**

En la víspera del milenio, está en aumento claro que la luz se ha vuelto el medio definiendo del futuro. Íntegro a nuestro estilo de vida en los tantos campos, encierra en sus numerosas formas las frecuencias que revelan los nuevos potenciales y extienden nuestro conocimiento de la profundidad y anchura de nuestro universo. Maravilla pequeña que se han dibujado artistas para encender medios de comunicación que están en el proceso de desarrollarse. Y que puede esculpirse dimensionalmente en el espacio ofreciendo otra pista a un inmenso potencial que está surgiendo con nuestro conocimiento creciente de él.

Sally Weber habló en UN Éxodo de la Galería, la Holografía en los Espacios Públicos,

Penninton Keith.

Éste es un desafío con cada generación, de cara hacia los artistas, explorando y creando, dialogando con las artes y problemas que hay entre ellas.

El trabajo en el proceso de fabricación holográfica es ya una presencia en nuestra cultura. De un nuevo medio empleado por artistas. Que se incorpora dentro de un diálogo con las otras artes. Quizás el mejor sitio para las multi-medios de comunicación. Esas formas abiertas que emplean una variedad de recursos de comunicación y materiales, un laboratorio de ideas y formas y colaboraciones que muestran la holografía como una herramienta para extender estas formas e ideas en las nuevas direcciones con las otras artes.

## Anexo 6

### **HOLOGRAFIA- PINTAR CON UN HILO DE LUZ**

Rosa Maria Oliveira

Para que el registro sea posible, ambos haces de luz (el haz de referencia, que ilumina la placa holográfica y el haz objeto, que ilumina el objeto antes de ser reflejado por la misma placa holográfica), sean coherentes, esto es, tengan la misma longitud de onda.

Después del revelado, por un proceso idéntico al usado para la fotografía, la placa, se ilumina con un haz de luz con la misma dirección del

haz referencia, reconstruyendo una imagen perfecta y tridimensional del objeto holografiado.

La imagen, puede aparecer atrás o delante de la placa holográfica, enriqueciendo la noción de espacio y tiempo, fluctuando como un fantasma y creando una de las más fantásticas sensaciones visuales de nuestro tiempo.

Cambiando el ángulo de observación del holograma, podemos ver nuevas facetas, así como, con una iluminación en diferente ángulo, podemos hacer que diferentes composiciones aparezcan y desaparezcan en el mismo lugar, a través de un simple juego de luces.

Los hologramas pueden ser de transmisión o de reflexión, conforme en el registro la onda objeto y la de referencia, incidiesen del mismo lado, o de lados opuestos a la placa holográfica.

La holografía de luz monocromática, caracterizada por el hecho de que los hologramas están reconstituídos con luz de un único color, son tal vez poco interesantes desde el punto de vista estético. Sin embargo, no se podrá decir lo mismo de los hologramas de "Arco-iris". Basados en esta técnica, se pueden hacer hologramas de imagen múltiple, particularmente interesantes, como instrumento de producción estética.

La difracción de la luz, altera la propia definición cromática, puesto que, dependiendo de la iluminación y de la posición del observador, así el color del objeto es alterado, abriendo una nueva frontera en la paleta del artista, que pasa a disponer del mismo recurso que la Naturaleza utilizó para colorear a las más bellas mariposas: la impresión de finísimos trazos (mas de mil por milímetro), que captan la luz en su frecuencia de onda, haciendo variar el color con su ángulo de incidencia.

La Holografía es un Arte en el que el público participa físicamente. Es un proceso dinámico y exige que el artista y el público establezcan una interacción con la imagen, circulando a su alrededor y dialogando con ella.

Este proceso de experiencia participativa, centrado en la imagen y en su forma, hace desaparecer la barrera existente entre el artista, y la obra de arte y el público fruidor, fundiéndose los tres elementos en un todo.

Apenas un espectador móvil puede percibir todo lo que pasa en el holograma. Su punto de vista determina lo que ve: nuevos colores, nuevo espacio, nuevo imaginario.

En él, hasta las imágenes fantásticas pueden ganar en realismo. Cuando vemos nuevas formas que fluctúan y se disuelven, que se reproducen y se fragmentan, pero continúan ligadas a un mundo posible.

Este ilusionismo, característico de este medio de expresión, es valorado en la representación de espacios luminosos inmateriales, o por la vibración de todos los colores del espectro.

La realidad de una imagen producida holográficamente, es luz pura. Consiste realmente en luz, creada por la luz. La realidad aparece, parece existir, y entonces desaparece nuevamente en la nada, de donde había surgido inicialmente.

Es en esta sorpresa de lo inesperado que la holografía, como medium, comparte el movimiento con el observador. En un contexto de espacio-tiempo, lo que parecía imposible, ocurre.

Ocurre la espacialidad, que por momentos se vuelve enteramente independiente de las concepciones espaciales de la perspectiva, a la que estamos habituados. El espacio depende entonces, también de la Luz.

La Materia, se transforma en Antimateria. Se evapora la estable unidad de la Materia y tenemos en vez de esto, una inestable combinación de varios niveles de energía, actuando en conjunto. Lo palpable, el Arte-objeto, desaparece gradualmente.

De este modo, el trabajo artístico se vuelve fundamentalmente indeterminado y culmina en sublimación. Esta sublimación, de acuerdo con Boileau, " no puede estrictamente ser probada o demostrada, pero es de cualquier modo maravillosa, y toca, mueve y agita los sentidos".

## Anexo 7

### ESTEREOGRAMAS

Los estereogramas se conocen también por otros nombres, tales como hologramas de Cross, estereogramas Benton, hologramas integrales, integramas u hologramas múltiples. Robert Pole, del centro de investigación de IBM en Nueva York, fabricó una lente de ojo de mosca, que consiste en muchas lentes individuales muy pequeñas; cada una de estas proyecta sobre la película fotográfica una Imagen desde ángulos ligeramente distintos. Una vez revelada se ilumina la película con un láser y se coloca delante de otra lente de ojo de mosca. El frente de onda producido por esta segunda lente se asemeja al original, y se realiza un holograma siguiendo las técnicas normales. Esto puede parecer una pérdida de tiempo, pero nos va a permitir fabricar hologramas que de otra forma serían imposibles. D. J. De Bitetto, Lloyd Cross y Steve Benton mejoraron de forma sustancial el proceso de fabricación del holograma a partir de la película.

A continuación describimos el proceso básico para la fabricación de un estereograma. Necesitará una cámara fotográfica normal de 35 mm con un rollo de diapositivas, bien en color o en blanco y negro. Coloque el sujeto delante de la cámara. La distancia entre el sujeto y la cámara deberá ser una que nos permita una vista con paralaje suficiente al mover la cámara horizontalmente unos 60 centímetros. Haciendo este recorrido (alrededor del sujeto) dispase una serie de fotografías cada tres centímetros de recorrido. Se utiliza un sistema de

topes como el de las máquinas de escribir mecánicas adaptada para este proceso. La altura de la cámara deberá ser siempre la misma y el sujeto deberá permanecer en reposo casi absoluto. Cuando termine el recorrido habrá hecho 24 diapositivas del sujeto, cada una desde un ángulo ligeramente distinto.

## ANEXO 9 Materiales y equipo del laboratorio holográfico.

ESTE MATERIAL SE ANEXA A LAS LISTAS MENCIONADAS.

Charolas:	Cantidad	Precio	Total
50 x 40 cm	5	70	400
18 x 25 cm	5	60	300
20 x 25 cm	5	40	200
18 x 10	5	30	150

MATERIAL	CANTIDAD Y CARACTERÍSTICAS	PRECIO
----------	----------------------------	--------

Tanques Paterson de	2 espirales	200
Tanques Paterson	4 espirales	400
Termómetro de mercurio para laboratono	100°C	70
Termómetro de mercurio para laboratorio	42°C	300
Revolvedor	5	200
Balanza de precisión	.5 kilogramo	1560
provetas	2000 ml	150
proveta	600 ml	120

proveta	100 ml		120
proveta	50ml		70
vaso de precipitado	1000ml	2	80
vaso de precipitado	500	2	60

Material	Características	Cantidad	Precio
secador de aire caliente		1	540
escurridor	diferentes formatos	1	650
Esponjas escurridoras		3	30
Rodillo escurridor	30 cm.	2	150
Pinzas	juego	2	60
Lámparas de seguridad: ámbar, roja, verde, 5	juego	3	350

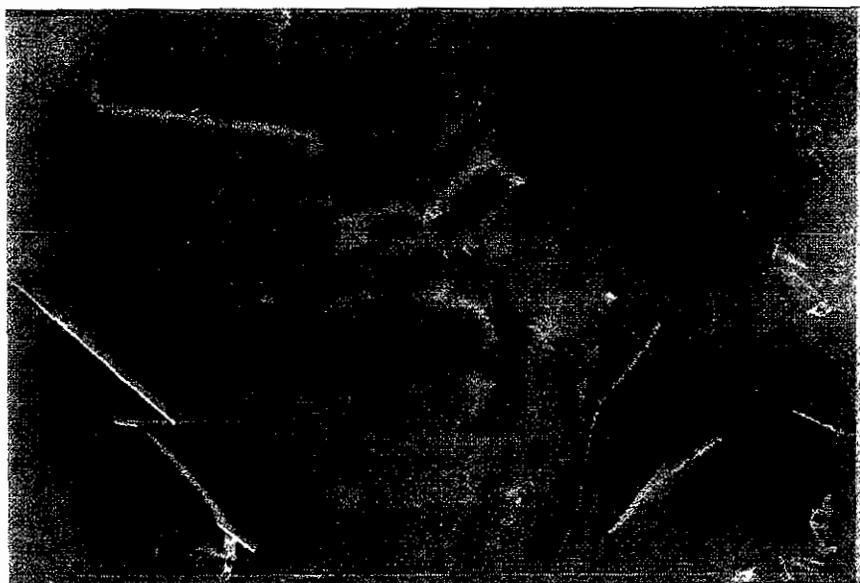
hornilla	2 hornillas	1	200
niveladores	20 50 y 100 cm	3	500
control de temperatura		1	500
niveles	20 50 y100	3	500
niveles	15	1	20
pipetas	1 y 10 ml	2	200
frascos varios	diferentes tamaños	20	50
temporizador	horas segundos	1	700
Espátulas	diferentes medidas	5	40
pinceles	diferentes medidas y calidades	15	700
jeringas	diferentes capacidades	10	25

TOTAL-----9 995 00 PESOS

## LISTA DE HOLOGRAMAS

“ El dolor y las navajas “

Holograma de reflexión simple con emulsión de gelatina dicromatada  
32.5 x 37.5 cms.



“ Otoño furtivo y lo que sucedió hace 32 años “

Holograma de reflexión simple con emulsión de gelatina dicromatada  
32.5 x 37.5 cms.



"Curvas ajustadas"

Holograma de reflexión simple con emulsión de gelatina dicromatada  
32.5 x 37.5 cms.



"Sobre el tejado

No hay más luz

Que el sol"

Holograma de reflexión simple con emulsión de gelatina dicromatada

35.2x37.5cm.



"Peces voladores:

Al golpe del oro solar Estalla en astillas el vidrio del mar"

Holograma de reflexión simple con emulsión de gelatina dicromatada  
32.5x37.5cm.



"Ha través de los peces vuelo y el ave abre con su llave el agua"  
Holograma de reflexión simple con emulsión de gelatina dicromatada.  
32.5x37.5cm

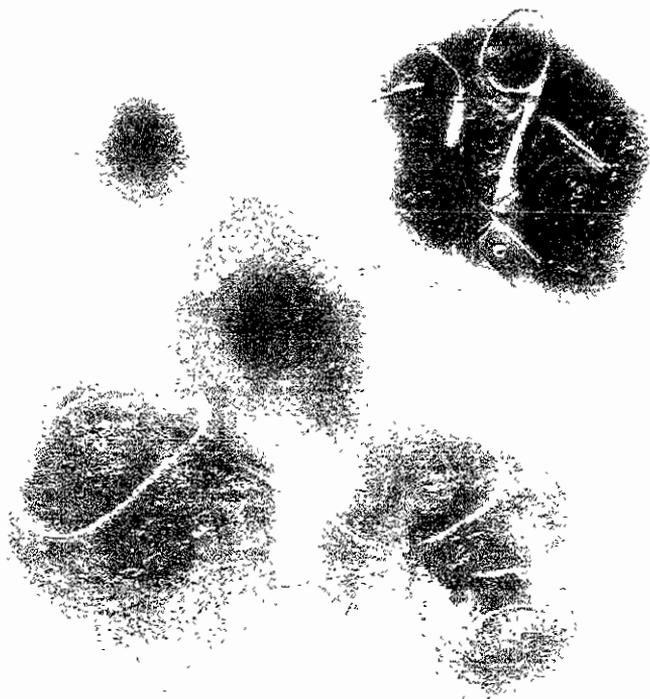


"El hambre y las cucharas"

Holograma de reflexión simple con emulsión de gelatina dicromatada.  
32.5x37.5 cm



"Yo quisiera convertir esta lombriz en un fractal!"  
holograma de reflexión simple con emulsión de gelatina dicromatada  
32.5x37.5cm



"Rostro"

Holograma de reflexión simple con gelatina dicromatada  
27.5x35.5cm



"Lente indiscreto"

Holograma de reflexión simple con emulsión de dicromato de amonio.  
27.5x35.5cm



## GLOSARIO

**ACTO FOTOGRÁFICO.** "Lo que se fotografía es la acción misma de fotografiar (Donis Roche). Consustancialmente una imagen - acto pero sabiendo que este acto no se imita trivialmente al gesto de la producción propiamente dicha de la imagen, "el gesto de la toma", sino que incluye el acto de su recepción y de su contemplación.

**ALCOHOL ISOPROPÍLICO.**  $(CH_3)_2CHOH$ , como desinfectante o como alcohol medicinal. En holografía se utiliza para la deshumectación de la gelatina, en diferentes diluciones con agua.

**APERTURA RELATIVA O NÚMERO F.** Es la luminosidad máxima o mínima de un objetivo, es el resultado de dividir la distancia focal entre la abertura absoluta del objetivo o diafragma. (resumido)<sup>1</sup>

**APLICACIONES POR GRAVEDAD.** Son las que se utiliza la gravedad para distribuir una sustancia líquida sobre otra normalmente rígida, plana y nivelada, como es la placa holográfica.

**BICROMATO DE AMONIO.** El bicromato de amonio (dicromato de amonio( $K_2Cr_2O_4$ ), parte de los materiales que sustituyen los materiales argénticos. Estos se obtiene calcinando en un horno de rebervero una mezcla pulverizada de hierro cromado, salitre y carbonato potásico).<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> *Idem. Tomo I Pág. 140*

<sup>2</sup> *Datos tomados de la enciclopedia de Tecnología de Química tomo v, de Kirk Raymond, pag. 100 y 104 Union tipográfica hispanoamericana, Mex. 1963*

**CÁMARA DE ORIFICIO.** Es una caja pintada de negro en su interior, con un orificio capaz de reproducir una imagen adentro. Basta orientarla al sujeto iluminado, los rayos luminosos reflejarán a éste, luego, algunos se dirigirán al interior de la cámara por el orificio, siguiendo su curso en línea recta, y en el interior, en sentido invertido de como entraron llegarán donde se forma la imagen (puede estar o no la película). Cada unidad de la luz es una característica de la reflectancia del sujeto, si éste está iluminado, los rayos que reflejan hacia el plano interno de la cámara serán relativamente intensos, por la construcción geométrica mediante líneas rectas. En el fondo se formará una imagen cuyo aspecto será el del sujeto. Si el plano se acerca más al orificio la imagen de éste disminuye de tamaño; el ángulo que cubre es mayor, si se aleja del orificio aumenta de tamaño. Geométricamente si el orificio deja pasar delgados haces de luz, formará una imagen nítida de cualquier sujeto, con independencia de cual sea su distancia. En la práctica un orificio tan pequeño exigiría exposiciones demasiado prolongadas. Y si se ensancha el orificio para acortar el tiempo de exposición, la imagen pierde nitidez, la alternativa en este caso es la utilización de una lente (objetivo), en vez de orificio para formar imágenes. VER TEXTO, CÁMARA OSCURA.<sup>3</sup>

**CARBÓN PROCESO,** Procedimiento de mediados del siglo antepasado con el cual se trasladaba la imagen de un soporte temporal a otro definitivo utilizando para esto gelatina pigmentada y dicromato de amonio.

**COHERENCIA.** Relación existente entre las fases de dos frentes de onda que permiten que produzcan imágenes de interferencia.

**CUERPO DE LA CÁMARA.** Es el lugar donde se coloca la película. Parte posterior de la cámara, su tamaño varía dependiendo del tamaño del formato de la película y la distancia focal<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> DUSLAND, SEYMOUR, CARROLL, Y OTROS. *Enciclopedia práctica de fotografía*, Kodak, Salvat. Barcelona, 1979, pág. 376, Tomo II.

<sup>4</sup> KARL M. RHEM; *Curso básico de fotografía en blanco y negro* Ed. Datmon, Barcelona, pág. 50

**DENSITOMETRÍA.** Término que nos describe la cantidad de material fotosensible depositado en la emulsión tras la exposición y el revelado, se mide como logaritmo de la opacidad (capacidad de absorción de la luz), de la emulsión.

**DIAPRAGMAS.** Un objetivo depende de la abertura que se le da en valores llamados:  $F$ . -  $F =$  al cociente de dividir la distancia focal por el diámetro de la lente. Cada número deja pasar la mitad o el doble de luz según si es el paso anterior o el posterior. Es un tipo de serie denominado raíz de 2 porque multiplicando cualquiera de sus valores por 1.414, se obtiene el siguiente número<sup>5</sup>.

**DIASOS.** Producto que sirve para la sensibilización de emulsiones fotográficas. Producto de fórmula sin publicar de la fábrica de tintas Sánchez S.A.

**DIFRACCIÓN.** Dispersión de la luz cuando pasa por una zona de tamaño similar comparable a la de su longitud focal.

**EMISIÓN ESTIMULADA.** Cuando un átomo cae de un nivel superior a otro inferior de forma en que los demás caen de una manera provocada y al mismo tiempo.<sup>6</sup>

**EMULSIÓN.** Capa finísima que contiene el material fotosensible. Suspensión sólida de cristales de material fotosensible sobre gelatina.

**EMULSIONES FOTOGRAFICAS.** (características generales).  
Tomemos un pedazo de película, la capa verdosa o crema está formada por millones de haluros de plata que una fina capa de gelatina mantiene adheridos a una base de poliéster o papel. Si ésta la exponemos a la luz y después le ponemos una gota de revelador, veremos

---

<sup>5</sup> *Idem*. Tomo III p. 282 868.

como los haluros se oscurecen al poco rato. Este oscurecimiento se debe a que los haluros de plata se transforman en plata metálica<sup>7</sup>.

**ENFOQUE.** Cuando la luz procede de un sujeto situado a gran distancia, es enfocada por una lente, los rayos incidentes son paralelos y la imagen se forma a una distancia de la lente igual a la distancia focal. La cámara de orificio no enfoca porque no tiene foco. Las cámaras más sencillas son de foco fijo otras se controlan con escalas de símbolos o con un aparato llamado telémetro.<sup>8</sup>

**ESPEJOS DIVISORES DE HAZ .** Un divisor de haz reparte la potencia de un haz de luz incidente entre dos haces a su salida Parte del haz continua su camino sin desviarse mientras que la otra parte se refleja.

**ESPEJOS DE PRIMERA SUPERFICIE.** Cristales aluminizados o plateados donde la capa se encuentra delante del vidrio y no detrás como en casi todos los espejos, es muy difícil limpiar esta superficie por lo mismo que ni está protegida.

**ESTEREOSCOPIA y ESTEREOGRAMAS.** Visión en relieve de un objeto, parte de la óptica que estudia de forma teórica y experimental la visión en relieve. Con el estereoscopio, que es un instrumento óptico con el cual dos imágenes planas superpuestas por la visión binocular, dan la impresión de una sola imagen en relieve.

**EXPOSICIÓN.** Aplicar una fuente de luz sobre un material u emulsión sensible a la misma.

**FORMACIÓN DE LA IMAGEN.** Como la luz se desplaza en línea recta los rayos procedentes de cada punto del sujeto atraviesan rectilíneamente el orificio para llegar a la película puesto que cada uno de los puntos, de los objetos, genera un ángulo diferente con

---

<sup>6</sup> IVONE John, *La holografía, una guía fácil para hacer hologramas*. Pág. 283

<sup>7</sup> SEYMOUR DUSLAND JOHN S CARROLL Y OTROS; *op cit*, pag. 1004.

<sup>8</sup> *Idem*. Tomo IV págs. 1019, 1020, 1021.

el orificio y su imagen se localiza en un punto diferente de la película. La imagen formada sobre la película es el resultado de la justa posición de la luz procedente de todos los puntos del sujeto.<sup>9</sup>

**FOTOGRAFÍA CONSTRUIDA** El fotógrafo utiliza la imagen ya existente y la hace suya ya sea en el teatro o en la realidad.

**GELATINA.** Sustancia orgánica que en fotografía y en holografía tiene la misión de facilitar la adhesión de la emulsión fotosensible sobre el soporte utilizado (película, papel, vidrio).

**GRÁFICO.** Ilustración, diagrama o esquema para explicar un concepto o que acompaña un texto escrito.<sup>10</sup>

**GRÁFICO, ARTE.** Denominación general para aquellas formas artísticas que utilizan preferentemente líneas, signos o letras, generalmente sobre papel.

Abarca el dibujo, el grabado, el cartel y la tipografía.<sup>11</sup>

**GRÁFICO, Grafismo, grafía, y caligrafía, tipografía o fotografía,** tienen una misma raíz: grafía, cuyo origen es el *graphein*, que significa trazo, trazado, ya sea la de la mano que escribe o el de la mano que dibuja. Trazo o trazado, en tanto que el resultado que ha sido plasmado sobre un soporte, por el movimiento de la mano guiada por el ojo y el cerebro.<sup>12</sup>

---

<sup>9</sup> *Idem Tomo VII pág. 2017.*

<sup>10</sup> *OCAMPO ESTELA. Diccionario de Términos Artísticos y Arqueológicos Icaria pág. 110*

<sup>11</sup> *Idem.*

<sup>12</sup> *FONTCUBERTA Joan, COSTA Joan. Foto-diseño Enciclopedia del diseño CEAC PAG. 11.*

**HOLOGRAMAS DE REFLEXION SIMPLE.** Situar un objeto detrás de la placa holográfica. La luz láser estará perpendicularmente a la placa, atravesándola dos veces, una de ida y la otra de regreso. Cuando la luz se refleje en el objeto, su profundidad de campo es muy corta por lo mismo que la luz tiene que atravesar dos veces la placa. Los hologramas de reflexión de luz blanca es e tipo de holograma que se muestra en esta tesis y tienen la característica de poderse ver con luz blanca. Se recomienda la lámpara alógena por ser una lámpara puntual.

**HOLOGRAFÍA.** Hołos, totalidad. Grafos. Imagen. En un holograma se pueden percibir la totalidad de la imagen. Se percibe la tercera dimensión, pero además se puede cambiar el punto de vista, dependiendo con que ángulo sé este mirando.

**HOLOGRAMAS DE TRANSMISIÓN.** La luz debe atravesar la placa desde una misma superficie disponiendo el objeto a un lado de la placa por lo tanto la luz incide diagonalmente en el haz de referencia.

**IMAGEN,** Imago cuya raíz im es la misma de imitare = imitación de algo necesariamente preexistente. Etimológicamente, imagen es el reflejo de algo físico precedente, trasladado por medio de unos trazos sobre la superficie de un soporte. Esto supone que para que exista una imagen antes debe haber existido el objeto de la percepción: el objeto a imitar por reproducción. Imagen es, intrínsecamente, representación de algo que siempre la precede. En el caso de la fotografía y de sus derivados técnicos más o menos directos o indirectos como el cine, video y holografía y más aun que en los demás procedimientos manuales (dibujo, pintura) y técnicas sofisticadas, (infografía, la presencia del objeto real es imprescindible e irreductible en la fotografía).

**INTERFERENCIA DE ONDAS.** Igual al patrón de interferencia holográfica Suma algebraica de las amplitudes de onda, (ondas esféricas), si la interferencia es destructiva, ambas ondas se aniquilan; si la misma es constructiva su efecto se aumenta.

LÁSER, Ligth Amplification by Stimulated Emission of Radiation, amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación.

LENTEs. Son tres tipos de lentes: a.- convexas, las cuales tienen forma de balón. b.- cóncavas que tienen forma de hueso. c.- las planas. Dando las siguientes combinaciones: a.- biconvexas. b.- bicóncavas. c.- plano convexas. d.- plano. La curvatura de una superficie esférica está determinada por su radio de curva, si su radio de curva es pequeño en relación con su diámetro de la lente, la curva es pronunciada, en caso contrario es aplanada. Una superficie plana tiene una curva nula y su radio de curva es infinito. La lente esférica que forma una imagen puntual es biconvexa, es decir que sus superficies son superficies esféricas, convexas. Se trata de una lente y es más gruesa al centro de su eje. Esta también se llama lente simple o lupa forma imágenes reales, a la que pueden exponerse las películas, o situando un vidrio esmerilado se puede percibir y enfocar una imagen. Esta se percibe invertida. Las lentes divergentes no forman imágenes reales sino virtuales y sirven para ver directamente a través de la lente, y se usan en la oftalmología para revertir problemas de miopía. A ésta también se le dice lente negativa. Las lentes convergentes, las divergentes o las mixtas siempre estarán compuestas de un eje al centro, circunferencia y diámetro.<sup>13</sup>

LONGITUD FOCAL. (Concepto elemental). La distancia que hay entre la película y el agujero o el centro óptico de la lente de una cámara, es la distancia focal. En un objetivo simple, es la distancia (en milímetros), entre aquel y la imagen nítida de un objeto muy alejado.<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> *Ibidem Tomo VII pag.2013*

<sup>14</sup> *LANGFORD MICHAEL; Así se mejora el color. Ed Daimon, Barcelona, pág.26 y 185*

**LONGITUD DE ONDA.** Distancia que recorre la luz durante un periodo y suele medirse en nanómetros.

**MECANICA CUANTICA.** Planck halló la solución al postular que la energía de una onda electromagnética o cualquier otro sistema oscilante puede existir en forma de paquete llamados cuanta.<sup>5</sup>

**MESA HOLOGRÁFICA (MESA ANTIVIBRATORIA)** Base de trabajo muy estable. Aísla el montaje óptico de las vibraciones (siempre presentes) del entorno. Nunca se acaba de insistir sobre el efecto nocivo de las vibraciones en el trabajo holográfico.

**MEDICIONES** un nanómetro = a una millonésima de milímetro.

Un nanómetro = a una milésima de milímetro.

julio = un watt en un segundo.

Un miliwatt = a una milésima de un Watt.

Picómetro = a una milésima de nanómetro.

Un Picómetro 010-12; kg0 1000 cm<sup>3</sup>,

**PROFUNDIDAD DE CAMPO.** (Efecto de la abertura). Es el intervalo de las distancias por delante y por detrás del sujeto dentro del cual se reproducen con nitidez aceptable las imágenes.<sup>15</sup>

**PVC.** Polímero, cloruro de polivinilo, se obtiene del cloruro de polivinil a partir del peróxido. Información del diccionario Merk Index pág. 351.

---

<sup>5</sup> ABOITES VICENTE, *El láser, La Ciencia Desde México. Fondo de cultura económica, México 105, 1991 Pág 16*

<sup>15</sup> FREEMAN MICHAEL, *Guía completa de fotografía. Técnicas y Materiales, Blume ED 1987, pag 66.*

**PROCESO GRAFICO-PLÁSTICO.** Interrelación de los procesos de dibujo y pintura con los de reproducción en la gráfica.

**RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.** Parte de la física que estudia las relaciones entre fenómenos eléctricos y magnéticos, en especial los magnéticos generados por una corriente eléctrica y los efectos eléctricos generados por energía magnética y los fenómenos de inducción de una corriente eléctrica.

**REFRACCIÓN.** Cambio de dirección de la luz al pasar de un medio a otro con distinto índice de refracción.

**REVELADO,** Reproducción de los haluros de plata expuestos a la luz a plata metálica. Proceso de imagen latente a imagen visible.

**RUIDO.** Vibraciones, algunas de ellas imperceptibles y que pueden llegar a estropear el trabajo holográfico.

**TERCERA DIMENSIÓN.** Bulto, alto, largo y profundidad, la holografía logra dar una profundidad real no como la estereografía donde el fenómeno se percibe en el cerebro.

**VIDRIO.** Superficie normalmente transparente compuesta de silicato, dura y frágil, se suele considerar como un líquido de viscosidad muy elevada.

Este glosario fue estructurado a través de los siguientes autores: Iovine, Enciclopedia Práctica, Planeta, Dubois Philippe, Costa, Fontcuberta, matemáticas fáciles, Química, enfoque ecológico; Manual de sensitometría, guía completa de fotografía y las notas al pie de página.

## BIBLIOGRAFÍA

ABOITES VICENTE ,El láser, La Ciencia Desde México. Fondo de cultura economica, México. 105, 1991.

BRANDES R. G., Francois E. E., Shankoff , Preparation of Dichromated Gelatin. Films for holography, V 8, N 11, Applied Optics, 1969.

BORDIEU, Pierre. La fotografía un arte intermedio. México, Nueva Imagen, 1983

CHANG B. J. and Leonard C. D. Dichromated gelatin for the fabrication of holographic, Optical Elements. Applied Optics, V 8, N 14, 1979.

DUSLAND, SYMOUR, Carroll S. John y otros. Enciclopedia práctica de fotografía Barcelona, Kodak\Salvat, 1979.

Varios autores Homema de Hologram, experimenting with homemade and ready-made holograms, Applied optics, V. ? N. 8 1967.

Varios autores. Fotografía fácil. 18ª. Ed. La fotografía profesional. España, Afha, tomo 4, 1979.

FREUND, Gisele. La fotografía como documento social. Barcelona, Gustavo Gili, 1976.

FONCUBERTA Joan y costa Joan, Foto-Diseño, Fotografismo y visualización programada. Enciclopedia del diseño. CEAC. Barcelona, 1988.

GAVER William R., Gladden James W., Eastes John W. Phase holograms formed by silver.

Halide ( sensitized) gelatin processing. Applied optics, V. 19 N. 9 1980.

NAVARRO Pablo, Holograma Social, Ed. Siglo XXI, Madrid.

IVONE John, La holografía, una guía fácil para hacer hologramas. Traducción de

Francisco José López H. Ed. McGraw-Hill, Madrid, Es. 1992.

OLIVEIRA Rosa María, Holografía , la luz creativa. Holografía – Pintar con un hilo de luz. <http://www.arnal.es/bang/holo.html>.

ERWIN Panofsky , La perspectiva como “forma simbólica” .Tusquets Editores  
Traducción de Virginea Coreaga primera edición 1924-1925 Berlín. 5ª Edición 1985

PEAT F. David, Sincronicidad, Puente entre mente y materia, Ed Kairós, Barcelona.

PENNINTON Keith S., Advances in holography, Applied Optics, V. ? N. 1967.?

SCHARA Julio César, Métodos, técnicas y reglamentos para la elaboración de tesis de grado. Cuadernos de investigación “San Rafael”, Universidad del Valle de México

The Holography handbook, autores varios. E.U.A. 1984.

WATSON J. . Optoelectrónica, Ed. Grupo Noriega. 1986.a LIMUSA. 1993.

WATSON J. , Optoelectrónica , Limusa , México , 1983 tr. Villagomez V. Hugo. pag 149.

RINCON ALVARADO. ROCHA LEON ALONSO.

abc De Física, tercer curso, 1991. Ediciones Numancia.

BAENA GUILLERMINA. MONTERO SERGIO.

Tesis en treinta días, Lineamientos prácticos y científicos.

Editores mexicanos unidos. 93.

BAENA GUILLERMINA, MANUAL PARA ELABORAR TRABAJOS DE INVESTIGACION DOCUMENTAL. Ediciones mexicanas unidas.

1993.

MERCADO DOMENECH SERAFÍN J. Procesamiento humano de la información. Ed

Trillas, 1978

AVOITES VICENTE. El laser. La ciencia desde México. 105. 1991.

Fondo de Cultura Económica .

K. WILBER, D. BHOM, K. PRIBRAM, F CAPRA, M. FERGUSON, R. WEBER Y OTROS. El Paradigma Holográfico. Una exploración en las fronteras de la ciencia. Editado por ken Wilber. Editorial Kairós Barcelona. 1992.

BRIGGS JOHN, PEAT DAVID. ESPEJO Y REFLEJO: Del caos al orden.

Guía ilustrada de la teoría del caos y la ciencia de la totalidad.

Ed Gedisa. Barcelona 1992.