



**I  
N  
A  
O  
E**

**Instituto Nacional de Astrofísica  
Óptica y Electrónica**

**REPORTE TÉCNICO**

**“Caracterización de la colofonia como  
material fotosensible”**

**Realizado por:**

**Ivet Olvera Bautista  
Dr. Arturo Olivares Pérez  
Ing. Israel Fuentes Tapia  
M. en C. Rocío Gómez Colín**

**Enero 2005**

**©INAOE 2005**

**Derechos Reservados**

**El autor otorga al INAOE el permiso de reproducir y  
distribuir copias en su totalidad o parcial de este reporte  
técnico.**



## **PREFACIO**

El presente trabajo fue realizado en el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica ( INAOE) en el laboratorio de materiales, en convenio con el Instituto Tecnológico Superior de Atlixco en el proyecto denominado “Dopado de polímeros y resinas para la construcción de dispositivos electro-foto-ópticos” a cargo del Dr. Arturo Olivares Pérez.

A lo largo de los últimos años la ciencia de los polímeros se ha desarrollado hasta el grado de obtener materiales con características extraordinarias, dichos materiales han sido de gran ayuda para el desarrollo tecnológico. En este proyecto se realizaron estudios a un polímero sintético y a una resina natural para la obtención de un material con características ópticas.

El desarrollo de este trabajo fue posible gracias a la colaboración que existió entre el asesor interno M en C Maria del Roció Gómez Colin y el asesor externo Dr. Arturo Olivares Pérez el cual es el encargado del proyecto para que se tuviera acceso a las áreas de trabajo dentro del INAOE y el ITSA, así como al Ing. Israel Fuentes Tapia el cual nos apoyo incondicionalmente con sus comentarios oportunos así como con su experiencia.

## INTRODUCCIÓN

Las resinas y polímeros naturales solubles en agua son moléculas que presentan una estructura compleja y diversas propiedades de las cuales pueden derivarse sus variados usos. El presente proyecto de investigación busca darle a estos compuestos una utilidad enfocada a la tecnología de sensores esto mediante el estudio de estas moléculas como son su estructura, grupos funcionales, propiedades físicas y químicas para obtener mezclas que presenten propiedades electro foto óptica.

El presente trabajo se refiere básicamente a las características que presentan la resina colofonia y el alcohol polivinilico al ponerse en contacto con otros solventes así como las propiedades ópticas que se puedan derivar de estas mezclas por lo cual es necesario mencionar el objetivo principal que se tenía para este proyecto:

- Construir o sintetizar una resina o polímero que al ser dopado con acrilatos se obtenga una emulsión fotosensible con alta respuesta a la radiación lumínica, en zonas bien localizadas mediante el uso de colorantes y cromóforos para sesgar la curva de electro-foto-sensibilidad. Con la particularidad de que estos nuevos electro-foto-polímeros tienen la capacidad de cambiar la resistividad como función de parámetros externos, luz, temperatura, humedad.

De este objetivo general se desprenden los particulares en cuanto al área en la cual se participo dentro de este proyecto la cual fue la caracterización de una mezcla de resina y polímero teniendo como objetivos particulares:

- Determinar las propiedades de solubilidad e índice de refracción
- Determinar su capacidad de almacenar imágenes
- Caracterizar el proceso de grabado de imágenes
- Cuantificar la eficiencia de difracción

La mayor parte de estos estudios se realizarán en el laboratorio de materiales que se ubica en el edificio de óptica del INAOE y algunas pruebas se llevarán a cabo en el Laboratorio de Fisicoquímica del ITSA, esto en función a los requerimientos de material para realizar las pruebas.

El desarrollo de nuevas técnicas en la elaboración o implementación de materiales resulta de gran importancia en la actualidad ya que para la elaboración de diversos trabajos como son hologramas se requieren materiales especiales que se utilizan a condiciones del medio controladas y que tienen un elevado costo y solo se consiguen en el extranjero es por ello que surge la necesidad de sintetizar algunos materiales con recursos naturales como son las resinas, y polímeros sintéticos a fin de producir un material que pueda ser utilizado en cualquier tipo de condiciones ambiente y que sobre todo tenga una respuesta igual o mejor que la que ofrecen los materiales que se adquieren en el extranjero, y que su elaboración no sea tan compleja a costos mínimos.

En el presente trabajo se desarrolla en el primer capítulo todo lo referente a la generalidades sobre los materiales y su clasificación, en especial los polímeros, el segundo capítulo nos habla sobre las características que debe tener una película para ser considerada fotosensible, el capítulo tres contiene todas las pruebas realizadas con respecto a solubilidad de la resina, las mezclas obtenidas y los resultados preliminares, finalmente en el cuarto capítulo se presenta la caracterización de la mezcla de alcohol polivinílico y colofonia como película termosensible para holografía.

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES SOBRE LOS MATERIALES**

### **1.1 Los materiales y su clasificación**

Los materiales son las sustancias que componen cualquier cosa o producto. Desde el comienzo de la civilización, los materiales junto con la energía han sido utilizados por el hombre para mejorar su nivel de vida. Como los productos están fabricados a base de materiales, estos se encuentran en cualquier parte alrededor nuestro. Los más comúnmente encontrados son madera, hormigón, ladrillo, acero, plástico, vidrio, caucho, aluminio, cobre y papel. Existen muchos más tipos de materiales. Debido al progreso de los programas de investigación y desarrollo, se están creando continuamente nuevos materiales. La producción de nuevos materiales y el procesado de estos hasta convertirlos en productos acabados, constituyen una parte importante de nuestra economía actual.

La ingeniería especializada en investigación trabaja para crear nuevos materiales o para modificar las propiedades de los ya existentes. La búsqueda de nuevos materiales progresa continuamente.

#### ***Tipos de materiales***

Por conveniencia la mayoría de los materiales de la ingeniería están divididos en tres grupos principales:

- Metálicos
- Poliméricos
- Cerámicos

#### *Materiales Metálicos*

Estos materiales son sustancias inorgánicas que están compuestas de uno o mas elementos metálicos, pudiendo contener también algunos elementos no metálicos, ejemplo de elementos metálicos son hierro cobre, aluminio, níquel y titanio mientras que como elementos no metálicos podríamos mencionar al carbono.

#### *Materiales Cerámicos*

Los materiales de cerámica, como los ladrillos, el vidrio la loza, los aislantes y los abrasivos, tienen escasas conductividad tanto eléctrica como térmica y aunque pueden tener buena resistencia y dureza son deficientes en ductilidad, conformabilidad y resistencia al impacto.

#### *Materiales Poliméricos*

Un polímero (del griego poly, muchos; meros, parte, segmento) es una sustancia cuyas moléculas son, por lo menos aproximadamente, múltiplos de unidades de peso molecular bajo. La unidad de bajo peso molecular es el monómero. Si el polímero es rigurosamente uniforme en peso molecular y estructura molecular, su grado de polimerización es indicado por un numeral griego, según el número de unidades de monómero que contiene; así, hablamos de dímeros, trímeros, tetrámero, pentámero y

sucesivos. En estos se incluyen el caucho (el hule), los plásticos y muchos tipos de adhesivos. Se producen creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas obtenidas del petróleo o productos agrícolas.

## **1.2 Polímeros termoplásticos**

Los polímeros termoplásticos están formados por largas cadenas producidas al unir moléculas pequeñas y se comportan de manera plástica y dúctil (Donald; R. Askeland: 1998: 17) [1]. Los principales son:

### *Poliétileno*

Es barato y puede moldearse a casi cualquier forma, extruírse para hacer fibras o soplarse para formar películas delgadas. Según la tecnología que se emplee se pueden obtener dos tipos de polietileno :

*Poliétileno de Baja Densidad.* Dependiendo del catalizador, este polímero se fabrica de dos maneras: a alta presión o a baja presión. En el primer caso se emplean los llamados iniciadores de radicales libres como catalizadores de polimerización del etileno. El producto obtenido es el polietileno de baja densidad ramificado;

Cuando se polimeriza el etileno a baja presión se emplean catalizadores tipo Ziegler Natta y se usa el buteno-1 como monómero. De esta forma es como se obtiene el propileno de baja densidad lineal, que posee características muy particulares, como poder hacer películas más delgadas y resistentes.

*Polietileno de alta densidad (HDPE).* Cuando se polimeriza el etileno a baja presión y en presencia de catalizadores Ziegler Natta, se obtiene el polietileno de alta densidad (HDPE). La principal diferencia es la flexibilidad, debido a las numerosas ramificaciones de la cadena polimérica a diferencia de la rigidez del HDPE.

### *Polipropileno*

Como el polipropileno tiene un grupo metilo (CH<sub>3</sub>) más que el etileno en su molécula, cuando se polimeriza, las cadenas formadas dependiendo de la posición del grupo metilo pueden tomar cualquiera de las tres estructuras siguientes:

1. Isotáctico, cuando los grupos metilo unidos a la cadena están en un mismo lado del plano.
2. Sindiotáctico, cuando los metilos están distribuidos en forma alternada en la cadena.
3. Atáctico, cuando los metilos se distribuyen al azar.

Posee una alta cristalinidad, por lo que sus cadenas quedan bien empaquetadas y producen resinas de alta calidad.

### *Cloruro de polivinilo (PVC)*

Este polímero se obtiene polimerizando el cloruro de vinilo. Existen dos tipos de cloruro de polivinilo, el flexible y el rígido. Ambos tienen alta resistencia a la abrasión y a los productos químicos. Pueden estirarse hasta 4 veces y se suele copolimerizar con otros monómeros para modificar y mejorar la calidad de la resina. .

Posee baja densidad, estabilidad térmica y bajo costo. El hecho de ser rígido y quebradizo lo desfavorecen. Estas desventajas pueden remediarse copolimerizándolo con el acrilonitrilo (más resistencia a la tensión).

Es una resina clara y transparente con un amplio rango de puntos de fusión. Fluye fácilmente, lo que favorece su uso en el moldeo por inyección; Posee buenas propiedades eléctricas, absorbe poco agua (buen aislante eléctrico), resiste moderadamente a los químicos, pero es atacado por los hidrocarburos aromáticos y los clorados.

#### *Estireno-acrilonitrilo (SAN)*

Este copolímero tiene mejor resistencia química y térmica, así como mayor rigidez que el poliestireno. Sin embargo no es transparente por lo que se usa en artículos que no requieren claridad óptica.

#### *Copolímero acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)*

Estos polímeros son plásticos duros con alta resistencia mecánica, de los pocos termoplásticos que combinan la resistencia con la dureza. Se pueden usar en aleaciones con otros plásticos. Sus cualidades son una baja temperatura de ablandamiento, baja resistencia ambiental y baja resistencia a los agentes químicos.

Dentro de los termoplásticos también encontramos a las resinas que son definidas por BADUI Dergal (1998) como *sustancias o mezclas de sustancias amorfas, de peso molecular relativamente alto, a temperatura ambiente es un líquido muy viscoso o un sólido que se reblandece gradualmente al calentarlo, insoluble en agua y*

*soluble en algunos disolventes orgánicos. Todas las resinas sólidas son termoplásticos* [2]. Por esto las fusiones termoplásticos son amorfas, esta característica se presenta debido a la disminución de la temperatura de fusión ya que la vibración térmica que existe entre los segmentos de cadena se reduce, la estructura que se forma toma un estado ahulado.

### 1.3 Características de la resina colofonia

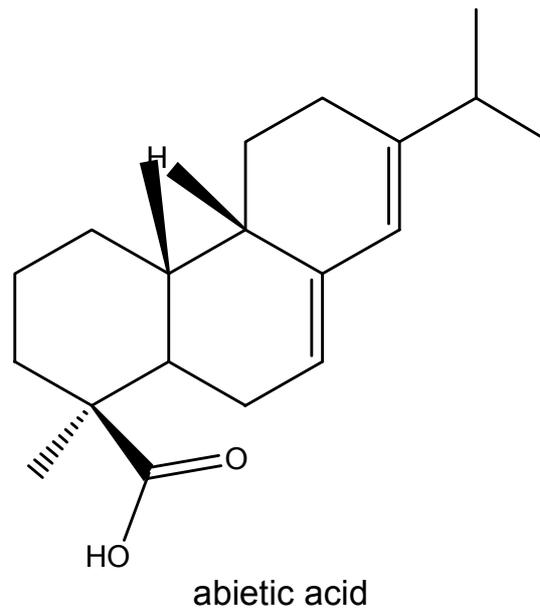
La colofonia es considerada como un producto final en el proceso de destilación de resina de pino y al mismo tiempo es la principal materia prima para la obtención de productos resinosos.

La colofonia es una sustancia sólida, frágil, con estructura vítrea, con color que varía del amarillo pálido al café rojizo: casi inodora e insípida, insoluble en agua, soluble en solventes orgánicos tales como el alcohol, benceno, éter, etc.

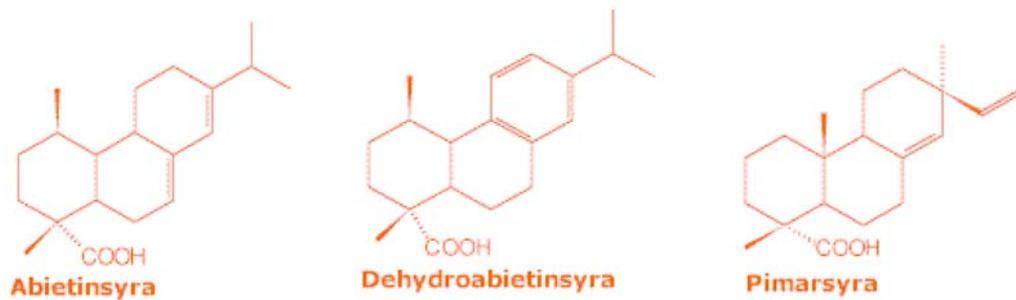
Esta sustancia está constituida hasta 90% de ácidos resínicos y hasta un 10% de insaponificables. Los ácidos resínicos presentes en las diferentes colofonias: ácido abiético, levopimárico, neoabiético, palústrico, dihidroabiético, tetrahidroabiético, dextropimárico e isodextropimárico.

| Indicadores de la colofonia | Clases claras | Clases medias | Clases oscuras |
|-----------------------------|---------------|---------------|----------------|
| Materia insaponificable %   | 4.3 – 5.5     | 5.3 – 8       | 7 – 10         |
| Punto de fusión °C          | 71- 77        | 71 - 77       | 71 – 77        |
| Índice de acidez            | 165 – 171     | 160 – 170     | 155 – 163      |
| Índice de saponificación    | 171 – 177     | 170 - 176     | 165 – 174      |
| Humedad %                   | 0.01 - 0.03   | 0.1 -0.2      | 0.3 – 0.5      |

Tabla 1. Indicadores de la colofonia



Estructura química del ácido abiético



Estructura química de los principales componentes de la colofonia

La proporción de cada ácido varía sobre todo según el método de producción, pero también con el tipo de madera, La resina con altos contenidos de contiene una cantidad más pequeña de ácido abiético y sus derivados. La oxidación hace más frágil y más oscura a la colofonia.

La colofonia es un producto químico relativamente barato que tiene diversas aplicaciones esto es debido a característica adhesiva. Puede ser utilizado en forma sólida o como solución. Los usos más comunes que tiene es como producto

químico de papel y en pintura, barniz y pegamento, se utiliza como un plastificante. Puede también ser encontrado en los productos que se utilizan para aumentar la fricción

La colofonia modificada se utiliza en cantidades grandes. Esto es posible generalmente al acoplamiento doble existente en el grupo carboxilo.

La colofonia tiene un grado muy bajo de polimerización pero puede alcanzar altos niveles de viscosidad y resistencia.

## **CAPÍTULO 2**

### **PARÁMETROS PRINCIPALES EN LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES FOTOSENSIBLES**

#### **2.1 Holografía**

Método de obtener imágenes fotográficas tridimensionales. Las imágenes se crean sin lente alguna, por lo que esta técnica también se denomina fotografía sin lente. Las grabaciones reciben el nombre de hologramas (en griego, holos, 'todo'; gram, 'mensaje o cosa escrita'). Los principios teóricos de la holografía fueron desarrollados por el físico británico de origen húngaro Dennis Gabor en 1947. La primera producción real de hologramas tuvo lugar a principios de los años sesenta una vez disponible el láser. A finales de los años ochenta se comenzó la fabricación de hologramas en color, así como de hologramas que cubrían desde la región del espectro de las microondas hasta los rayos X. También se crearon hologramas ultrasónicos utilizando ondas de sonido.

#### *Producción*

Un holograma se diferencia básicamente de una fotografía normal en que no sólo registra la distribución de intensidades de la luz reflejada, sino también la de fases. Es decir, la película es capaz de distinguir entre las ondas que inciden en la superficie fotosensible hallándose en su amplitud máxima, de aquellas que lo hacen con amplitud mínima. Esta capacidad para diferenciar ondas con fases distintas se logra interfiriendo un haz de referencia con las ondas reflejadas.

Así, en uno de los métodos de obtención de hologramas, el objeto se ilumina mediante un haz de luz coherente, un haz en el que todas las ondas se desplazan en fase entre sí y que se genera con un láser. En esencia, la forma del objeto determina el aspecto de los frentes de onda, es decir, la fase con la que la luz reflejada incide en cada uno de los puntos de la placa fotográfica. Parte de este mismo haz láser se refleja simultáneamente en un espejo o prisma y se dirige hacia la placa fotográfica; este haz se denomina haz de referencia. Los frentes de onda de este último, al no reflejarse en el objeto, permanecen paralelos respecto del plano y producen un patrón de interferencia con los frentes de onda de la luz reflejada por el objeto. Si éste es un punto, por ejemplo, los frentes de onda del haz reflejado serán esféricos; el patrón de interferencia producido en la película estarán entonces formados por círculos concéntricos, reduciéndose el espacio entre los círculos a medida que aumenta el radio.

El patrón de interferencia producido por un objeto más complicado también será mucho más complejo, por lo que la simple inspección del holograma resultante sólo descubrirá un complicado patrón de estructuras oscuras y claras que aparentemente no guardan ninguna relación con el objeto original. Sin embargo, si se contempla el holograma bajo luz coherente, se hará visible el objeto grabado; y si se contempla el holograma desde diferentes ángulos, el objeto también se ve desde distintos ángulos. El efecto tridimensional se consigue porque el holograma reconstruye en el espacio los frentes de onda que originalmente fueron creados por el objeto.

Este mecanismo se puede entender a la vista del ejemplo del holograma de un punto. La luz coherente que incide en los círculos concéntricos del holograma sufre

una difracción sobre una rejilla de difracción. El ángulo del haz aumenta con la distancia respecto del centro de los anillos concéntricos, reconstruyendo así los frentes esféricos de onda, y el espectador percibe el punto en la misma ubicación relativa en la que se hallaba el punto real al construir el holograma. Los frentes de onda de los objetos más complejos se reconstruyen de la misma forma. La distribución de intensidades de la luz reflejada se registra en el grado de oscurecimiento de los patrones de interferencias de la película.

### *Aplicaciones*

Hasta cierto punto, la holografía se puede aplicar en la microscopía óptica, especialmente en el estudio de los organismos vivos. La mejor aplicación de la holografía, sin embargo, se halla en el campo de la interferometría. Si se graban en una misma placa dos hologramas de un mismo objeto utilizando un interferómetro, las dos imágenes se interferirán al reproducirlas. Si el objeto ha sufrido alguna deformación entre ambas grabaciones, aparecerán diferencias de fase en determinadas zonas de las dos imágenes, creando un patrón de interferencias que mostrará claramente dicha deformación. Al hacerse visibles diferencias en los frentes de onda de pequeñas fracciones de longitud de onda, este método resulta de enorme sensibilidad para el estudio de deformaciones de determinados materiales.

Otra aplicación importante la constituye el almacenamiento de datos digitales, que se pueden grabar como puntos brillantes y oscuros en las imágenes holográficas. Un holograma puede contener un gran número de 'páginas' que se graban con ángulos distintos respecto de la placa, permitiendo almacenar una cantidad enorme de datos

en un solo holograma. Iluminándola mediante un haz de láser con diferentes ángulos se pueden recuperar selectivamente las distintas páginas.

## **2.1 Parámetros de evaluación**

Para evaluar una imagen holográfica es necesario definir algunos parámetros que nos den una representación cualitativa y cuantitativa de la calidad de la imagen producida por el holograma. Pueden existir un sin número de criterios que nos permitan evaluar la calidad e la imagen, sin embargo la calidad e la imagen vendrá dada en función al tipo de holograma que se desea y a la aplicación que este tendrá. Algunos de los parámetros que se analizan se encuentran a continuación

### *Eficiencia de difracción*

La brillantez o cantidad de luz difractada de la imagen es considerada como una de las características más importantes y es conocida como eficiencia de difracción. Esta definida como *la razón de intensidades entre la intensidad difractada en el primer orden que contribuye a la reconstrucción del frente de onda original la intensidad e la honda sumisa incidente sobre el holograma* (Cristina Solano. 1994:689) [3]

### *Sensibilidad espectral*

Con este nombre se conoce al intervalo de longitudes de onda que un material fotosensible es capaz de absorber, de este modo se puede determinar si el material es sensible a la longitud de onda del láser empleado.

### *Velocidad del material fotosensible*

Este parámetro hace referencia a la cantidad de energía luminosa necesaria para provocar un cambio fotoquímico en el material en un tiempo determinado.

### *Resolución.*

La resolución es la capacidad de registrar el mínimo de tamaño de información proveniente del objeto, normalmente se expresa en ciclos o líneas por milímetro. Este parámetro reside en que si se registra un holograma de baja frecuencia se tendrá una pérdida de detalle de imágenes.

### *Ruido*

En holografía el término ruido se refiere a la luz que no forma una imagen y que se difracta en la misma dirección que la imagen reconstruida.

### *Persistencia de un holograma*

Un holograma necesita ser persistente sobre el periodo de tiempo necesario para realizar la reconstrucción.

## **CAPÍTULO 3**

### **PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES**

Durante el primer mes de actividades de Residencia Profesional la actividad principal que se realizó fue la búsqueda de información bibliográfica referente a los temas que incluye el proyecto en este caso la búsqueda bibliográfica se enfocó hacia la investigación de polímeros y resinas, estas investigaciones se realizaron en la biblioteca Luis Enrique Erro ubicada dentro del INAOE, en la biblioteca del ITSA y por vía Internet la cual se tuvo acceso en las dos instituciones.

Los siguientes dos meses de actividades se enfocaron a la parte experimental en la cual se trabajó en el laboratorio de materiales básicamente con resina colofonia, en esta parte se observó la solubilidad de la resina en los diversos solventes con que se cuenta en el laboratorio, posteriormente a estas mezclas se analizaron sus reacciones con respecto a la adición del polímero que para esta prueba es el alcohol polivinílico, los resultados obtenidos se muestran a continuación.

#### **3.1 PREPARACIÓN. DE SOLUCIONES PARA OBSERVAR LA SOLUBILIDAD DE LA COLOFONIA**

El objetivo de realizar esta prueba es básicamente observar la solubilidad que tiene la resina en diferentes solventes para este caso los materiales y reactivos utilizados fueron los siguientes:

| <u>Materiales</u> | <u>Reactivos</u>      |
|-------------------|-----------------------|
| Tubos de ensaye   | Resina colofonia      |
| Agitadores        | Alcohol isopropilico. |
| Probetas          | Alcohol isopropilico  |
| Balanza analítica | Alcohol polivinílico  |
|                   | Cloroformo            |
|                   | Acetona               |
|                   | Benceno               |

El método utilizado para esta prueba consistió en agregar la resina al solvente y posteriormente agitarla, los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

| CLAVE            | SOLVENTE (ml)                  | RESINA (gr) | OBSERVACIONES   | SOLUBILIDAD |
|------------------|--------------------------------|-------------|---|-------------|
| M <sub>1</sub>   | Alcohol isopropilico<br>2ml.   | 1gr.        | Se disuelve pero se observa muy saturada                | LENTA       |
| M <sub>1</sub> ' | Alcohol isopropilico<br>3.5ml. | 1gr.        | Se disuelve y se obtiene una solución líquida           | LENTA       |
| M <sub>2</sub>   | Alcohol polivinilico<br>3ml    | 0.5 gr      | Se observa una pasta de color verde (solución saturada) | LENTA       |
| M <sub>3</sub>   | Cloroformo 3 ml                | 0.5 gr      | Se disuelve   | RAPIDA      |
| M <sub>4</sub>   | Acetona 2.5 ml                 | 0.5 gr      | Se disuelve   | RAPIDA      |
| M <sub>5</sub>   | Benceno 3 ml                   | 1gr         | Se disuelve   | LENTA       |

Tabla 2 Solubilidad de la resina colofonia en diferentes solventes.

Como podemos observar de la tabla anterior la mezcla de alcohol polivinilico y resina la solubilidad es muy lenta además de presentar mucha turbidez.



Fig.1 Muestras obtenidas en la disolución

A la muestra  $M_1$  se le agregó 1 ml de alcohol polivinílico y se observa que hay formación de una pasta y la solución se decolora un poco.

### **3.2 PRUEBAS DE MEZCLA DEL ALCOHOL POLIVINÍLICO CON LA RESINA DISUELTA EN DIFERENTES SOLVENTES**

Para la realización de esta prueba el objetivo principal es observar el comportamiento que tiene la resina disuelta en diversos solventes, posteriormente agregada al alcohol polivinílico, así como el monitoreo de estas mezclas en cuanto a la posible presencia de luminiscencia al ser expuesto al láser (rojo y verde), o la capacidad de polarizar la luz, y observar estos mismos parámetros al adicionar colorantes (sales).

La metodología empleada consistió en disolver la resina en los diferentes solventes (tabla 2) y posteriormente se agregó sobre el polímero el material y equipo empleado se enlista a continuación:

| <i>Materiales</i> | <i>Reactivos</i> |
|-------------------|------------------|
| Tubo de ensaye    | Acetona          |

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| Agitadores        | Cloroformo           |
| Láser rojo        | Etanol               |
| Láser verde       | Xileno               |
| Polarímetro       | TCE                  |
| Probetas          | Cloruro De Metileno  |
| Balanza analítica | Benceno              |
|                   | Tolueno              |
|                   | Alcohol Polivinílico |

| CLAVE SL. N | SOLVENTE (10 ml)     | RESINA (2 gr) | SOLUBILIDAD | OBSERVACIONES                    |
|-------------|----------------------|---------------|-------------|----------------------------------|
| 1           | ACETONA              | COLOFONIA     | RAPIDA      |                                  |
| 2           | CLOROFORMO           | COLOFONIA     | LENTA       | Formación de grumos              |
| 3           | ALCOHOL ISOPROPILICO | COLOFONIA     | LENTA       | Formación de grumos              |
| 4           | ETANOL               | COLOFONIA     | LENTA       | Formación de grumos              |
| 5           | XILENO               | COLOFONIA     | RAPIDA      | Formación de grumos              |
| 6           | TCE                  | COLOFONIA     | LENTA       | Formación de grumos              |
| 7           | CLORURO DE METILENO  | COLOFONIA     | RAPIDA      | Produce una reacción endotérmica |
| 8           | BENCENO              | COLOFONIA     | LENTA       |                                  |
| 9           | TOLUENO              | COLOFONIA     | LENTA       | Parcialmente soluble             |

Tabla 3 Solubilidad de la resina en el solvente

Los resultados obtenidos de esta prueba nos muestran que la resina se disuelve con facilidad en acetona y benceno, en los demás solventes forma grumos pero se disuelve con agitación y únicamente en el caso del tolueno es parcialmente soluble.

#### PRUEBAS DE MEZCLA

Una vez obtenidas las disoluciones de resina y solvente, se agregó al alcohol polivinílico arrojándonos los siguientes resultados:

| SOLUCION | ALCOHOL<br>POLIVINÍLICO | NUEVA<br>CLAVE | SOLUBILIDAD                | OBSERVACIONES  |
|----------|-------------------------|----------------|----------------------------|--|
| 1        | 1 ml                    | 1 <sup>1</sup> | Parcial                    | Se presenta una precipitación de gotitas de solución   |
| 2        | 1 ml                    | 2 <sup>2</sup> | No presenta a simple vista | Pasado un tiempo y al evaporarse el solvente forma una goma en la parte superior             |
| 3        | 1 ml                    | 3 <sup>3</sup> | Es soluble momentáneamente | Pasado un tiempo se forman dos capas   |
| 4        | 1 ml                    | 4 <sup>5</sup> | Soluble                    | La solución es turbia  |
| 5        | 1 ml                    | 5 <sup>5</sup> | No soluble                 | Se forman dos capas una que contiene solución decolorada y la otra forma una solución blanca |
| 6        | 1 ml                    | 6 <sup>6</sup> | No soluble                 | Se forman dos capas  |
| 7        | 1 ml                    | 7 <sup>7</sup> | No soluble                 | Se forman dos capas  |
| 8        | 1 ml                    | 8 <sup>8</sup> | No soluble                 | Se forman dos capas  |
| 9        | 1 ml                    | 9 <sup>9</sup> | No soluble                 | Se forman dos capas  |

Tabla 4 Solubilidad de resina-solvente-polímero

### 3.2.1 MONITOREO DE PARÁMETROS EN LAS MUESTRAS

Para realizar este monitoreo se requirió de la obtención de películas de las muestras, las cuales se obtuvieron depositando la mezcla en una superficie de vidrio y dejándola secar, al cabo de esto se realizaron las pruebas obteniendo los siguientes resultados:

| MUESTRA        | $\Omega$   | EXPOSICION<br>LÁSER<br>VERDE | EXPOSICION<br>LÁSER<br>ROJO | POLARIZADOR |
|----------------|------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|
| 1 <sup>1</sup> | -----<br>- | No presenta cambios          | No presenta cambios         | No presenta |

|                |            |                     |                     |             |
|----------------|------------|---------------------|---------------------|-------------|
| 2 <sup>2</sup> | -----<br>- | No presenta cambios | No presenta cambios | No presenta |
| 3 <sup>3</sup> | -----<br>- | No presenta cambios | No presenta cambios | No presenta |
| 4 <sup>5</sup> | -----<br>- | No presenta cambios | No presenta cambios | No presenta |
| 5 <sup>5</sup> | -----<br>- | No presenta cambios | No presenta cambios | No presenta |
| 6 <sup>6</sup> | -----<br>- | No presenta cambios | No presenta cambios | No presenta |
| 7 <sup>7</sup> | -----<br>- | No presenta cambios | No presenta cambios | No presenta |
| 8 <sup>8</sup> | -----<br>- | No presenta cambios | No presenta cambios | No presenta |
| 9 <sup>9</sup> | -----<br>- | No presenta cambios | No presenta cambios | No presenta |

Tabla 5 Monitoreo de las soluciones (luminiscencia y polarización).

En esta prueba se observa que las soluciones no poseen luminiscencia ni polarizan la luz.

### 3.3 PRUEBAS CON COLORANTE:

Para el desarrollo de esta prueba se utilizaron básicamente dos colorantes que fueron el azul de metileno y el azul de bromo fenol, estos se aplicaron a las muestras de isopropanol-colofonia-alcohol polivinílico (solución 1) y etanol-colofonia-alcohol polivinílico (solución 2), esto es debido a que la solución que se obtiene de mezclar estos componentes es una solución homogénea cosa que no sucede con las otras, estas mezclas básicamente se realizaron para observar parámetros como son su

conductividad, si presentan algún fenómeno de polarización de la luz, y su reacción al exponerse al láser verde y rojo. En la tabla que se muestra a continuación las muestras **x** corresponden al colorante azul de metileno y las soluciones **y** corresponden al colorante azul de bromotimol.

| MUESTRA        | $\Omega$    | LASER VERDE | LASER ROJO  | POLARIMETRO |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| X <sub>1</sub> | No presenta | No presenta | No presenta | No presenta |
| X <sub>2</sub> | No presenta | No presenta | No presenta | No presenta |
| Y <sub>1</sub> | No presenta | No presenta | No presenta | No presenta |
| Y <sub>2</sub> | No presenta | No presenta | No presenta | No presenta |

Tabla 6 Monitoreo de las muestras con colorante: conductividad, luminiscencia y polarización de la luz

Como se puede observar en la tabla estas soluciones no nos muestran ninguna propiedad hasta el momento.

### 3.4 PRUEBA REALIZADA CON CLOROFORMO, ALCOHOL POLIVINÍLICO Y COLOFONIA

El mezclar estos tres componentes produce reacción, ya que se forman dos capas en la parte superior una es la correspondiente a la resina con el solvente solo que esta se encuentra un poco mas decolorada la otra capa es a la combinación de estos tres elementos y esta tiene una textura de goma y se observa muy densa.

A esta última capa se le realizara una prueba de grabado de imágenes: La muestra se coloca en un cristal pequeño, se esparce homogéneamente sobre el mismo y posteriormente se deja secar y se le coloca un patrón que contiene un holograma, y se expuso a la radiación solar durante 30 minutos, el resultado fue negativo ya que no se observa ninguna imagen en nuestra película.

La siguiente prueba consistió en realizar el mismo procedimiento anterior solo que esta muestra no se deja secar totalmente y se le coloco el patrón, se expuso de la misma manera a la radiación solar pero para este caso durante 60 minutos, al cabo de este tiempo se desprendió el patrón de la película y se observa que en esta ocasión sí tiene una imagen, pero esta no tiene mucha resolución.

Al observar este comportamiento con esta mezcla se llega a la deducción de que las soluciones que se prepararon con anterioridad mezclando estos tres componentes resina-solvente-polímero pueden presentar este mismo comportamiento por lo que se procedió a analizarlos. A continuación se muestra una tabla de los resultados obtenidos al analizar las soluciones enlistadas en la tabla 4

| SOLUCIÓN       | CONDICIONES                             | TIEMPO DE EXPOSICION | OBSERVACION     |
|----------------|---|----------------------|-----------------|
| 1 <sup>1</sup> | SE DEJÓ SECAR<br>TOTALMENTE LA PELÍCULA | 60 MINUTOS           | NO GRABÓ IMAGEN |
| 2 <sup>2</sup> | SE DEJÓ SECAR<br>TOTALMENTE LA PELÍCULA | 60 MINUTOS           | NO GRABÓ IMAGEN |
| 3 <sup>3</sup> | SE DEJÓ SECAR<br>TOTALMENTE LA PELÍCULA | 60 MINUTOS           | NO GRABÓ IMAGEN |
| 4 <sup>5</sup> | SE DEJÓ SECAR<br>TOTALMENTE LA PELÍCULA | 60 MINUTOS           | NO GRABÓ IMAGEN |

|                |   |            |                 |
|----------------|---|------------|-----------------|
| 5 <sup>5</sup> | SE DEJÓ SECAR<br>TOTALMENTE LA PELÍCULA | 60 MINUTOS | NO GRABÓ IMAGEN |
| 6 <sup>6</sup> | SE DEJÓ SECAR<br>TOTALMENTE LA PELÍCULA | 60 MINUTOS | NO GRABÓ IMAGEN |
| 7 <sup>7</sup> | SE DEJÓ SECAR<br>TOTALMENTE LA PELÍCULA | 60 MINUTOS | NO GRABÓ IMAGEN |
| 8 <sup>8</sup> | SE DEJÓ SECAR<br>TOTALMENTE LA PELÍCULA | 60 MINUTOS | NO GRABÓ IMAGEN |
| 9 <sup>9</sup> | SE DEJÓ SECAR<br>TOTALMENTE LA PELÍCULA | 60 MINUTOS | NO GRABÓ IMAGEN |

Tabla 7 Resultados del grabado de imágenes de la solución resina-cloroformo-polímero condición 1.

Al observar los resultados podemos darnos cuenta que el dejar secar totalmente la película esta no permite el grabado del patrón, por lo que se realizo una segunda prueba en esta la condición que se marco es que la película no debe dejarse secar totalmente, los resultados se presentan en la tabla 7

| SOLUCIÓN       | CONDICIONES                          | TIEMPO DE EXPOSICION | OBSERVACION                                     |
|----------------|--------------------------------------|----------------------|---|
| 1 <sup>1</sup> | LA PELÍCULA NO SE SECA<br>TOTALMENTE | 60 MINUTOS           | NO GRABÓ IMAGEN                                 |
| 2 <sup>2</sup> | LA PELÍCULA NO SE SECA<br>TOTALMENTE | 60 MINUTOS           | GRABÓ IMAGEN PERO NO TIENE<br>MUCHA RESOLUCI ÓN |
| 3 <sup>3</sup> | LA PELÍCULA NO SE SECA<br>TOTALMENTE | 60 MINUTOS           | NO GRABÓ MAGEN                                  |
| 4 <sup>4</sup> | LA PELÍCULA NO SE SECA<br>TOTALMENTE | 60 MINUTOS           | NO GRABÓ IMAGEN                                 |
| 5 <sup>5</sup> | LA PELÍCULA NO SE SECA<br>TOTALMENTE | 60 MINUTOS           | GRABÓ IMAGEN TIENEN MEJOR<br>RESOLUCIÓN         |

|                |                                      |            |                 |
|----------------|--------------------------------------|------------|-----------------|
| 6 <sup>6</sup> | LA PELÍCULA NO SE SECA<br>TOTALMENTE | 60 MINUTOS | NO GRABÓ IMAGEN |
| 7 <sup>7</sup> | LA PELÍCULA NO SE SECA<br>TOTALMENTE | 60 MINUTOS | NO GRABÓ IMAGEN |
| 8 <sup>8</sup> | LA PELÍCULA NO SE SECA<br>TOTALMENTE | 60 MINUTOS | NO GRABÓ IMAGEN |
| 9 <sup>9</sup> | LA PELÍCULA NO SE SECA<br>TOTALMENTE | 60 MINUTOS | NO GRABÓ IMAGEN |

Tabla 8 Resultados del grabado de imágenes de la solución resina-cloroformo-polímero condición 2

Los resultados de esta prueba nos muestran que dentro de las combinaciones que se realizaron entre los tres elementos existen dos que permiten el grabado de imágenes y son la solución cloroformo-colofonia-alcohol polivinílico y xileno-colofonia-alcohol polivinílico, de estas dos mezclas la que se analizó fue la de xileno-colofonia-alcohol polivinílico, ya que de las dos es la que más resolución de imagen tiene, sin embargo la otra no se descarta ya que puede que necesite diferentes concentraciones para presentar una resolución óptima.

### 3.5 PRUEBA REALIZADA CON XILENO, ALCOHOL POLIVINÍLICO Y COLOFONIA

Como se mencionó anteriormente la mezcla de Xileno-colofonia-alcohol polivinílico presenta grabado de imágenes con una resolución regular, para intentar encontrar un punto óptimo para este material se prepararon soluciones en las cuales se fueron

variando las cantidades de solución de colofonia-xileno y de alcohol polivinílico y se le realizaron a cada una pruebas de grabado de imagen, conductividad, exposición al láser rojo y verde y polarización de la luz y los resultados fueron los siguientes:

| SOLUCIÓN XIL-COL(ml) | ALCOHOL POLIVINILICO | GRABADO DE IMAGEN | $\Omega$ | LV  | LR  | POLARIMETRO |                        |
|----------------------|----------------------|-------------------|----------|-----|-----|-------------|------------------------|
| .5                   | 1                    | NO                | ...      | ... | ... | -----       | SOLUCIÓN CON DOS CAPAS |
| 1                    | 1                    | SI                | ...      | ... | ... | -----       | SOLUCIÓN CON DOS CAPAS |
| 2                    | 1                    | NO                | ...      | ... | ... | -----       | SOLUCIÓN CON DOS CAPAS |
| 3                    | 1                    | NO                | ...      | ... | ... | -----       | SOLUCIÓN CON DOS CAPAS |
| 4                    | 1                    | NO                | ...      | ... | ... | -----       | SOLUCIÓN CON DOS CAPAS |
| 1                    | .5                   | NO                | ...      | ... | ... | -----       | SOLUCIÓN CON DOS CAPAS |
| 1                    | 2                    | NO                | ...      | ... | ... | -----       | SOLUCIÓN CON DOS CAPAS |
| 1                    | 3                    | NO                | ...      | ... | ... | -----       | SOLUCIÓN CON DOS CAPAS |
| 1                    | 4                    | NO                | ...      | ... | ... | -----       | SOLUCIÓN HOMOGENEA     |
| 1                    | 5                    | NO                | ...      | ... | ... | -----       | SOLUCIÓN CON DOS CAPAS |

Tabla 9 Monitoreo de las muestras compuestas por resina-xileno-polímero

De acuerdo a las pruebas la solución que graba imágenes es la 1-1.

Observaciones de estas pruebas:

La prueba de la solución de xileno-colofonia-alcohol polivinílico se utilizó 8 días después de su preparación al cabo de este tiempo grababa imágenes y esto se controló hasta 15 días después de su preparación, sin embargo 17 días después de su preparación se le realizaron varias pruebas con las cuales dio una respuesta negativa al grabado de imágenes.

## CAPÍTULO 4

### CARACTERIZACIÓN DEL POLÍMERO FORMADO POR LA MEZCLA DE COLOFONIA Y ALCOHOL POLIVINÍLICO

Para el desarrollo esta caracterización lo que se requiere son patrones de hologramas, fuente de calor (Horno de secado medidas interiores 33\*28 cm. Ríos Rocha Modelo HS-33, 746 Watts, 6 Amperes, 200°C), resina (Colofonia) y polímero (PVA), superficies para colocar la película (vidrios), fuente de luz puntual.

El proceso por el cual se obtendrá un polímero termo sensible es mediante la mezcla de dos termoplásticos, en este caso se trata de una resina y un polímero, dichas mezclas se preparan a diferentes concentraciones, es decir variando un elemento y dejando al otro constante, para este caso el elemento que se toma constante es la cantidad del polímero, la mezclas de mayor interés serán aquellas que presenten menos turbidez al ser colocadas como películas.

Inicialmente esta prueba se realizó observando la solubilidad de la colofonia en alcohol polivinílico y se obtuvieron los siguientes resultados.

| RESINA<br>(COLOFONIA)<br>(g) | POLÍMERO (PVA)<br>(ml.) | CARACTERÍSTICAS DE LA<br>MEZCLA EN SOLUCIÓN                         | CARACTERÍSTICAS DE LA<br>MEZCLA EN PELÍCULA |
|------------------------------|-------------------------|---|---|
| 5                            | 10                      | La resina es casi insoluble en esta cantidad de alcohol.            | La película obtenida es muy opaca.          |
| 3                            | 10                      | La cantidad de resina se disuelve, solo que la solución obtenida es | La película obtenida es muy opaca.          |

|      |    |  |                                     |
|------|----|--|-------------------------------------|
|      |    | muy turbia.                            |                                     |
| 2    | 10 | La solución obtenida es turbia         | La película se observa opaca        |
| 1    | 10 | En esta solución la turbidez disminuye | La película se observa opaca        |
| 0.5  | 10 | Se obtiene una solución más clara      | La película es un poco transparente |
| 0.25 | 10 | Se obtiene una solución clara          | La película es transparente         |

Tabla 10 Solubilidad de resina colofonia en alcohol polivinílico

Las mezclas obtenidas del proceso empleado en su mayoría presentan turbidez y para ser utilizadas como películas holográficas, como se mencionó antes, tienen que ser lo más transparente posibles es por ello que se utiliza las dos últimas que se presentan en la Tabla 8 y se observan en la siguiente figura:

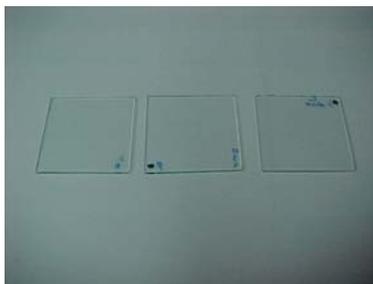


Figura 2 Apariencia de las muestras obtenidas

Al realizarles una prueba para observar su capacidad de almacenar imágenes y determinar si se pueden utilizar como películas para holografía, la que arroja un mejor resultado es la ultima, en la que agregamos 10 ml. de polímero y 0.250 g de resina, además de que el holograma es autorrevelable y se obtuvieron los hologramas que se presentan a continuación:

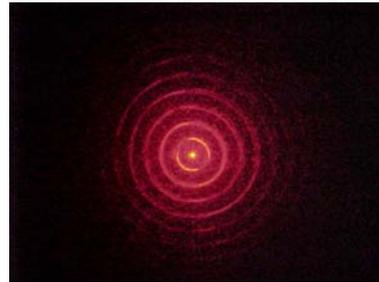
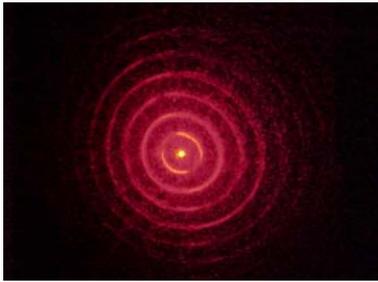


Fig. 3 Vista desde el láser de patrones de difracción de anillos.



a)



b)

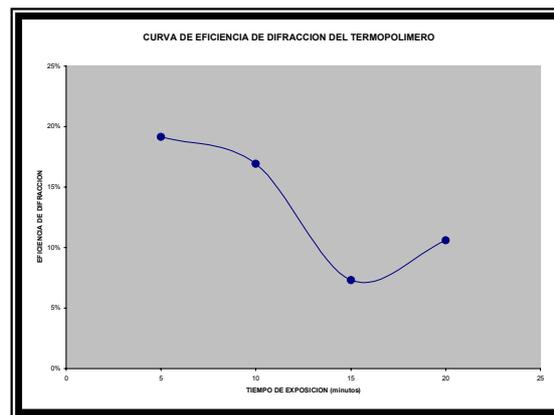
Fig. 4 Vista de luz puntual lámpara 100 Watts a) Difracción de una rejilla, b) Difracción de anillos

En las pruebas que se realizaron al polímero lo que se varió fue el tiempo de exposición a calor en el horno (Horno de secado medidas interiores 33\*28 cm. Ríos Rocha Modelo HS-33, 746 Watts, 6 Amperes, 200 °C), a 60 °C, los intervalos de tiempo que se expusieron fueron de 5 minutos, con lo que se obtuvieron cuatro muestras.



Fig.5 Montaje del arreglo utilizado para medir la eficiencia de difracción.

Al medir la eficiencia de difracción de las cuatro muestras en los diferentes tiempos de exposición los resultados nos arrojaron la siguiente curva:



Gráfica 1 Curva de eficiencia de difracción del termopolímero

Como podemos observar la máxima eficiencia se obtuvo al menor tiempo de exposición que fue el de 5 minutos y la eficiencia fue de 19%, este resultado se debe a que la película obtenida tiene aún impurezas y limitaciones a la hora de modularse térmicamente, las que no permiten que el patrón utilizado para medir la eficiencia logre una óptima modulación.

A continuación se muestran algunas microfotografías tomadas a la película sensible

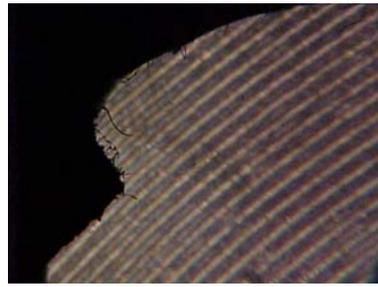
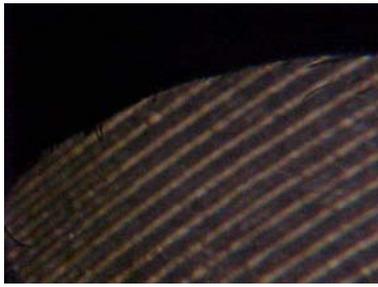


Fig.6 Anillos de difracción grabados en la película

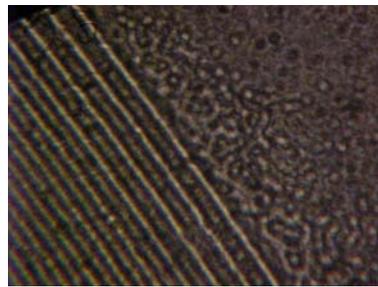
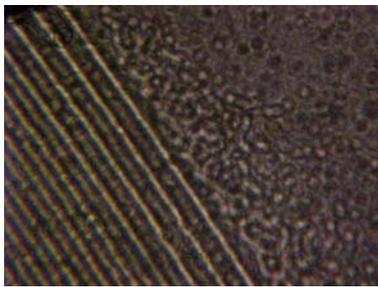


Fig. 7 Se observan las dos regiones en la película, la región del grabado en la que se encuentran los anillos y la región de la película sin imagen.

## **RESULTADOS**

El material obtenido es un polímero formado por la mezcla de una resina natural (en este caso se trata de colofonia) y un polímero soluble en agua, este polímero al ser sometido a temperatura tiene la capacidad de almacenar imágenes, durante las pruebas realizadas con las mezclas formadas por resina-polímero-solvente se encontraron dos mezclas interesantes la que contenían como solvente a xileno y la que contenía al cloroformo, estas mezclas producían una líquido de color blanco que al ser secado se volvía transparente y al ser probada su capacidad de almacenar imagen, los resultados obtenidos nos indicaron que estas mezclas poseen la propiedad de almacenar imágenes.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Resumiendo brevemente podemos decir que durante el desarrollo del trabajo se estudió más a fondo en la mezcla formada por resina y polímero, la cual se

caracterizó tanto en el proceso de grabado de imágenes como en la eficiencia presentada que en sí fue muy baja (19%) esto debido a que aún se tienen problemas en cuanto a su purificación por lo que para estas pruebas es necesario que las películas que se obtengan sean lo más transparente posibles para ser utilizadas como películas termo sensible para holografía,.

Por lo que sería importante implementar un método mediante el cual se eliminen las impurezas que contienen tanto el polímero como la resina pues con esto podría obtenerse una película mas limpia para reducir el ruido y para incrementar la eficiencia.

Por otra parte es necesario hacer un estudio minucioso sobre los tiempos de exposición, lo cual al parecer sería conveniente reducirlos más y aumentar un poco la temperatura, y también agregar dopantes o matrices más adecuados para una óptima modulación.

En cuanto a las mezclas de resina-polímero-solvente (en un caso xileno y en el otro cloroformo) sería importante darles un seguimiento y caracterizar el método de grabado así como cuantificar su eficiencia, ya que éstas pueden ser líneas nuevas de investigación en cuanto a materiales termosensibles para holografía.

## REFERENCIAS

- [1] R. Askeland Donald; Ciencia e ingeniería de los materiales; México; 1998; 3<sup>a</sup> Edición; p 17

[2] BADUI, D. S Diccionario de tecnología de los alimentos; Addison Wesley Longman, México 1998; p 185

[3] SOLANO, Cristina, Principales parámetros de los materiales fotosensibles para utilizarse en holografía; Revista mexicana de física, 1994; p 689.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ANDERSON, J.C; et al; Ciencia de los materiales; Editorial Limusa; México; 2002; 2<sup>da</sup>. Edición; p 702

B. De Belis John y O. Reynolds George; Theory and applications of holography; Editorial Addison Wesley; USA 1967; 1<sup>a</sup>. Edición; p 196

E. Kock Winston; Lasers & holography an introduction to coherent optics; Editorial Doubleday & Company; New York; 1981; 2ª Edición; p 141

GEORGE, Rochow Theodore and GEORGE, Rochow Eugene; Resinography: an introduction to the definition, identification and recognition of resins, polymers, plastics and fibers; Editorial Plenum Press; USA; 1976; 1ª Edición; p 296

IOVINE, John; La holografía: una guía fácil para hacer hologramas; Editorial Mc Graw Hill; España; 1992; 1ª Edición; p 296