

00521  
65



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PREPARACION DE POLIETILENO PARA IMPRESION DE TINTAS FLEXOGRAFICAS

TRABAJO ESCRITO VIA CURSOS DE EDUCACION CONTINUA QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERA QUIMICA PRESENTA

NORMA GUILLEN HERNANDEZ



MEXICO. D. F.

EXAMENES PROFESIONALES FACULTAD DE QUIMICA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

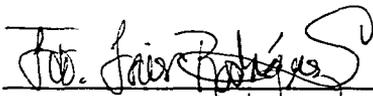
**JURADO ASIGNADO:**

<b>PRESIDENTE</b>	<b>PROF. FRANCISCO JAVIER RODRIGUEZ GOMEZ.</b>
<b>VOCAL</b>	<b>PROF. CARLOS RODRIGUEZ RIVERA.</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>PROF. MIGUEL GUEVARA HERNÁNDEZ.</b>
<b>1ER. SUPLENTE</b>	<b>PROF. ANGEL RUIZ VALTIERRA.</b>
<b>2DO. SUPLENTE</b>	<b>PROFA. ZOILA NIETO VILLALOBOS.</b>

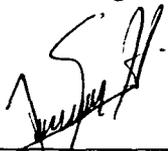
**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA**

**EDIFICIO D, LABORATORIO 211  
FACULTAD DE QUÍMICA, U. N. A. M.**

**ASESOR DEL TEMA:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. FRANCISCO JAVIER RODRIGUEZ GOMEZ.**

**SUSTENTANTE:**

  
\_\_\_\_\_  
**NORMA GUILLÉN HERNÁNDEZ.**

2

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **INDICE**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. INFORMACIÓN GENERAL.</b>	
<b>1.1- FLEXOGRAFÍA.</b>	<b>2</b>
<b>1.2- TINTAS FLEXOGRÁFICAS.</b>	<b>2</b>
<b>1.3- USOS DE LAS TINTAS FLEXOGRÁFICAS.</b>	<b>3</b>
<b>1.4- SUSTRATOS.</b>	<b>3</b>
<b>1.5- MÉTODOS PARA LA PREPARACIÓN DE POLIETILENO.</b>	<b>4</b>
<b>1.5.1.- MECÁNICO</b>	<b>4</b>
<b>1.5.2.- QUÍMICO.</b>	<b>4</b>
<b>1.5.3.- TRATAMIENTO CON GASES IONIZADOS.</b>	<b>4</b>
<b>1.5.3.1.- TRATAMIENTO POR FLAMA.</b>	<b>5</b>
<b>1.5.3.2.- TRATAMIENTO CORONA.</b>	<b>5</b>
<b>1.5.3.3.- TRATAMIENTO POR PLASMA.</b>	<b>5</b>
<b>1.6- TRATAMIENTO POR EL MÉTODO CORONA.</b>	<b>5</b>
<b>1.7- COMPONENTES DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO CORONA.</b>	<b>7</b>
<b>1.7.1- GENERADOR DE CORONA.</b>	<b>7</b>
<b>1.7.2- ESTACIÓN TRATADORA.</b>	<b>8</b>
<b>1.7.3- EQUIPO AUXILIAR.</b>	<b>13</b>
<b>1.8- CONSIDERACIONES PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DEL EQUIPO PARA TRATAMIENTO CORONA.</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 2. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE PREPARACIÓN DE POLIETILENO.</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES.</b>	<b>17</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>18</b>

**Nuestra mayor gloria no consiste en no caer nunca sino en levantarnos cada vez que caemos.**

**El fracaso es un maestro, nos muestra nuestras fallas y nos indica las áreas de nuestras vidas que tenemos que perfeccionar.**

**Proverbio Oriental.**

**Con todo mi amor a DIOS por permitirme estar en el lugar preciso  
por estar siempre a mi lado y darme las  
fuerzas necesarias para vencer todo obstáculo.**

A

**A mis padres por todo su amor y apoyo a lo largo de mi vida,  
gracias por todos los sacrificios realizados para lograr  
terminar con éxito esta etapa de mi vida y por los  
principios enseñados que estarán presentes a lo largo  
de mi vida personal y profesional.**

**A mis hermanos:       Erika la fortaleza.  
                                  Thaydeé la serenidad.  
                                  Ernesto la inteligencia.**

**Mi más profundo agradecimiento a toda mi familia  
por estar siempre  
a mi lado y por apoyarme en todo momento, los amo.**

**A mi sobrina Andy a quien adoro con toda  
mi alma y para que el presente trabajo  
sirva como un ejemplo de lucha y superación.**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México  
por todas las oportunidades ofrecidas durante  
mi vida estudiantil, es un gran orgullo ser  
miembro de su comunidad.**

**Con todo cariño y respeto a la  
Facultad de Química y todos sus  
profesores por enseñarnos a vencer  
cualquier obstáculo y formar  
profesionistas con ética y principios.**

**A cada uno de los profesores del diplomado “ Tecnología en pinturas “  
por los conocimientos transmitidos durante el diplomado  
en especial a los Ingenieros Miguel Guevara, Angel Ruiz y al  
Dr, Francisco Rodriguez por transmitir sus experiencias  
y aportaciones para mejora de este trabajo.**

**Mi más sincero agradecimiento al Ing. Luis Armando Paredes  
por el apoyo incondicional en esta etapa profesional.  
Gracias por confiar en una servidora.**

**NORMA**

## **INTRODUCCIÓN**

A partir de la segunda mitad de los años cincuentas, la sustitución del papel en impresiones por películas metálicas o plásticas y de *foil* (*membrana delgada de metal con calibre inferior a 0.006"*), así como las numerosas demandas en la industria de conversión representan nuevos requerimientos de producción, como por ejemplo, incrementar el tratamiento de superficies de estos nuevos materiales antes de su impresión.

En el caso de las poliolefinas no polares, representadas por el polietileno y el polipropileno, tienen una superficie químicamente inerte y no porosa, con un nivel de energía superficial bajo, lo cual resulta en poca adherencia de las tintas de impresión, recubrimientos y adhesivos. En ausencia de un enlace puramente mecánico, tal como una tinta que penetra en una superficie; porosa como el papel o madera, es necesaria una interacción adecuada de la superficie la interacción de la superficie tiene dos componentes: la humectabilidad de la película y la fuerza de adhesión química entre la película y la tinta.

Para lograr que las tintas, pinturas y adhesivos logren adherirse a la superficie de un plástico, se aplican diferentes sistemas de activación, que generalmente consisten en producir rugosidad microscópica generando valles y colinas o microperforaciones para que la tinta aplicada ancle en la superficie. El tratamiento previo puede realizarse mediante procesos fisicoquímicos, químicos, térmicos o eléctricos, resultando en una oxidación superficial y/o reducción de la cristalinidad. Existen diferentes tecnologías para el tratamiento de superficie como el tratamiento por flama, por impregnación, bombardeo de electrones, plasma, pero el tratamiento corona ha destacado como la tecnología principal del tratamiento superficial más usada por las industrias de extrusión y conversión.

Es importante mencionar que el tratamiento superficial no está limitado a los materiales mencionados anteriormente; puede utilizarse para mejorar la adherencia de casi todos los materiales plásticos, además de muchos materiales no plásticos como el papel y el aluminio que tienen una superficie más adhesiva cuando reciben tratamiento superficial en la producción. Esta aplicación del tratamiento superficial se llama "postratamiento" y se usa para incrementar la adhesividad de otros procesos de conversión como impresión y laminación a la superficie del material.

De acuerdo al planteamiento antes descrito los objetivos del presente trabajo se describen a continuación:

- Presentar las tecnologías existentes en la preparación de superficie de polietileno para la impresión de tintas empleadas en el proceso de impresión flexográfico.
- Describir la necesidad e importancia del tratamiento superficial.
- Presentar al tratamiento corona como el método de tratamiento más sobresaliente de los disponibles actualmente.

## **1- INFORMACIÓN GENERAL.**

### **1.1- FLEXOGRAFÍA**

La flexografía es uno de los procesos de impresión más utilizado en empaque flexible, es un método directo de impresión rotativa que utiliza planchas elaboradas en sustratos de caucho o fotopolímero. Las planchas se pegan a cilindros metálicos de diferente longitud de repetición, entintados por un rodillo dosificador conformado por celdas, con o sin cuchillas que lleva una tinta fluida de rápido secado a la plancha, para imprimir virtualmente sobre cualquier sustrato absorbente o no absorbente.

Entre más productos sean empacados, más empaques impresos serán requeridos. Los empaques atrapan exitosamente los ojos de los consumidores y los fabricantes muy acertadamente insisten en que los empaques impresos son sus representantes en los estantes de las tiendas y que para posicionar una marca se necesita un color y una calidad de impresión consistente para asegurar la lealtad del consumidor.

### **1.2- TINTAS FLEXOGRÁFICAS.**

Estas tintas son empleadas en el proceso de impresión flexográfica y su desarrollo está relacionado al crecimiento y aceptación del proceso flexográfico. Inicialmente la tinta era hecha de una solución de agua y colorante a base de brea. Los colorantes eran disueltos en alcohol, con ácidos tánico y acético, eran poco resistentes al efecto de la luz, sangraban hacia el interior del sustrato y tenían un horrible olor residual después del secado en el sustrato, por lo que se fueron desarrollando nuevos colorantes y pigmentos que secan más rápido con alcohol y su olor fue eliminado. Con el desarrollo de nuevos sustratos, se requirieron nuevas formulaciones de tintas de modo que aparecieron tintas con co-solvente y se usaron por muchos años con hidrocarburos alifáticos y alcohol como solvente, así como resinas de poliamida que proporcionan brillo y buena adherencia en la mayoría de los sustratos, absorbentes o no.

Las tintas poliamídicas no son resistentes al calor y grasa, y no son usadas en laminaciones. Las tintas para polietileno resistentes al calor y laminables se producen con bases de nitrocelulosa pigmentada. Se usan barnices que contienen resinas de poliamida mezcladas con bases de nitrocelulosa. Las tintas flexográficas son una dispersión de resinas, solventes, pigmentos y aditivos que son reducibles con solventes o agua; usualmente son de baja viscosidad, alta fluidez y rápido secado en comparación con tintas empleadas en otros procesos de impresión, por ejemplo tipografía, en donde las tintas son pastosas en base aceite que fluyen muy lentamente y son de alta viscosidad.

### **1.3 USOS DE LAS TINTAS FLEXOGRÁFICAS**

Hoy en día las tintas flexográficas cuentan con una gran gama de aplicaciones como su uso en la impresión de empaque flexible. En la impresión de empaque flexible se incluyen laminaciones, pouches (bolsa pequeña), envolturas de dulces, bolsas de papas fritas, bolsas de pan y detergentes.

Las tintas flexográficas son también usadas en publicaciones comerciales y libros impresos, impresión de papel para uso doméstico, como toallas, pañuelos y servilletas, así como papel tapiz; también son utilizadas para materiales corrugados, cartón plegable, cartones para leche, contenedores de plástico rígido, bolsas de papel y multicapas, etiquetas y envolturas para regalos. La aplicación de las tintas en empaques ha creado nuevas demandas en las propiedades de las tintas flexo, entre las más comunes son adhesión, fuerza de color, opacidad, abrasión, tensión superficial, coeficiente de fricción, resistencia al calor, resistencia a la luz, control de olor y la capacidad de cumplir en su formulación con las regulaciones correspondientes de la FDA ( Food and Drug Administration ).

La gran variedad de sustratos a imprimir con características únicas originan una gran cantidad de sistemas de tintas, las cuales requieren diferentes características para obtener las propiedades requeridas y reflejadas en el empaque final. Algunos de los sustratos más comunes se mencionan en el siguiente punto.

### **1.4 SUSTRATOS**

Todo material para impresión se denomina sustrato, con las tintas flexográficas se pueden imprimir todo tipo de materiales, los más comunes foils, celofanes, polipropilenos, PVC'S, películas metalizadas, co-extruidas, papel, cartón, polietileno y poliésteres. Estos materiales no se escogen necesariamente por sus características de impresión, pero sí por su funcionalidad, por ejemplo, el polietileno es la película más utilizada para una gran cantidad de aplicaciones que van desde bolsas para detergentes hasta co-extrusiones, cintas y laminaciones multicapas para bolsas hervibles.

Las películas, sobre todo los plásticos que se imprimen o recubren, tienen que ser "tratadas" para reorientar los electrones de su superficie. Un tratamiento insuficiente puede causar poca adherencia de las tintas de impresión, trapping en los colores de la impresión, pin-hole ( deficiencia de una tinta impresa al no formar una película continua completa, visible en forma de pequeños huecos en el área de impresión ) y fantasmas de impresión ( presencia de una falsa imagen de un diseño en áreas que no están destinadas a recibirla, usualmente es un patrón repetido en la dirección de la máquina impresión ).

Como se planteó en el párrafo anterior el tratamiento de la superficie de los sustratos es de gran importancia para la impresión de las tintas flexográficas; la tinta debe de mojar completamente el sustrato. Para lograr que la tinta humedezca bien la superficie sólida se requiere que la energía superficial del plástico sea mayor que la energía superficial del líquido. Idealmente la energía superficial del polietileno debe ser de 7 a 10 dinas/cm más alta que la tensión superficial de la tinta, por ejemplo, una tinta con una tensión superficial de 30 dinas/cm no humedecería adecuadamente un polietileno con una energía superficial menor a 39 dinas/cm.

## **1.5- MÉTODOS PARA PREPARACIÓN DE POLIETILENO. ( PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE)**

La mayoría de los plásticos tienen una superficie químicamente inerte y no porosa, con nivel de energía superficial bajo, causando que no sean receptivos para enlaces con sustratos, tintas de impresión, recubrimientos y adhesivos. Los plásticos de menor tensión superficial son el polietileno con 31 dinas/cm y el polipropileno con 32 dinas/cm.

Diferentes métodos están disponibles para alterar la superficie de tales materiales:

### **1.5.1. Mecánico.**

La superficie rugosa del polímero se obtiene mecánicamente moliendo, cepillando, detonando o con otros métodos similares que crean suficientes sitios donde adhesivos o pinturas pueden adherirse fácilmente. La acción de corte sobre la superficie durante este tratamiento también puede cortar cadenas de polímero, creando abertura o enlaces expuestos en la superficie. Esto permite aumentar los enlaces químicos sobre la superficie.

### **1.5.2. Químico.**

La superficie tratada con químicos resulta alterada para aumentar la energía superficial, proporcionando cadenas químicas activas o grupos sobre la superficie del polímero. El comportamiento altamente inerte de muchos polímeros con frecuencia requiere químicos, los cuales son problemáticos en términos de manejo y medio ambiente.

### **1.5.3. Tratamiento con gases ionizados.**

El método más común para incrementar la energía superficial del polietileno es el uso de gases ionizados que afectan la superficie del polímero. Tres principales efectos tienen lugar sobre la superficie del polietileno durante un tratamiento con gases ionizados:

- **Bombardeo de electrones-** Los electrones generados en un campo eléctrico de un plasma, golpean la superficie con una amplia distribución de energía y velocidad. Esto produce división de la cadena sobre la capa superior del polímero, creando también entrecruzamiento, por consiguiente reforzamiento del material polimérico.
- **Bombardeo de iones-** Cada ión generado en el campo eléctrico de un plasma o durante la reacción química en una flama, golpea la superficie del polímero con una distribución de diferentes energías y velocidades, esto producirá chisporroteos que limpian las superficies del sustrato y una efectiva eliminación de estructuras con bajo peso molecular.
- **Excitación de gases-** La ionización de gases significa también la presencia de varias especies excitadas en el gas. Usando la correcta mezcla de gases estas especies excitadas reaccionan con la superficie del polímero creando grupos funcionales como hidroxilos (-OH), carbonilos (-C=O), carboxilos (-COOH) o amino (-NH<sub>x</sub>), los cuales presentan alta polaridad y cambian la interacción ácido/base en la superficie del polímero.

En algunos polímeros la superficie tratada puede durar varias semanas, mientras que en otras el efecto del tratamiento desaparece en días u horas, la razón mayor para la disminución del tratamiento de la superficie es la recombinación de grupos activos, así como la desaparición de tales grupos en la masa de material.

Dentro de los métodos para tratamiento de superficie por ionización de gases existen tres métodos usados comúnmente:

#### **1.5.3.1- Tratamiento por flama.**

En este tratamiento se aprovecha la combustión de una flama típicamente de butano o propano sobre la superficie del polímero.

El tratamiento por flama oxida la superficie y hace más fácil el anclaje de tintas. La superficie del plástico se expone a la zona de oxidación de la flama por menos de un segundo. El gas quemado utiliza del 10 al 15 % de aire sobre su rango estequiométrico para alcanzar temperaturas de 1,100 a 2,800 °C. Visualmente la flama debe ser perfectamente azul para lograr el tratamiento correcto, la finalidad es corregir la tensión superficial y no calentarla o quemarla.

#### **1.5.3.2- Tratamiento corona.**

En el tratamiento corona el sistema de ionización es creado aplicando una alta frecuencia, y alto voltaje con una combinación de dos electrodos opuestos, de los cuales uno por lo menos es aislado con un dieléctrico.

#### **1.5.3.3- Tratamiento por plasma.**

El método más moderno de tratamiento superficial es a base de plasma, desarrollado en la década de los ochentas con gran éxito. Para generar el plasma, un gas inerte atraviesa el arco eléctrico dentro de una pistola aspersora, el arco calienta el gas hasta el estado de plasma, expulsándose una luz muy brillante. La pistola de plasma provee temperaturas por arriba del punto de fusión de cualquier sustancia conocida. El sistema opera en una presión atmosférica estándar y no requiere cámaras de vacío, produciendo un plasma uniforme.

De los tres métodos anteriores el tratamiento corona es el tratamiento más usado para bobinas de polietileno en la industria de conversión y principalmente en el proceso de impresión flexográfica.

### **1.6. TRATAMIENTO POR EL MÉTODO CORONA**

El tratamiento corona es un proceso electrónico desarrollado años atrás por la compañía Dupont, es usado por un gran segmento de la industria que distribuye plásticos en sus diferentes formas. El uso mayor de este proceso es en extrusión de películas para la industria del empaque flexible, sin embargo muchos otros productos plásticos como

moldes formados, botellas, jarras, PVC, foil de aluminio, papel metalizado y plástico metalizado pueden ser tratados por este método para mejorar la humectabilidad y la adhesividad de tintas, recubrimientos y adhesivos. Consecuentemente los materiales tratados tendrán mejor calidad para imprimir y recubrir.

Para tener un mejor entendimiento del proceso de tratamiento corona, es importante conocer cada componente de dicho sistema y su contribución al efecto final sobre el sustrato. En un sistema de tratamiento corona existen tres componentes: un generador de alta frecuencia, un transformador de alto voltaje y la unidad tratadora.

El generador convierte la energía eléctrica que entra a 60 hertz a una de más alta frecuencia, mientras que el transformador aumenta el voltaje disponible al nivel necesario para crear la corona; en la generación de la corona para el tratamiento de la superficie, el nivel del voltaje es mantenido lo suficientemente alto para ionizar el aire, pero abajo del punto que resultaría en la descarga de una chispa. Finalmente la unidad tratadora es el área en la cual la corona se encuentra con el material y ocurre el tratamiento.

La configuración de la unidad tratadora se compone del electrodo, el intervalo de aire ( air gap ), el sustrato, el rodillo conectado a tierra y el cubrimiento dieléctrico.

El tratamiento corona está basado en el principio que el intervalo de aire entre el electrodo y la superficie del material tiene una menor caída de voltaje dieléctrico que el material. La energía eléctrica de alto voltaje y alta frecuencia ionizan el aire que se convierte en conductor. Los electrones se mueven de la superficie del electrodo negativo hacia el rodillo positivo conectado a tierra acelerando y chocando con otras moléculas a lo largo del camino. En el proceso, se forman moléculas altamente oxidantes y calor. Estos agentes altamente oxidantes, tales como ozono, oxígeno atómico y radicales libres de oxígeno, reaccionan con las moléculas de la superficie del material. Aquí, los enlaces estándar no polares carbono-carbono se transforman en cadenas cortas, radicales libres, que se oxidan fácilmente, resultando grupos polares funcionales.

El calor en el dieléctrico hace las películas susceptibles a oxidación. El resultado final es el aumento en la tensión de humectación y adherencia mejorada a otros materiales polares como tintas y adhesivos.

Existen tres rangos de energía superficial más comúnmente usados en aplicaciones de tratamiento corona:

<b>RANGO</b>	<b>APLICACIÓN</b>
38-40 dinas / cm	Tintas base solvente y adhesivos.
42-44 dinas / cm	Tintas base agua y tintas UV.
48-50 dinas / cm	Adhesivos para laminación base agua.

Un sistema de tratamiento corona, en su forma más simple, puede equiparse con un condensador, se aplica voltaje a la placa superior, que en el sistema de tratamiento

corona es el electrodo. El dieléctrico del condensador está constituido por un recubrimiento de algún tipo ( poliéster , silicona, cerámica ), del material que se quiere tratar y el espacio de aire entre el electrodo y el material. El componente final o placa negativa, está constituido por el rodillo metálico del tratador, el cual debe estar conectado a tierra.

### 1.7- COMPONENTES DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO CORONA.

Se han mencionado anteriormente los componentes de un sistema de tratamiento corona, en este punto se describe cada uno de ellos. El sistema de tratamiento consta principalmente de tres componentes:

- Generador de corona o fuente de poder.
  - Transformador de alto voltaje.
- } Electrodos.
- La estación tratadora
- } Rodillo tratador.

#### 1.7.1- Generador de corona o fuente de poder

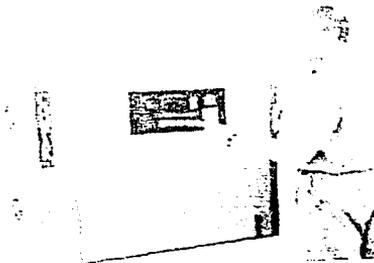
La fuente de poder acepta energía eléctrica de 50/60 Hz, de la empresa pública de energía. La convierte a energía de una fase con una frecuencia más alta ( normalmente de 10 a 30 kHz ) y pasa a través de un transformador de alto voltaje a la estación tratadora descargándose en el electrodo.

Las fuentes de poder más antiguas eran de tipo motor generador, no confiables para operación continua a largo plazo por causa de avería mecánica. Fueron remplazadas por las fuentes de poder que usaban una bobina Tesla y un espinterómetro para generar el poder de alta frecuencia y alto voltaje, estos eran una mejora pero faltaba confiabilidad a causa de la corrosión de los espinterómetros. Posteriormente existieron las fuentes de poder de estado sólido que usaron transistores como el dispositivo de salida y tenían una capacidad de poder de salida limitada, recurriendo hasta 16 transistores conectados en paralelo para alcanzar los niveles de poder necesarios. Aunque los dispositivos de estado sólido son muy confiables , el número de componentes requeridos causó un aumento proporcional en la posibilidad de una falla al azar.

La evolución natural de las fuentes de poder impulsó el desarrollo de un inversor consistente de rectificadores de silicio controlado (SCR) como dispositivo de poder de salida. Se han empleado los inversores SCR en muchas partes del mundo durante los últimos 25 años y se ha probado que son muy confiables.

Con los desarrollos de transistores capaces de manejar los voltajes y amperajes requeridos para tratamiento corona, las fuentes de poder pudieron evolucionar en los rangos de frecuencia más altos. La tecnología de transistores ha dado un paso más con la introducción del IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). La capacidad del transistor bipolar de compuerta aislada para manejar niveles de voltaje más altos y proveer interrupción a velocidades altas por control lógico permite un control más preciso de la potencia de tratado y la frecuencia.

El empleo de dispositivos de control lógico permite que se use un microprocesador capaz de ser programado y chips de minicomputadora, los cuales dan niveles de tratamiento confiables con una variedad de sustratos, aumentan la consistencia del tratamiento corona para una adhesión elevada del material que se va a extruir. Este control avanzado asegura la exactitud y consistencia del tratamiento corona ajustando automáticamente la fuente de poder y la frecuencia en respuesta a todas las variables como el electrodo, el tipo de rodillo, el espesor del tramado y el espacio para el aire.



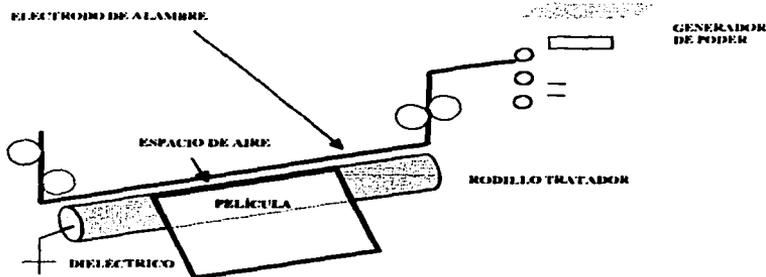
En la figura 1. se muestra una fuente de poder

## 1.7.2- ESTACIÓN TRATADORA

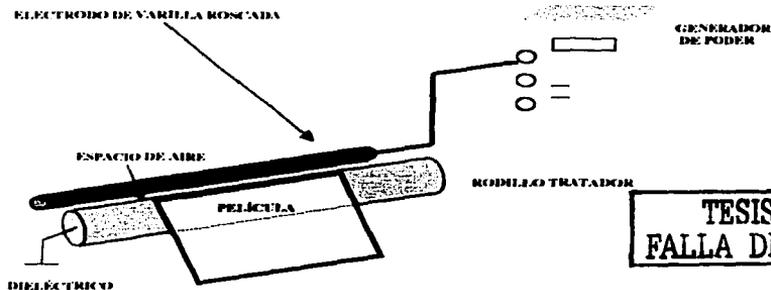
La estación tratadora aplica la energía eléctrica generada por la fuente de poder y suministrada como corona a la superficie del material por el espacio del aire y a través de un par de electrodos. Uno de los electrodos se encuentra a potencial alto, mientras que el otro ( usualmente un rodillo que sostiene el material ) se encuentra a potencial de tierra. Solo la cara del material frente al electrodo de potencial alto debe manifestar aumento en la tensión superficial.

La configuración del electrodo ha tomado muchas formas, la más antigua era un alambre extendido paralelo al rodillo conectado a tierra. El rodillo estaba cubierto por un dieléctrico como envoltura de poliéster. El electrodo de alambre realizaba su objetivo, pero proporcionaba una corona tan angosta que el tiempo de permanencia ( tiempo durante el

cual el sustrato está en presencia de la corona ) era demasiado corto. El nivel de energía que podía aplicarse era limitado debido a la capacidad de la sección transversal del alambre, era limitada también su capacidad de disipar el calor generado durante el tratamiento; además había que sacar del área de trabajo el ozono producido siempre entre el espacio de la corona.

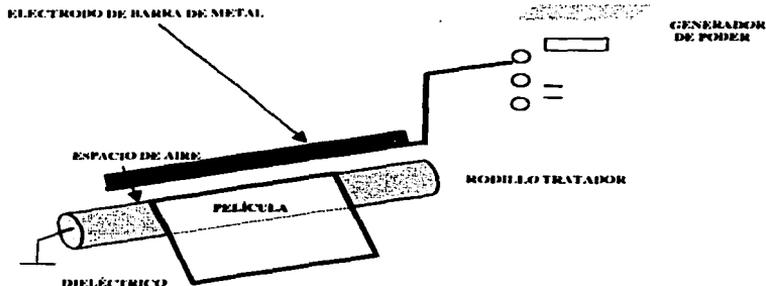


Otro de los electrodos antiguos era una varilla enroscada que suministraba un tiempo de permanencia más largo, pero a causa del desnivel de la superficie del electrodo se creaba un tratamiento desigual a través del sustrato diagonalmente. La corona suele ser más intensa a los bordes agudos del electrodo , causando un nivel de tratamiento más alto donde la porción roscada está más cerca del sustrato.



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Los electrodos compuestos de barras de metal rectangulares combinadas con un rodillo recubierto con material dieléctrico, son ampliamente usadas hoy en día. Las barras producen un tratado uniforme a lo ancho del material, pero es necesario preparar barras del mismo ancho de los materiales a tratar y realizar el cambio de barras cada vez que se cambia el ancho del material, considerándose una desventaja para el operador y para el espacio de almacenamiento para los electrodos.



Para solucionar el problema de cortar electrodos de varios tamaños, según el ancho del material, se diseñaron electrodos en forma de barra segmentada, montados sobre una varilla, de tal forma que para variar el ancho de tratado sólo era necesario separar los segmentos del rodillo de tratado conectado a tierra, igualando así el largo del electrodo con el ancho del material que se debería tratar. Esta configuración de electrodos tiene varias ventajas y desventajas:

#### Ventajas

- Si el electrodo segmentado se monta directamente encima del rodillo conectado a tierra, los segmentos fácilmente se levantan y permiten el paso de empalmes gruesos o arrugas mayores que el espacio del aire, cayendo luego en su lugar cuando estos han pasado.
- Permite levantar segmentos intermedios, permitiendo tratamientos por zonas en la dirección del material a tratar.

### Desventajas.

- La desventaja principal de los electrodos segmentados es la posibilidad de la falta de uniformidad en el tratamiento, debido a la separación entre los segmentos y los bordes agudos de éstos, creando zonas de mayor tratamiento. El corte diagonal de los segmentos corrige parcialmente el problema , pero no lo elimina por completo.

Otro método que se ha intentado sin mucho éxito es usar una serie de electrodos segmentados, los cuales se disponen alternadamente para que cada fila de electrodos de electrodos cubra el espacio de aire que deja la fila anterior. Esta solución no ha sido confiable, las pruebas recientes indican que todavía ocurre tratamiento no uniforme significativo.

Se ensayaron dos electrodos primitivos consistentes en un tubo de vidrio con una vara metálica como inserción y un tubo de vidrio lleno de lana de acero. Este aparato era un concepto totalmente nuevo porque por primera vez se quitaba la cubierta dieléctrica del rodillo conectado a tierra y se le colocó al electrodo, esta configuración de rodillo descubierto prometía brindar muchas ventajas, sin embargo pronto se eliminó a causa de la expansión de la vara metálica ( como resultado del aumento de temperatura ), se rompió el tubo de vidrio y ni siquiera podía impedirse el sobrecalentamiento o rompimiento con la rotación del electrodo para extender la corona. Es importante mencionar que ninguna de las configuraciones con electrodo metálico y rodillo cubierto hace su efecto cuando se tratan sustratos conductores como los aluminios o las películas metalizadas. Se requería una forma de electrodo muy compleja.

Una nueva configuración fue diseñada utilizando electrodos con recubrimiento cerámico y un rodillo metálico descubierto, resolviendo así los problemas que habían encontrado hasta ese momento. Se desarrolló una cerámica que permite que se aplique el doble de la potencia por pulgada cuadrada a cada electrodo. El electrodo de cerámica alcanzó este nivel de tratamiento a causa de su constante dieléctrica más alta y su reactancia eléctrica más baja. Estos factores permiten que el electrodo de cerámica provea un nivel de tratamiento más alto para cada voltaje aplicado, además la cerámica es menos sensitiva a las temperaturas de operación altas, se pueden aplicar niveles de potencia más altos y ser mantenidos para proveer continuamente niveles de tratamiento más altos al electrodo.



En la figura 2. se muestra un electrodo de cerámica

Este electrodo permitió alcanzar los siguientes objetivos:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1. **Tratamiento corona uniforme a lo ancho del material.**
2. **Eliminar la necesidad de ajustar el electrodo al ancho del material.**
3. **Eliminar la cubierta dieléctrica del rodillo, la cual requiere cambios frecuentes, un inventario de rodillos o mangas adicionales y pérdidas de tiempo en producción mientras se cambian las cubiertas quemadas.**
4. **Permitir el tratamiento de sustratos tanto conductores como no conductores, usando un sistema sencillo, sin rodillos de tratamiento motorizado. Aún materiales perforados pueden tratarse con este tipo de electrodo.**
5. **Permitir que pasen empalmes sin lastimar los electrodos , a pesar de la proximidad de los electrodos con el rodillo tratador.**
6. **La capacidad de potencia del electrodo de cerámica reduce el número de electrodos a la mitad, produciendo así una estación de tratamiento más pequeña y menos cara.**
7. **Cumple con todos los requisitos de operación y seguridad de las plantas de extrusión y conversión.**

Adicionalmente a estos objetivos operacionales, la configuración con un rodillo descubierto elimina la necesidad de un gabinete cerrado por motivos de seguridad y para remover el ozono. La mayoría de las estaciones convencionales requieren de un gabinete cerrado, no solo para remover el ozono en el área del operador, sino también para evitar el peligro de choques eléctricos a los operadores que trabajan en las proximidades de la estación de tratamiento corona.

En los puntos anteriores se observó la gran cantidad de desarrollos que se tuvieron en los electrodos para tratamiento corona, desde alambre hasta cerámica especialmente formulada, sin embargo, es importante mencionar las características de lo que comprende un electrodo ideal, cada vez que se alcance un desarrollo:

- a) **El electrodo debe proveer un nivel controlado de tratamiento uniforme a lo ancho del material.**
- b) **Debe proveer tratamiento a tramados conductores y no conductores.**
- c) **Debe permitir que un empalme pase por la estación tratadora sin hacer daño al electrodo o a la estación.**
- d) **El electrodo debe proveer un área de barra suficiente o la capacidad de potencia para reducir al mínimo el número de electrodos.**

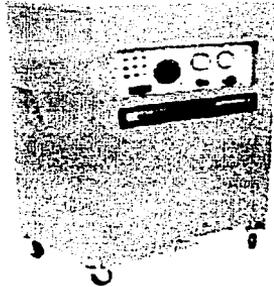
- e) Debe tener resistencia química y física en un ambiente industrial.
- f) El electrodo debe ser fácil de trasladar y reemplazar para reducir el tiempo de paro de producción.
- g) El electrodo debe proveer seguridad al operador sin un gabinete cerrado.
- h) Debe estar disponible un método de tratamiento por zonas en la dirección del material a tratar en caso de que requiera áreas de sellado al calor.
- i) Debe existir provisión para purgado cuando se operan los sistemas en ambientes peligroso.
- j) Los requerimientos de separación para el aire deben ser tales que el operador pueda mantener fácilmente la distancia del aire adecuado en el ambiente de producción.

### **1.7.3- EQUIPO AUXILIAR**

El ozono ( $O_3$ ) es una necesidad en algunos procesos y un subproducto en otros, pero en ambos casos debe sacarse del área de trabajo porque causará riesgos a la salud y problemas de corrosión; en tiempos pasados, había una solución para el aire contaminado por ozono: darle escape a la atmósfera, sin embargo las regulaciones existentes hoy en día en cuanto a gases emitidos a la atmósfera limitan este método.

Para disminuir la cantidad de ozono enviado a la atmósfera se desarrolla "la unidad de descomposición del ozono", la cual convierte el ozono en oxígeno y consiste en un filtro de partículas, un material prefiltro y un lecho del catalizador de óxido metálico que reduce un nivel de ozono de entrada de 150 ppm a menos de 0.1 ppm, un nivel seguro para el área de trabajo y para darle escape a la atmósfera dentro de las más estrictas regulaciones sobre el aire. A continuación se describe el funcionamiento de la unidad:

El aire contaminado por ozono (el escape del tratador) entra a la parte superior de la unidad y corre por el filtro de partículas, allí se sacan las partículas y el polvo para asegurar que no contaminen y no obstruyan el lecho del catalizador, posteriormente corre por un material pre-filtro que neutraliza ciertos gases de los procesos de conversión y extrusión para impedir que contaminen o encubran el catalizador de ozono. El aire contaminado por ozono corre por el lecho de pellets de óxido metálico, el cual convierte el ozono en oxígeno, momento en el cual puede salir a la atmósfera.



En la figura 3. se presenta un equipo para eliminación de ozono:

### **1.8- CONSIDERACIONES PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DEL EQUIPO PARA TRATAMIENTO CORONA.**

Para determinar el tamaño de un tratador corona se examinarán algunos parámetros de aplicación que afectan al mismo:

1) Los puntos de partida para la determinación del tamaño de sistema son la cantidad de kilovatios de la fuente de poder y la anchura de la estación tratadora. Los sistemas de tratamiento logran aumentar la tensión superficial aplicando un nivel de poder determinado a la superficie durante un cierto periodo de tiempo, este parámetro poder-tiempo se mide en densidad de vataje ( vatios por pie cuadrado por minuto ). La densidad de vataje aplicada es directamente proporcional al tamaño de la fuente de poder e inversamente proporcional al tamaño de la estación, esta relación se complica por dos factores: la velocidad de línea y la capacidad del electrodo de manejar un nivel de poder determinado, ambos factores pueden incrementar el tamaño físico y el costo de la estación tratadora.

2) Velocidad de la línea- Si aumenta la velocidad de la línea baja la máxima densidad de vataje que pueda alcanzarse, impactando en la determinación del tamaño y costo del sistema.

3) Los materiales o sustratos diferentes reaccionan diferente al tratamiento corona. Algunos materiales, como por ejemplo el poliéster, aceptan fácilmente el tratamiento y muestran aumentos rápidos de tensión superficial con niveles de densidad de vataje relativamente bajos, de 0.9 a 0.12; el polietileno sustrato en el que se imprimen las tintas flexográficas no acepta el tratamiento fácilmente, pero muestra un aumento rápido de la tensión superficial con niveles de vataje más altos de 2 a 2.5 .

## 2- ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE PREPARACIÓN DE POLIETILENO.

En este capítulo se realiza un análisis comparativo entre los métodos descritos anteriormente para la preparación de superficie de polietileno con el propósito de lograr una buena adhesión polietileno-tinta, destacando el tratamiento corona como principal método para la impresión de tintas flexográficas en polietileno.

Iniciando con el método mecánico se puede decir que su principal desventaja comparado con el tratamiento corona es que en la superficie de la película aumenta la rugosidad de la misma en una escala mayor, lo cual no siempre es aceptado sobre todo en la industria del empaque, en donde la apariencia es fundamental para establecer el diálogo entre el producto y el consumidor con el objetivo de motivar la compra. En el tratamiento corona con los últimos avances en equipo se puede obtener un tratamiento de la superficie uniforme a todo lo ancho del material.

En el tratamiento químico el uso de químicos es un factor importante para considerar este método como costoso en términos de manejo y medio ambiente; en el tratamiento corona los desechos de ozono son tratados antes de enviarlos a la atmósfera y dentro de normas ambientales.

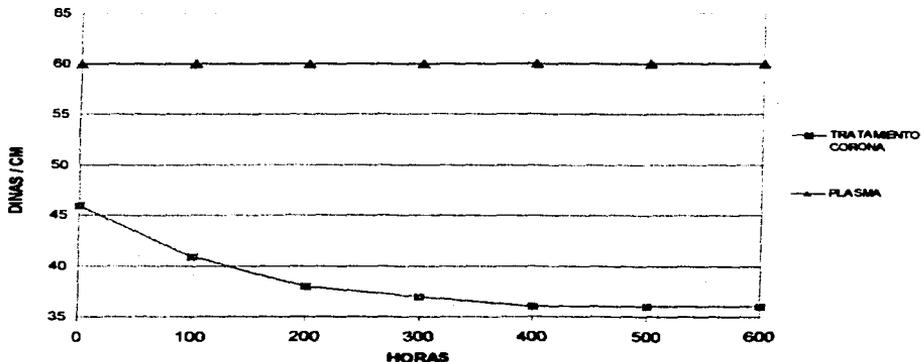
Con el tratamiento por flama, la flama debe ser perfectamente azul para lograr el tratamiento correcto en la superficie, en donde la finalidad primordial es corregir la tensión superficial del material y no calentarlo o quemarlo. En el tratamiento de polietileno se tiene que considerar el control de la flama para no quemar el polietileno, por esta razón este método es utilizado principalmente para superficies irregulares, de formas complejas y áreas de forma complicada como por ejemplo en botellas y productos de moldeados. Por el tratamiento corona es suficiente para polietileno adecuando condiciones de densidad de vataje sin llegar a quemar el polietileno.

Finalmente el tratamiento a base de plasma es el método más moderno que logra superficies adecuadas para diversos tipos de acabados, con una gran gama de beneficios como altos niveles de tratamiento, eliminación de " pin-holing ", flamas frías con control químico, no producción de ozono, la morfología de la superficie no es afectada y duración adecuada de la activación superficial.

Sin embargo, en el tratamiento corona se pierde tratamiento al paso del tiempo, así como en películas con alta concentración de aditivos que al migrar a la superficie disminuyen los efectos del tratamiento. Aún con las desventajas presentadas del tratamiento corona comparado con el tratamiento por plasma, hoy en día el tratamiento corona es el más utilizado por la extrusión de polietileno y por la impresión flexográfica.

A continuación se presenta una gráfica comparativa del tratamiento corona y de plasma en cuestión del comportamiento de la superficie del polietileno a través del tiempo:

### COMPORTAMIENTO DE TENSION SUPERFICIAL DEL POLIETILENO ATRAVÉS DEL TIEMPO



En el tratamiento por plasma desde el inicio se obtiene una tensión superficial de 60 dinas/cm y permanece constante a través del tiempo, la tensión superficial de polietileno para la impresión de tintas flexográficas (base solvente) como se mencionó en párrafos anteriores es de 38-40 dinas/cm, lo cual se puede lograr desde el inicio del tratamiento corona y aún con su disminución en el tiempo (aproximadamente a los cuatro días empieza a disminuir) pero dentro del rango de aplicación. Este punto debe ser considerado por el impresor, el cual debe imprimir esta película antes del tiempo que inicia a la disminución de tratamiento. Una vez impreso el material ya no existe disminución en el tratamiento.

### **3- CONCLUSIONES**

De acuerdo a los puntos tratados anteriormente se concluye que en la industria del empaque flexible es importante una buena adherencia entre la tinta y el sustrato a imprimir para lograr una imagen satisfactoria y atractiva al consumidor.

Esta adherencia y humectabilidad es nula cuando se trata de polietileno ( material más usado en impresión de empaque flexible ) por su estructura molecular no polar, motivo por el cual su superficie debe ser tratada para lograr incrementar su energía superficial con los diferentes métodos desarrollados a través del tiempo.

En el presente trabajo se trataron los métodos existentes desde el mecánico hasta lo último en tecnología, como el tratamiento por plasma, con el objetivo de informar sobre cada uno de ellos y concluyendo con el análisis presentado que el más empleado es el tratamiento corona para lograr la adherencia requerida entre sustrato y tinta.

Como ya se ha estudiado, la corona eléctrica es creada por una fuente de alto voltaje a través de una estación tratadora donde el aire es ionizado y oxida la superficie del polietileno aumentando así su energía superficial.

El método más reciente en el tratamiento superficial como el tratamiento por plasma provee soluciones prácticas a la necesidad de aumentar la tensión superficial del sustrato, sin embargo el tratamiento corona logra con su desventaja (decremento del tratamiento a través del tiempo ) en comparación con el método mencionado anteriormente satisfacer las necesidades requeridas en la impresión de tintas flexográficas en polietileno.

Finalmente la tecnología del tratamiento superficial debe seguir adelante para satisfacer las necesidades de materiales que cambian constantemente ( sustratos y tintas ) y los parámetros de producción. La tecnología del tratamiento debe seguir desarrollándose para proveer niveles de tratamiento adecuados a velocidades de línea que van incrementando y dictando la economía de producción.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Asociación de técnicos en flexografía.  
**FLEXOGRAFÍA ( PRINCIPIOS Y PRÁCTICAS )**  
Cuarta edición.  
Nueva York ( 1992 ).
  
- Instituto Mexicano del Plástico Industrial.  
**ENCICLOPEDIA DEL PLÁSTICO 2000**  
Tomo cuatro.  
Segunda edición.  
México (1999-2000).
  
- Foundation of Flexographic Technical Association.  
**FLEXOGRAPHIC INK: A PROCESS APPROACH.**  
First Edition.  
New York (1998).
  
- Corona Designs Inc.  
**CORONA TREATMENT TECHNICAL MANUAL.**  
Garland Texas.
  
- Garbassi, Morra, Occhiello.  
**POLYMER SURFACES FROM PHYSICS TO TECHNOLOGY.**  
John Wiley & Sons Ltd.  
Third Edition ( January 1996 )  
West Sussex, England.
  
- W. Decker, S. Pirzada, M. Michael, A. Yializis " Long Lasting Surface Activation of Polymer Webs ".  
Sigma Technologies International Inc.  
Tucson, Az. USA. (2000)
  
- David A. Markgraf. " Tratamiento corona una consideración breve ".  
Enercon Industries Corporation.