

15  
25j



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

“LOS RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES LIQUIDOS  
MAS USUALES. SELECCION Y APLICACIONES.”

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO QUIMICO**  
P R E S E N T A :  
**ARMANDO LIRA HIDALGO**

ASESOR: I.Q.M. RAFAEL SAMPERE MORALES.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen Garcia Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Los recubrimientos industriales líquidos más usuales  
Selección y aplicaciones.

que presenta el pasante: Armando Lira Hidalgo.  
con número de cuenta: 8401494-4 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Químico.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 26 de Octubre de 1998

PRESIDENTE	<u>I.Q. Alvaro Leo Ramirez</u>	
VOCAL	<u>I.U.M. Rafael Sampere Morales</u>	
SECRETARIO	<u>Dr. Adolfo Obaya Valdivia</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Q. Ana Ma. Velázquez Sánchez</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>M. en C. Guillermo Rodríguez Romero</u>	

## AGRADECIMIENTOS

### **A mis padres:**

Mario W. Lira y María Teresa Hidalgo, a quienes debo todo en la vida, les expreso un profundo sentimiento de gratitud, por su ejemplo, por el cariño y sabiduría con la que me han ayudado durante todo el tiempo de mi formación.

### **A mis hermanos:**

Mario, Felipe, Agustín y Arturo, con los que he compartido grandes momentos y que sin escatimar esfuerzo, siempre me han apoyado brindando lo mejor de ellos.

### **A mi esposa:**

María Teresa Cervantes, quiero expresar un especial agradecimiento por su presencia en mi vida, que ha compartido todos los instantes de mi formación profesional, brindándome su confianza entusiasta y constante.

### **A mi asesor:**

I.Q.M. Rafael Sampere M., por su apoyo, dedicación, por los múltiples y excelentes comentarios en el desarrollo de esta tesis.

### **A mis hijos:**

Armando Mauricio y Claudia, por la alegría que dan a mi vida, para que este trabajo sirva como ejemplo para el desarrollo de su formación en todos los aspectos de su vida.

Mi agradecimiento a la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlan, a los profesores, amigos y a todas aquellas personas que de alguna forma han contribuido a ser lo que soy.

Armando Lira Hidalgo

	PAGINA
<b>Capitulo I .- Objetivos e introducción.</b>	1
1.1    Objetivos.	1
1.2    Introducción.	2
 <b>Capítulo II .- Historia de los recubrimientos</b>	 5
2.1    Antecedentes generales	5
2.2    Antecedentes en México.	7
 <b>Capitulo III .- Clasificación general de recubrimientos.</b>	 10
3.1    Recubrimientos bitúminosos.	10
3.2    Recubrimientos cerámicos.	12
3.3    Recubrimientos no metálicos inorgánicos.	15
3.4    Recubrimientos marinos.	15
3.5    Recubrimientos metálicos.	17
3.6    Recubrimientos orgánicos.	20
3.7    Recubrimientos plásticos y termoplásticos.	23
 <b>Capitulo IV .- Composición básica de los recubrimientos industriales líquidos.</b>	 25
4.1    Marco teórico	26
4.2    Parte pigmentaria.	31
4.2.1   Pigmentos de bajo índice de refracción.	33
4.2.2   Pigmentos de alto índice de refracción.	33
4.3    El vehículo.	35
4.3.1   El aglutinante.	35
4.3.2   Disolventes.	36
4.3.3   Agentes modificantes.	37
 <b>Capitulo V .- Clasificación y usos de los recubrimientos industriales líquidos.</b>	 40
5.1    Recubrimientos en base a resinas acrílicas.	42
5.2    Recubrimientos en base a resinas alquidálicas.	44
5.3    Recubrimientos en base a resinas epóxicas.	47

5.4	Recubrimientos en base a resinas fenólicas.	51
5.5	Recubrimientos en base a resinas de hule clorado.	54
5.6	Recubrimientos en base a lacas.	54
5.7	Recubrimientos en base a resinas de poliuretano.	57
5.8	Recubrimientos en base a resinas de silicón.	60
5.9	Recubrimientos en base a resinas vinílicas.	62
	<b>Capitulo VI .- Formulaciones tipo y especificaciones.</b>	<b>65</b>
6.1	Tabla de formulación tipo de recubrimiento a base de resina acrílica y propiedades físicas.	66
6.2	Tabla de formulación tipo de recubrimiento a base de resina alquidática y propiedades físicas.	68
6.3	Tabla de formulación tipo de recubrimiento a base de resina epóxica y propiedades físicas.	70
6.4	Tabla de formulación tipo de recubrimiento a base de resina fenólica y propiedades físicas.	72
6.5	Tabla de formulación tipo de recubrimiento a base de resina de hule clorado y propiedades físicas.	74
6.6	Tabla de formulación tipo de recubrimiento a base de lacas y propiedades físicas.	75
6.7	Tabla de formulación tipo de recubrimiento a base de resina de poliuretano y propiedades físicas.	76
6.8	Tabla de formulación tipo de recubrimiento a base de resina de silicón y propiedades físicas.	77
6.9	Tabla de formulación tipo de recubrimiento a base de resina vinílica y propiedades físicas.	78
6.10	Características y propiedades generales de los recubrimientos industriales líquidos.	79
6.10.1	Pruebas químicas.	79
6.10.2	Tabla de características y pruebas físicas.	80
	<b>Capitulo VII .- Métodos de secado.</b>	<b>81</b>
7.1	Secado al aire libre.	84
7.2	Secado forzado.	85
7.3	Secado en horno.	86

7.3.1	Secado en hornos de aire caliente.	87
7.3.2	Secado en hornos de calor radiante.	88
	<b>Capítulo VIII .- Preparación de superficies.</b>	90
8.1	Preparación de la superficie <i>por limpieza</i> .	90
8.1.1	Limpieza mediante operaciones a mano.	91
8.1.2	Limpieza mediante operaciones con herramientas mecánicas.	91
8.1.3	Limpieza por decapado.	92
8.1.4	Limpieza a la llama.	92
8.2	Formación de rugosidades en las superficies lisas.	93
8.2.1	Preparación de superficies rugosas por medio de chorro de arena.	93
8.3	Limpieza por tratamiento químico.	95
8.3.1	Limpieza con disolventes orgánicos.	95
8.3.2	Limpieza con álcalis.	96
8.3.3	Limpieza por emulsión.	97
8.3.4	Limpieza por ácidos.	97
8.3.5	Recubrimientos de fosfato.	98
	<b>Capítulo IX .- Métodos de aplicación.</b>	99
9.1	Método de aplicación <i>por medio de brocha</i> .	99
9.2	Método de aplicación <i>por medio de pulverización</i> .	100
9.2.1	Pulverización <i>por medio de aire comprimido</i> .	101
9.2.2	Pulverización <i>por medio electrostático</i> .	102
9.2.3	Pulverización <i>en caliente</i> .	102
9.3	Método de aplicación <i>por inmersión</i> .	103
9.4	Método de aplicación <i>por medio de rodillo</i> .	103
	<b>Capítulo X .- Resumen de recubrimientos industriales líquidos, propiedades y aplicaciones.</b>	105
	<b>Capítulo XI .- Conclusiones.</b>	108
	<b>Bibliografía.</b>	110

## CAPITULO I .- OBJETIVOS E INTRODUCCION.

### 1.1 OBJETIVOS.

*Presentar una introducción para la selección, usos y aplicaciones de los recubrimientos industriales líquidos, desde el punto de vista de la Ingeniería Química.*

*Indicar como seleccionar el recubrimiento adecuado, dependiendo del material y el medio al que este expuesta la superficie.*



## 1.2 INTRODUCCION.

A través de los años los recubrimientos de superficies, protectores y decorativos, se han venido utilizando con un *incremento gradual* de su consumo a medida que la civilización se ha ido desarrollando industrial y tecnológicamente.

Los recubrimientos son actualmente tan completos y tan variados que muchos de los términos antiguos, como "pintura", "laca", o "barniz", tienen en la actualidad un nuevo significado.

El término "recubrimiento" lo definiremos como una capa o cubierta con la que se protege, o adorna, una superficie de la corrosión, del deterioro y del desgaste de los objetos. Esta capa o cubierta de materia mineral orgánica o metálica, de la superficie y que se forma parte de la misma puede ser aplicada por dos formas: superpuesto a la superficie (pinturas, recubrimientos cerámicos o metalización), o producido por modificación superficial del mismo (oxidación en caliente, fosfatación, desplazamiento, cobreado, cromatos, vanadatos).

Los recubrimientos industriales, tienen como objetivo proteger las superficies expuestas a diferentes tipos de medios:

a) Los elementos atmosféricos, como la lluvia, temperaturas elevadas, temperaturas bajas, cambios bruscos de temperatura, o rayos ultravioleta.

b) La exposición a mayores grados de humedad, incluyendo vapor, condensación e inmersión en agua.

c) La exposición a los ácidos, álcalis, productos químicos, gases y vapores industriales, ya sea por salpicaduras, derrames o por contacto continuo.

Es conveniente aclarar que no existe en la actualidad un recubrimiento que proteja al 100% de los diferentes tipos de exposición, para lo cual presentaremos un panorama general de los recubrimientos industriales líquidos mas usuales y el uso específico para el cual es recomendado.

También es importante mencionar, que los recubrimientos, en general tienen un tiempo de vida o durabilidad, ya depende también de la superficie que se protege, como el acero ( este se oxida y se corroe), la madera

(se pudre, se tuerce o se raja), el concreto se gasta y se desintegra al absorber la humedad.

Por eso es necesario que todos los materiales preserven su estado inicial con la adecuada selección del recubrimiento a usar, y que depende en gran parte de la aplicación adecuada, donde en un capítulo más adelante se detallará.

La aplicación de la Ingeniería Química dentro de esta rama de la industria se ha ido incrementando día con día, y la participación del egresado de esta carrera en cada una de las áreas de la industria de los recubrimientos industriales líquidos es la siguiente:

- i) En la selección de las materias primas adecuadas al tipo de recubrimiento, contactando con los diferentes proveedores y consiguiendo materiales de primera calidad.
- ii) En la investigación y desarrollo de las formulaciones, mejorando las ya establecidas, desarrollando nuevos productos, efectuando pruebas físicas y químicas a los diferentes recubrimientos.
- iii) En el proceso de producción, organizando la fabricación de los recubrimientos, buscando la optimización de la producción, supervisando y revisando personal adecuado para manejar los equipos a usar, proponiendo nuevos procesos y equipo.
- iv) En el control de calidad, checando los productos mediante pruebas físicas y químicas con base en normas internacionales, ASTM, FSPT, Normas Oficiales Mexicanas, o normas PEMEX.
- v) En el departamento de ventas y apoyo técnico, dando asesorías a la diferentes personas, tiendas, contratistas, constructoras, a las mismas empresas y comercializando el producto.

Como podemos ver el Ingeniero Químico es en la actualidad una persona que incursiona en varias actividades de una empresa, ha dejado de ser el profesionista, que se dedicaba en gran parte a los procesos de las operaciones unitarias, como procesos de transferencia de masa, de calor o de energía.

El Ingeniero Químico debe estar muy vinculado con la realidad de su profesión, sin ser únicamente teórico, sino dándole un enfoque más práctico y de identificación con el medio profesional. Debe aprender aspectos que ayuden a resolver los problemas diversos de la disciplina dentro de este entorno.

Además el entorno profesional actual es constantemente cambiante, por lo que el Ingeniero Químico debe estar orientado a un cambio dinámico, al manejo de la incertidumbre o al manejo de lo imprevisto. En este caso por su formación profesional, es capaz de adaptarse a las situaciones de su entorno, hacer bien las cosas, productividad, flexibilidad y uno muy importante que es una actitud interdisciplinaria.

El Ingeniero Químico ha sido capaz de ampliar su área de trabajo, de superación día a día, ya que la tecnología ha ido avanzando y se ha desarrollado mucho más rápido que cuando empezó la era industrial, por lo que exige profesionistas mejor preparados, más capacitados, y que cumpla con las expectativas de la industria, al ser polifuncionales.

En este trabajo se abordara en forma general, los diferentes tipos de recubrimientos industriales líquidos, para que las personas interesadas en el tema, tengan idea de la forma de elegir y decidir cual recubrimiento usar, como aplicarlo, y sobre todo una información general de la composición de los mismos, ya que en la actualidad están muy por encima de aquellos fabricados a principios de este siglo en cuanto a calidad y comportamiento.

## CAPITULO II.- HISTORIA DE LOS RECUBRIMIENTOS.

### 2.1 ANTECEDENTES GENERALES.

Desde la más remota antigüedad el hombre ha empleado los recubrimientos de superficie. A través de los siglos la fabricación de pinturas ha evolucionado de un arte gremial que empleaban unas cuantas docenas de materiales, a la moderna industria de recubrimientos que hace uso, de muchos compuestos químicos, materiales y equipos. No muy lejana está la época en que se hablaba solamente de pinturas de cal, de temple, pinturas de caseína y pinturas de aceite.

De la gran variedad de pigmentos y aglutinantes que se usaban en la antigüedad, algunos se siguen utilizando hoy en día. Los pigmentos blancos eran blanco de plomo y tierras blancas naturales, tales como la arcilla, el yeso y el blanco de España. Los pigmentos negros eran carbón, negro de humo, carbón animal, grafito natural.

Como pigmentos rojos se usaban óxidos de hierro, minio, cinabrio, tintas rojas naturales. Tenían azules, tales como el azul de Egipto, lapisázul (ultramar), carbonato de cobre e índigo. Entre los verdes estaban la tierra verde, malaquita, cardenillo y tintes naturales.

Entre los aglutinantes se encontraban la goma arábiga, la cola, los huevos, la gelatina, la cera de abejas, la goma de laca, grasas de animales y savias de diversos arboles, así como los aceites secantes.

En la prehistoria, la pintura se limitaba casi exclusivamente como medio de expresión artística y decorativa de cavernas y otras moradas. Prueba de ello son la pinturas rupestres de la cuevas de Altamira en España. Estos recubrimientos probablemente consistían en tierras o arcillas de colores dispersos en agua.

Los antiguos aplicaban recubrimientos de alquitrán dentro y fuera de sus embarcaciones. Los Egipcios desarrollaron el arte de los recubrimientos por el año 1500 A. de C., tenían ya una amplia variedad de colores y los usaban en utensilios, instrumentos musicales, armas, en los acabados de los sarcófagos, en la protección de momias, en templos y palacios.

Descubrieron el antecesor del barniz actual cerca del año 1000 A. de C., donde el formador de película por lo común eran resinas naturales o cera de abejas.

A través de la edad media y aún después de haber empezado la era industrial, el volumen de pinturas fabricado era insignificante comparados con el de ahora, a causa del bajo nivel de vida de la mayoría de los habitantes del mundo.

Hasta que las primeras fábricas de pinturas y barnices fueron puestas en marcha en el siglo XIX, los pintores tenían que preparar las pinturas ellos mismos, convirtiendo pigmentos en líquidos por medio de toscos molinos. Un tipo de molino consistía en una bola de piedra que rodaba de un lado a otro contra otra piedra.

La formulación era entonces casi un arte, los pintores guardaban sus limitados conocimientos que habían obtenido a lo largo de pruebas y errores, y estos conocimientos pasaban oralmente de padres a hijos a través de generaciones. Los progresos técnicos eran extremadamente lentos, en los comienzos del siglo XIX, la técnica de la pintura era aún bastante elemental.

La primera fábrica de Albalalde de los Estados Unidos se construyó en Filadelfia en 1804, y la primera planta de barniz apareció alrededor de 1815, aunque la fabricación de pinturas preparadas no comenzó hasta 1867. Estos fueron realmente los comienzos de la industria moderna de la pintura. Las pinturas eran generalmente de baja calidad, ya que la técnica de la industria era muy limitada y los químicos y laboratorios de investigación eran desconocidos.

Alrededor de 1900, los fabricantes de pinturas empezaron a emplear químicos tratando de hallar el modo de producir pinturas y barnices de buena calidad. Los químicos y los productores eran al principio en 1914 pequeños grupos, que finalmente desembocaron en la Federation of Societies for Paint Technology, FSPT, designada en principio para el estudio mutuo de la tecnología de los recubrimientos de superficie.

Desde aquellos primeros días del siglo XX, la historia de la industria de la pintura ha ido en constante y acelerado crecimiento en tecnología, así como en la cantidad de artículos vendidos.

Este acelerado progreso ha sido principalmente el resultado de la gran cantidad de investigaciones que ahora se llevan a cabo en comparación con

las que se hacían hace 50 años. Los frutos de estas investigaciones han permitido que las industrias antiguas aumenten sus actividades, así como el establecimiento de muchas industrias completamente nuevas.

La moderna industria de recubrimientos se compone de tipos de organizaciones bien definidas. En primer lugar están los proveedores de materiales, empresas que suministran las materias primas de los recubrimientos, tales como pigmentos, aceites, resinas y disolventes. Otros se dedican a la maquinaria, a los envases, y a los diversos servicios requeridos para los fabricantes. Las grandes compañías cuentan con un servicio de apoyo técnico de laboratorios en los cuales se estudian las características de sus productos y los problemas relacionados con ellos para el servicio de sus clientes.

## 2.2 ANTECEDENTES EN MÉXICO.

La evolución de los pueblos, desde la más remota antigüedad, ha ido asociada con su evolución técnica en el arte de fabricar y aplicar recubrimientos. Ya mucho antes de la llegada de los españoles a México, las grandes culturas indígenas habían llegado a alturas excepcionales en los primeros siglos de la era cristiana, en sus expresiones murales.

Sin embargo, la técnica primitiva de los recubrimientos en México, puede remontarse hacia 1500 años A. de C., época de la cual se han encontrado cerámicas a dos colores y figurillas coloreadas de barro.

En los siglos III y IV de nuestra era, se hacen frescos extraordinarios que decoran casas, palacios y templos teotihuacanos y posteriormente en Oaxaca, Tzulá, Kabah, Chichen, Bonampak, Palenque, Tepoztlan, a lo largo y ancho del sur de México, se extendió el arte de la pintura de murales y objetos, y desde el siglo V hasta el siglo XVI ese arte alcanzó gran difusión.

Antes de la conquista la gente común vivía en chozas con paredes de vara o carrizos, recubiertas en forma parcial con lodo, aún las clases más altas no tenían en el interior de sus habitaciones acabados de ninguna especie, sin embargo, en las grandes mansiones de caciques, reyes y emperadores se dice que era muy común encontrar las paredes pintadas.

Los aplanados bien pudieron ser de cal apagada y arena fina, o como los aplanados de Bonampak, a base de cal apagada y piedra de cal natural, finamente triturada y lavada en lugar de arena.

Cabe mencionar que los principales colores que empleaban eran los siguientes: blanco, negro, amarillo, ocre, rojo indio, siena quemada, verde y azul, la mayoría de ello obtenida de minerales. El vehículo debe haber sido acuoso a base de gomas, o bien de naturaleza proteínica.

Terminada la conquista empezó la destrucción de las ciudades indígenas y en su lugar empezaron a levantarse las construcciones pesadas y monocromas, características de los españoles. El tipo de construcción de los muros consistía en hacer paredes gruesas empleando argamasa y piedras. El terminado de estos muros consistía casi siempre en un aplanado de arena fina y cal. Sobre el aplanado se dibujaban frescos o motivos ornamentales o bien se cubrían de tapices, maderas o mosaicos.

Sin embargo, cuando de empleaba algún acabado de pared, este era casi siempre a base de cal dispersada en agua y coloreada con los diversos pigmentos. Hasta la fecha hay fórmulas o recetas tradicionales que se remontan a varios siglos atrás, en los cuales se menciona el uso del jugo de pencas de zgabe como ligante del vehículo, adicionando cloruro de sodio.

Es notable que inconscientemente aquellos remotos fabricantes de pinturas, hicieran uso del llamado poder cubriente en seco, en el que se basan las modernas pinturas adelgazables con agua.

Dado el bajo contenido de sólidos que debe haber tenido el vehículo que empleaban y el alto contenido de pigmento, al secar la película, las partículas del pigmento salían de la película y el efecto neto cubriente no era la relación de índices de refracción pigmento-vehículo, sino pigmento-aire, lo cual permitía que cubrieran substancias como la cal, que en los vehículos modernos cubren muy poco.

En lo que se refiere a las pinturas oleorresinosas, debe haberse conocido desde tiempos muy remotos y en general consistían de dispersiones de pigmentos en vehículos a base de copal y aceites vegetales tales como el de chia y el de chicalote. El primero es un aceite secante con un contenido de 45% de ácido oleico y un 40% de ácido linoléico, el segundo está constituido principalmente de un 30% de ácido oleico y 56% de ácido linoléico.

El desarrollo en la fabricación y uso de pinturas domésticas, realmente se efectuó en el presente siglo y especialmente recibió extraordinario impulso a raíz de la segunda guerra mundial.

En general y para terminar esta breve reseña se puede decir que hasta 1910, el consumo de pinturas para paredes era adelgazable con agua a base de cal y caseína. De 1941 a 1950 se emplearon a parte de las anteriores, pinturas mate de aceite y de 1951 en adelante vino la época de las pinturas modernas de caseína-latex, estireno-butadieno, polivinílica y acrílicas.



## CAPITULO III.- CLASIFICACION GENERAL DE LOS RECUBRIMIENTOS.

### 3.1 RECUBRIMIENTOS BITUMINOSOS.

Los betunes se han definido como mezclas de hidrocarburos de origen natural o pirógeno, que pueden ser líquidos, semisólidos o sólidos. Los betunes utilizados en la fabricación de recubrimientos son de las variedades sólidas y semisólidas, y se derivan de tres fuentes:

- a).- Asfaltos producidos durante la destilación del petróleo.
- b).- Asfaltos y Asfaltitos naturales.
- c).- Alquitrán de hulla procedente de la destilación destructiva del carbón.

Todos los recubrimientos bituminosos se dividen en dos clases, que dependen de la necesidad o no de calentarlos antes de su aplicación y es la siguiente:

*I.- Recubrimientos de aplicación en caliente.* Están constituidos en un 100% de betún o por mezclas de betunes con cargas seleccionadas, y en algunos casos modificados con hule. Estos recubrimientos se llevan a la viscosidad de aplicación deseada por medio de calentamiento.

Los recubrimientos más comunes de este tipo de recubrimientos de aplicación en caliente son los siguientes:

- *Recubrimientos de base Asfalto:* Se usan como recubrimiento de tuberías en conducciones subterráneas, recubrimientos para tuberías enterradas, como impermeabilizante de techos y para la preparación de hormigón.

- *Recubrimientos con base de alquitranes:* Se usan como recubrimientos para tuberías enterradas con rango de temperatura de servicio entre 0 y 50 °C, y recubrimientos para tuberías enterradas con rango de temperatura de servicio entre -30 y 70 °C.

*II.- Recubrimientos de aplicación en frío.* Este tipo de recubrimientos están constituidos por mezclas de betún con cargas minerales, donde para obtener la viscosidad de aplicación deseada se utilizan disolventes y agua.

Para la elección del disolvente depende principalmente de las características de secado que se deseen y del poder de disolución para disolver el tipo particular de betún que va a usarse. Entre los más usuales se encuentran

el tolueno, xileno, gas nafta y hexano. Las diversas cargas que se emplean en los recubrimientos de aplicación en frío, tienen la finalidad de darle al recubrimiento la aplicación y propiedades finales específicas. Dentro de las cargas minerales más usadas se encuentran los asbestos, carbonatos, caolines, talcos y bentonita.

Debido a que los recubrimientos de aplicación en frío se pueden formular a partir de muchas combinaciones de betunes, disolventes, agentes dispersantes y cargas minerales, existe una gran variedad de productos que satisfacen aplicaciones y condiciones de servicio específicas. Dentro de este tipo de recubrimientos encontramos los siguientes:

- *Recubrimientos base Asfalto emulsionado.* Es una emulsión base agua/asfalto. De estos recubrimientos encontramos los impermeabilizantes emulsionados, recubrimientos anticorrosivos y aislantes, antisonoro para carrocerías y primario asfáltico emulsionado.

- *Recubrimientos base Asfalto solventado.* Este tipo de recubrimientos son generalmente asfaltos oxidados o de temperatura de ablandamiento entre 60 y 80°C, cortados o disueltos en solventes y cargas minerales. De este tipo de recubrimientos encontramos los impermeabilizantes solventados, primario asfáltico solventado, cementos plásticos asfálticos, recubrimientos anticorrosivos y aislantes, antisonoro para carrocerías.

- *Recubrimientos con base de alquitrán de hulla.* Este tipo de recubrimientos son elaborados con alquitrán de hulla cortado con disolventes y cargas minerales, y se usan como primarios, cementos plásticos y algunos modificados con resinas epóxicas para recubrimiento de tuberías enterradas o subterráneas.

- *Recubrimientos base asfalto con aluminio.* Este recubrimiento es una mezcla de asfalto disuelto en solventes y pasta de aluminio, y se emplea como recubrimiento reflectivo, protector y decorativo del recubrimiento impermeable solventado.

- *Recubrimientos base asfalto prefabricados.* Estos recubrimientos generalmente son mezclas de asfaltos, cargas minerales y modificados con diferentes tipos de hules. Se usan principalmente como recubrimiento impermeable tipo industrial o casero, y se fabrican por rollos de 1 \* 10 mt. de largo. La forma de aplicación de estos prefabricados es calentando la parte que va a adherirse al sustrato a una viscosidad adecuada, sin llegar al estado semifluido.

En general los recubrimientos bituminosos se pueden emplear dentro de un rango de temperatura de servicio entre -70 y 160 °C. Los betunes por si solos son aislantes térmicos relativamente malos, sin embargo, empleando cargas de baja densidad, se pueden formular recubrimientos con buenas propiedades aislantes.

Los recubrimientos bituminosos protegen de la corrosión, tienen una gran resistencia a la abrasión, generalmente presentan buena adhesión. Los recubrimientos bituminosos de base asfalto resisten a la intemperie mejor que los de alquitrán.

Los recubrimientos bituminosos tienen buena resistencia química a los ácidos diluidos y al hidróxido de sodio, sin embargo no resisten a los aceites, grasas, ni disolventes derivados del petróleo.

La aplicación de los distintos recubrimientos bituminosos rebajados con disolventes o emulsificados con agua, pueden ser por inmersión, brochado, pulverización, o por medio de llana a temperatura ambiente.

### 3.2 RECUBRIMIENTOS CERAMICOS.

Las más antiguas definiciones de los recubrimientos cerámicos hacían hincapié en su origen mineral y en la necesidad de calor para convertirlos en productos utilizables. Como consecuencia, hasta hace poco sólo eran reconocidos como recubrimientos cerámicos los esmaltes de porcelana y los vidriados, cuando se han aplicado los mecanismos de unión y las estructuras cristalinas a los materiales hechos con ellos.

Actualmente los recubrimientos cerámicos pueden ser definidos como sustancias sólidas que no son de naturaleza metálica, ni orgánica. La mayor parte de los productos cerámicos son óxidos metálicos o mezclas y soluciones de tales óxidos. En conjunto los recubrimientos cerámicos son más duros, inertes y frágiles que las sustancias metálicas u orgánicas.

Los recubrimientos cerámicos se clasifican como sigue:

#### *a) Recubrimientos que se aplican a bajas temperaturas.*

La resistencia excepcional a la corrosión de ciertos metales, principalmente del aluminio y cromo, se pueden atribuir a la notable adherencia

de sus películas de óxido. El aluminio no se *corroe*, porque su producto de oxidación, a diferencia del producto de hierro, es un recubrimiento muy protector.

Generalmente, los recubrimientos cerámicos contienen compuestos de metales diferentes a los del sustrato. Estos recubrimientos se dividen en reactivos químicos, donde se forma un compuesto nuevo, y coloides inorgánicos.

*i.- Reactivos químicos.* Estos recubrimientos comprenden generalmente la modificación química del óxido natural del metal para transformarlo en un recubrimiento más estable o más denso. Esta clasificación incluye el tratamiento del aluminio, estaño y zinc con cromatos, y el tratamiento del hierro con fosfatos. Las películas que se forman son más inertes frente a la mayor parte de las películas de óxidos normales y el proceso se denomina *pasivación*.

*ii.- Coloides inorgánicos.* En este tipo de recubrimiento, las partículas son lo suficientemente pequeñas para que su energía superficial sea suficiente para permitir la unión. Estas partículas se pueden preparar en suspensiones coloidales llamadas "lodos". Dichas suspensiones contienen coloides naturales, tales como arcillas hidrofílicas o materiales finamente molidos, de naturaleza fibrosa o laminar, como el amianto, mica, grafito, titanato de potasio, alúmina monohidratada, hidrato de circonia o sulfuro de molibdeno.

Estos recubrimientos se elaboran generalmente por desecación o floculación. La película desecada de recubrimiento y el sustrato se calientan lo necesario para que se eliminen las trazas de humedad y para que el recubrimiento fragüe de manera irreversible.

#### *b) Recubrimientos que se aplican a temperatura media.*

La mayor parte de los vidrios de silicato funden en un rango de temperatura comprendido entre 540 y 1,090 °C. En este rango de temperatura, la fusión de un polvo vítreo o la formación de un vidrio a partir de sus componentes, se emplea como base de los procesos de vidriado y esmaltado de porcelana.

El vidriado difiere del esmalte principalmente en los sustratos sobre los que se aplican. Si el sustrato es metálico, el recubrimiento vítreo se llama esmalte, si se aplica sobre productos cerámicos, como la porcelana, alfarería y cerámicas eléctricas, el recubrimiento se denomina vidriado.

Los esmaltes vítreos no pueden clasificarse fácilmente, una suspensión típica de esmaltado puede contener diez o más ingredientes,

incluyendo los que son vítreos o forman una red vítrea, como fedelpastos, fritas, borax y otras fuentes de minerales de silicatos, fosfatos y boratos.

*c) Esmaltes refractarios y vidriados.*

Puesto que el esmalte de porcelana fundido se enfría junto con el sustrato, es importante que la contracción total que ocurre durante el enfriamiento sea aproximadamente igual en el metal y en el vidrio.

Entre los vidrios de silicato, los más refractarios tienen generalmente un coeficiente de dilatación térmica bajo y, en consecuencia, se tienen que emplear sobre metales que tienen un coeficiente de dilatación térmica bajo. La mayor parte de los esmaltes refractarios contienen sílice y óxido de cromo finamente pulverizados, que se disuelven en el vidrio durante la fusión y disminuyen más el coeficiente de dilatación, en consecuencia, tales esmaltes tienen una aplicación restringida a los sustratos de metales refractarios, tales como ciertos aceros inoxidables y aleaciones de cromo y níquel.

*d) Recubrimientos que se aplican a temperaturas elevadas.*

Para unir un recubrimiento cerámico a un sustrato por esmaltado, ambos se deben calentar a la temperatura de fusión del vidrio. Puesto que la mayor parte de los recubrimientos cerámicos refractarios tienen una naturaleza amorfa o cristalina, se han aplicado mediante técnicas relativamente nuevas.

Mientras que la mayor parte de los materiales cerámicos son refractarios, algunos de ellos se pueden evaporar en arco eléctrico o en vacío a temperaturas elevadas.

Los recubrimientos finos de sílice amorfa se pueden aplicar fácilmente sobre sustratos relativamente fríos, por evaporación de silicio metálico o de haluros de silicio en presencia de pequeñas cantidades de oxígeno. La transferencia se realiza aparentemente mediante el monóxido de silicio, que se recombina con el oxígeno durante el enfriamiento.

### 3.3 RECUBRIMIENTOS NO METALICOS INORGANICOS.

Muy utilizados en ingeniería química son los esmaltes antiácidos sobre fundición o acero. Es importante aquí que los fundidos silíceos solidificados se fijen sin formar poro alguno. Igualmente se requiere una buena adherencia de la capa de esmalte, que es por lo que previamente se aplica una capa base y luego otra cubridora.

Sobre el acero se aplica primero la capa base, fundiendo sobre él una mezcla de fedelpasto y polvo de cuarzo silíceo, carbonato sódico calcinado, borax, fluorita, que hace de fundente, salitre, que actúa de desengrasante, y pequeñas cantidades de un óxido adherente. Puesto que la superficie de la fundición tiene siempre una película silícea, no es necesario fundir primero sobre ella una capa base, sino vitrificarla.

Los esmaltados se utilizan sobre todo como protección antiácida. A este respecto son resistentes al ácido nítrico diluido y concentrado, incluso a alta temperatura. Un inconveniente es su sensibilidad al choque y al impacto, no pudiéndose reparar los deterioros importantes.

En los metales férreos, se utiliza la fosfatación para construir un recubrimiento anticorrosivo, formado por una capa de fosfato de hierro, suficiente por sí sola, cuando no se pide una resistencia a la corrosión muy elevada.

Las capas de fosfato están sólidamente unidas con el metal subyacente, son no metálicas y, en consecuencia, no conductoras de la electricidad. Según el procedimiento Atrament, las piezas de labor a tratar, cuidadosamente limpias, se mantienen durante 15 a 30 minutos en una disolución de fosfato, a una temperatura de 98 a 100 °C.

### 3.4 RECUBRIMIENTOS MARINOS.

Originalmente se usaban como recubrimientos marinos brea, alquitrán y láminas de cobre, más tarde se emplearon recubrimientos de plomo. Con el advenimiento de los barcos de metal, las laminaciones metálicas se han tenido que abandonar por la corrosión galvánica.

En la actualidad, el uso del óxido de cobre en una resina aglutinante vinílica insoluble o en una resina colofonia aglutinante vinílica soluble es muy

común. Trabajan al liberar lentamente el óxido de cobre tóxico, pero esta acción tóxica disminuye lentamente por la presencia de sulfuro de cobre inactivo.

El enfoque más nuevo y prometedor es el uso de compuestos organoestanosos, solos o combinados con óxido de cobre. Se están utilizando recubrimientos con óxido de tributil estaño o fluoruro de tributil estaño.

Las pruebas de recubrimientos marinos de compuestos organoestanosos unidos químicamente a polímeros formadores de películas están mostrando una actividad cada vez menos susceptibles a ensuciarse.

Estos recubrimientos marinos son muy poco solubles en agua por lo que se deben aplicar constantemente capas frescas de biocidas.

Para el caso de los recubrimientos para cascos de madera de embarcaciones y torres de enfriamiento, se aplican recubrimientos de tipo antivegetativo, de los cuales existen dos tipos:

- a).- El primero de ellos constituido por un vehículo a base de resinas vinílicas, brea y un pigmento inerte o de óxido cuproso.
- b).- El segundo, constituido por un vehículo a base de resinas vinílicas, brea y tóxicos organo-metálicos.

Existe también un recubrimiento marino específico para zona de mareas y oleajes, que se aplica sobre superficies metálicas de hierro y acero. Estos recubrimientos están constituidos básicamente por resina epoxica, pigmentos e inertes. El componente epóxico endurece por la acción de un reactivo químico de resina poliamicida, pigmentos e inertes.

Esté recubrimiento epóxico, proporciona espesores gruesos, con excelente resistencia a los derivados básicos del petróleo, a la inmersión continua en agua dulce y agua salada, y al golpe constante de está en zonas de mareas y oleajes. Puede usarse también en superficies sujetas a condensaciones constantes.

Estos recubrimientos marinos epóxicos se deben aplicar por medios manuales y nunca después de dos horas de efectuada la mezcla de los componentes. No debiera usarse adelgazador.

### 3.5 RECUBRIMIENTOS METALICOS.

Por medio de recubrimientos de metales no ferrosos, se protegen otros metales, especialmente el acero y el hierro, en muchos ambientes corrosivos. En virtud de la utilidad que proporciona la combinación de un metal fuerte con un recubrimiento resistente a la corrosión, los metales recubiertos constituyen una clase importante de ingeniería.

En la actualidad se dispone de una gran variedad de recubrimientos metálicos para una gran variedad de usos, entre ellos la conservación de grandes estructuras expuestas a la acción de los agentes atmosféricos, la protección del equipo empleado en los tratamientos químicos. Por consiguiente, las propiedades exigidas a un recubrimiento metálico puede ser muy diferente, según la función a la cual se destina.

Las características que se adaptan mejor a una aplicación particular se obtiene mediante la elección adecuada del recubrimiento metálico y del procedimiento empleado para aplicar el recubrimiento. Son materiales de uso común para recubrimientos metálicos los siguientes: zinc, aluminio, níquel, cromo, estaño, plomo, cobre, cadmio y acero inoxidable.

Los recubrimientos metálicos pueden aplicarse al material base según diferentes métodos, tales como los que se indican a continuación:

#### a) *Inmersión en metal fundido.*

La aplicación de recubrimientos metálicos por inmersión o baño del material base en metales fundidos es un método muy común, sobre todo en el caso de capas destinadas a proteger a el acero, de metales de bajo punto de fusión, como zinc, estaño, plomo o también aluminio.

Se tiene una buena adherencia del recubrimiento al material base cuando se forma superficialmente una aleación. Esto no sucede entre el plomo y el acero, en cuyo caso ha de añadirse, al metal fundido antimonio o estaño, con el fin de tener una unión suficiente. A menudo se acude al zincado (Galvanizado) en caliente en sus variedades húmeda o seca.

En el primer procedimiento la pieza se sumerge primero a una cuba salina o fundente y posteriormente se sumerge en el metal líquido. Este fundente consiste en una mezcla de cloruros de zinc y amonio. En el procedimiento en



seco las sales citadas están disueltas en agua y la pieza se seca antes de bañarla en el zinc líquido. Análogo a este procedimiento es el estañado en caliente.

El plomado homogéneo proporciona un recubrimiento unido homogéneamente al material base, del que no puede separarse ni por doblado de las piezas, ni por cambios de presión y temperatura, ni depresión.

#### *b) Inmersión.*

La técnica de la inmersión simple apenas se emplea en los materiales de la ingeniería química, ya que los recubrimientos que de ella se obtienen responden escasamente a las exigencias de naturaleza metálica o química.

Los procedimientos de inmersión en disoluciones o sales fundidas se basan en que, al introducir un metal electronegativo, en el baño de metales menos electronegativos, aquél envía iones a la disolución, depositándose el metal más noble sobre la superficie a recubrir.

#### *c) Pulverización.*

Un método sencillo para aplicar recubrimientos metálicos, consiste en la pulverización o rociado (metalización) del metal cubridor fundido sobre el material base. Un buen tratamiento previo de la superficie es imprescindible y el calentamiento del material base, es recomendado.

En esta técnica se hace uso de una pistola de pulverizar, donde se introduce el metal que va a recubrir, en forma de alambre, cinta o polvo, y se funde con la ayuda de una flama de gas a presión, que al mismo tiempo pulveriza el metal fundido. Si el metal se funde mediante corriente eléctrica, el rociado se lleva a cabo por gas a presión. De este modo, pueden aplicarse también metales o aleaciones de alto punto de fusión.

Inconvenientes de la metalización son la porosidad de la capa aplicada y la oxidación por el aire del metal fundido caliente, dividido en finas gotitas. La porosidad de un metalizado a pistola puede reducirse por laminación, cepillado, pulimiento, o bien mediante un tratamiento térmico. Una ventaja de este procedimiento es que con el chorro de gas se eliminan las impurezas de la superficie, la cual se seca al mismo tiempo con la alta temperatura del rociado.

#### d) *Galvanotecnia.*

La galvanotecnia comprende los procedimientos que consisten en cubrir una superficie convenientemente preparada, con depósitos metálicos delgados y exentos, o al menos pobres, de poros, de gran adherencia y estructura superficial propicia para el cometido en cuestión. Lo que se persigue es proteger un metal fácilmente corrosible mediante una capa impenetrable para la sustancia corrosiva, o bien crear un sistema bimetálico tal, que aunque se estropee el recubrimiento, proporcione una protección catódica al material base subyacente.

Básicamente la galvanotecnia es una técnica sencilla: en un baño apropiado, en un electrólito constituido por la disolución de sales y aditivos, se sumerge el cuerpo a recubrir como polo negativo, o sea, como cátodo, de una fuente de corriente continua. El polo positivo, ánodo, está formado por el metal a depositar o por un material inatacable, lo está por este último, cuando el metal a recubrir esté disuelto en el electrólito en forma de un compuesto apropiado. Si el metal a depositar hace de ánodo, se disolverá poco a poco en el electrólito. Así puede aplicarse a un material base una serie de metales, hasta que se obtenga una superficie protectora suficiente.

En la obtención de recubrimientos galvánicos es importante siempre aplicar una capa exenta de poros. Puede evitarse la formación de poros oxidando el hidrógeno adherido al metal, con agua oxigenada, o impidiendo que se fijen dichas burbujas por adición de humectantes al baño.

#### e) *Difusión.*

Los procedimientos para templar superficialmente el acero se basan en procesos de difusión a través de las zonas superficiales de la pieza de labor, y en la formación de cristales mixtos de interposición, de propiedades mecánicas diferentes a las del núcleo de la pieza. Dichos procesos de difusión pueden utilizarse también para dotar a las superficies de una resistencia a la corrosión mayor que la del propio material.

Con este objeto se dejan actuar metales o compuestos metálicos sobre la superficie del material, también metálico, a temperaturas y bajo condiciones tales que se efectúe una difusión dentro del mismo, con formación de cristales mixtos.

#### f) Soldadura.

A un material corrosible puede aplicársele también un recubrimiento anticorrosivo mediante recarga de soldadura. Así es posible, por ejemplo, recubrir un aparato de acero no aleado con una capa de acero austenítico inoxidable.

Con este objeto se aplica por fusión, mediante soldadura eléctrica y electrodos apropiados, una capa que tenga al menos varios milímetros de espesor y que esté unida homogéneamente con el material base. Después del soldado se requiere un tratamiento de recocido para eliminar las tensiones producidas.

La soldadura garantiza una unión segura de la protección con el material base y por consiguiente, una buena conductividad térmica del material compuesto.

### 3.6 RECUBRIMIENTOS ORGANICOS.

Son recubrimientos hechos con materiales orgánicos para decoración y protección. Estos recubrimientos se aplican en películas delgadas. El material orgánico puede cambiar desde líquido hasta sólido de varias maneras: evaporación de un disolvente, oxidación del aceite constituyente, polimerización del ingrediente resinoso o combinación de estos tres métodos de secado.

Los recubrimientos orgánicos se pueden separar en varios tipos, que dependen del método y tipo de formulación, como a continuación se describirán.

#### a) Pinturas.

Son una mezcla de un aceite y un pigmento. El aceite es el ingrediente líquido de la pintura y es generalmente aceite de linaza, pero puede ser de otro tipo, como aceite de soya o aceite de semilla de algodón.

El pigmento es el material sólido que se mezcla con el aceite, le imparte color al acabado y también resistencia a los agentes atmosféricos o a la humedad en la película seca. Se le agrega un disolvente a la mezcla para diluirla hasta una consistencia adecuada para su manejabilidad de aplicación. Después de la aplicación, el disolvente se evapora y el aceite, en contacto con el aire, se oxida y seca, dejando una película protectora sobre el objeto.

Lo anteriormente indicado es básicamente lo que compone una

pintura doméstica. Para otras aplicaciones que pueden requerir secado más rápido o una película más flexible, se pueden añadir otros ingredientes al recubrimiento.

#### b) Barniz.

El barniz es una mezcla de una resina y un aceite secante, que da un recubrimiento transparente. Los dos materiales se cuecen en una caldera para prepararlo e impartir las propiedades deseadas. Sus propiedades para empleo como barnices marinos, barnices para suelos y otros, varían dependiendo de las diferentes resinas y aceites secantes y cambiando las proporciones de cada ingrediente en la mezcla.

Se adicionan disolventes para reducir la viscosidad de la mezcla aceite/resina y darle las características adecuadas para su aplicación.

Los barnices secan principalmente por oxidación del aceite y polimerización de la resina. Cuando se utiliza alcohol como diluyente, una parte importante del secado se efectúa por evaporación del disolvente. Estos materiales se llaman barnices al alcohol. Además de su utilización como un material transparente, pueden ser también la base o vehículo de las lacas.

#### c) Lacas.

La laca es un acabado orgánico formador de película que seca por evaporación del disolvente. Las lacas originales se hicieron de nitrocelulosa disuelta en tolueno o un disolvente equivalente, más un pigmento. Después de la aplicación el disolvente se evapora, dejando una película de nitrocelulosa pigmentada. A causa de que se utilizan disolventes extremadamente volátiles, las lacas secan en un período muy corto.

Actualmente las lacas se hacen o se modifican con otros materiales distintos de la nitrocelulosa, como resinas acrílicas, vinílicas, etilcelulósicas, de estireno y otros materiales. Estos materiales proporcionan otras características, tales como dureza, resistencia a la abrasión y a la humedad, que mejoran las de nitrocelulosa. Sin embargo, como todavía secan por evaporación, quedan dentro de la familia de las lacas. Para modificar la plasticidad y otras características, las lacas se modifican con resinas y plastificantes.

#### *d) Goma laca.*

La goma laca es un acabado orgánico en disolución, y seca por evaporación del disolvente. La goma laca se hace de laca disuelta en alcohol. La laca se encuentra en la India, y es el excremento de unos pequeños insectos depositados en árboles y arbustos. La laca se recoge por obreros, se limpia de materia extraña y se seca.

La goma laca se prepara disolviendo laca seca en alcohol. La proporción de laca a alcohol se varía, y se obtienen grados de goma laca, tales como rebajados a 5%, rebajados a 2%, etc. La goma básica es de color naranja, pero por blanqueado y tratamiento de la goma laca naranja, se obtiene una goma laca blanca que se utiliza para el acabado de la madera.

#### *e) Emulsión.*

Las emulsiones difieren de los barnices, de los esmaltes y de las lacas en que éstos, las resinas y/o los aceites se disuelven en un disolvente. Una emulsión es una suspensión de partículas y aceite secante en agua.

Después de la aplicación, el agua se evapora, dejando la mezcla de aceite y pigmento en forma de película orgánica. Cuando se utiliza el agua como disolvente, el peligro de fuego, normal en los disolventes altamente volátiles, se elimina, y se reduce en gran manera el tiempo muerto por limpieza.

Las emulsiones están encontrando amplia aplicación en usos domésticos, pero como las películas secas no poseen las características deseables de otros acabados orgánicos, tales como lacas y esmaltes, se ha limitado su utilización industrial.

#### *f) Esmaltes.*

Los esmaltes consisten básicamente en una mezcla de pigmento y un vehículo. El vehículo es generalmente un barniz transparente de alta calidad, formulado a partir de una gran variedad de resinas y aceites secantes. Se pueden adquirir en la actualidad pigmentos para producir casi cualquier color que se desee.

Las características de los esmaltes pueden variarse por la adición de otros ingredientes. Se puede cambiar el procedimiento de secado añadiendo secantes metálicos, resinas, disolventes o catalizadores. Dependiendo de los

materiales utilizados, los esmaltes secarán al aire por oxidación del aceite, por calentamiento o por tratamiento en estufa, o por polimerización de la resina, con o sin la ayuda de catalizadores, o calor.

En aplicaciones industriales se emplea, para acelerar el ciclo de producción, el tratamiento en estufa o secado forzado, con lo que se puede reducir el tiempo de secado hasta en un 80%. El brillo se controla por la proporción de pigmento a vehículo, tipo de pigmento, materiales de opacidad y finura de molienda del pigmento seco.

Los esmaltes se hicieron originalmente con resinas naturales, pero la activa investigación química ha producido resinas sintéticas que están desplazando a las naturales. Las resinas sintéticas típicas, usadas son las alquídicas, fenólicas, epóxicas, vinílicas y de silicón.

### 3.7 RECUBRIMIENTOS PLASTICOS Y TERMOPLASTICOS.

Los materiales orgánicos se unen frecuentemente con los inorgánicos no metálicos, dando materiales compuestos o mixtos. Una ejemplo de este tipo son los recubrimientos plásticos y termoplásticos.

#### a) Plásticos.

Los plásticos orgánicos ofrecen a menudo alta sensibilidad química ante agentes que corroen fuertemente los metales. Los recubrimientos plásticos tienen la desventaja, que sus cualidades mecánicas son inferiores a las de los recubrimientos de materiales metálicos. La ventaja de estos recubrimientos es su buena estabilidad química.

La diferencia fundamental entre los distintos plásticos se deriva de su clasificación en los dos grupos termoplásticos y de plásticos endurecidos.

#### b) Termoplásticos.

Los termoplásticos se aplican fundiéndolos sobre el material base. En la confección de recubrimientos de polietileno, por ejemplo, puede recurrirse a los siguientes procedimientos:

1. *Pulverización con llama*, aplicando el plástico en polvo sobre la pieza precalentada, con ayuda de una corriente gaseosa caliente o de una llama de gas

que lo funde.

2. *Pulverización en frío*, aplicando el plástico sólido, también en polvo, sobre la pieza precalentada, insuflándolo mediante una corriente de aire fría.

3. *Inmersión en frío*, desplazando la pieza precalentada dentro del polvo plástico frío para que ésta la cubra, luego se une el polvo fundiéndolo, calentando por encima del punto de fusión del termoplástico.

4. *Inmersión en caliente*, que consiste en sumergir la pieza, precalentada ligeramente, en el termoplástico fundido.

Para recubrir materiales metálicos con láminas o planchas de cloruro de polivinilo se requiere calentar la superficie de 130 a 140 °C, para eliminar completamente el disolvente retenido por la película del adhesivo y ablandar el plástico en ella disuelto y, por otro lado dar flexibilidad a la lámina para que se fije por completo y de modo seguro a la superficie a recubrir.

#### c) *Plástico endurecible.*

Los plásticos endurecibles, son aquellas materias sintéticas que por reacciones de entrelazamiento pasan al estado endurecido, en el cual poseen sus cualidades definitivas, por lo que se denominan también duroplastos, necesitan ser aplicados sobre el material base en el estado plástico duro.

El endurecimiento tiene lugar entonces en el recubrimiento mismo, ya sea en caliente o en frío. Además de los fenoplastos se utilizan también entre otros materiales, las resinas de isocianato (poliuretanos), o como determinados grupos de resinas etoxilínicas.

La temperatura de uso permisible en los recubrimientos de plástico endurecible es mayor que la de muchos termoplásticos. Los materiales a base de fenoplástico (baquelita) puede trabajar hasta unos 160 °C.

#### CAPITULO IV.- GENERALIDADES Y COMPOSICION BASICA DE LOS RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES LIQUIDOS.

Los recubrimientos industriales que se aplican en forma líquida, se convierten en película seca de diversas maneras. Algunos secan por evaporación del disolvente. Algunos forman películas por absorción del oxígeno atmosférico, y la subsecuente gelación y endurecimiento, es decir se oxidan. Otros se polimerizan por condensación, la cual requiere de la aplicación de calor. Estos se llaman recubrimientos horneados. Otros se aplican a temperatura elevada sin un disolvente volátil y se secan al enfriarse hasta la temperatura ambiente.

Los ingredientes de los recubrimientos industriales líquidos se conocen como materias primas, aunque estén lejos de serlo en un sentido estricto. Muchos de ellos son naturales, y se emplean sin cambios químicos, pero deben lavarse, molerse, filtrarse, combinarse o ser sometidos a otros procesos para darles las propiedades necesarias y la uniformidad requerida. Algunas de las denominadas materias primas se fabrican mediante largos y costosos procesos químicos y físicos.

Los recubrimientos líquidos industriales, requieren para su formulación el uso de cantidades considerables de materias primas de características muy variables. Básicamente los recubrimientos industriales líquidos son dispersiones de pigmentos finamente dividido en un líquido compuesto de una resina o aglutinante, un disolvente volátil, y aditivos.

Por lo anterior descrito un recubrimiento industrial líquido se compone de dos partes principales:

- Parte pigmentaria.
- Vehículo.



#### 4.1 MARCO TEORICO.

Para comprender mejor la función y el comportamiento interrelacionado que existe entre la parte pigmentaria y el vehículo de un recubrimiento líquido describiremos conceptos básicos para una mejor conocimiento del usuario.

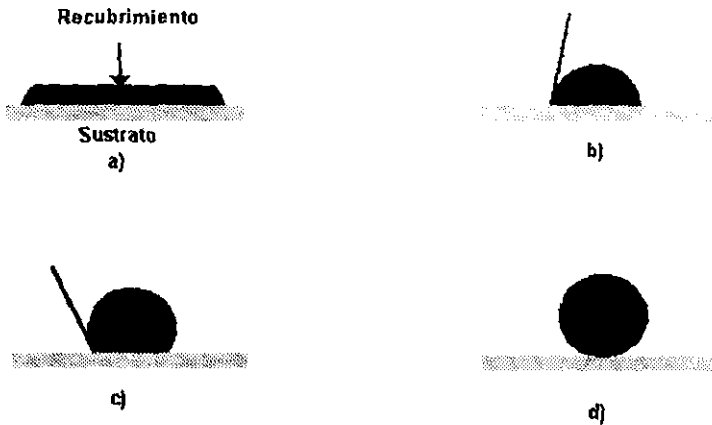
Toda la materia está constituida por pequeñas partículas llamadas átomos, que al unirse forman moléculas, estas moléculas están sujetas a fenómenos como el de atracción mutua. En el seno de un líquido cada molécula es atraída hacia todas direcciones por fuerzas de la misma magnitud, en cambio en la película superficial del líquido las moléculas no están sujetas a fuerzas en equilibrio pues la atracción hacia el interior del líquido no está compensada con una atracción exterior.

La observación del comportamiento de la superficie de diferentes líquidos, nos permite usar el término "película" para denominar a esta capa exterior de moléculas, que por así decirlo, forma verdaderamente una envoltura para el resto del líquido.

La existencia en los líquidos de una película exterior que presenta propiedades especiales, se manifiesta al observar otros fenómenos característicos de los líquidos. La resultante de las fuerzas superficiales de atracción al dirigirse hacia el centro de la masa del líquido tiende a encoger su superficie.

La superficie exterior mínima para el volumen dado es una esfera, y por esto las gotas de líquido no sujetas a otras fuerzas presentan formas esféricas. Al esparcir pequeñas gotas de agua sobre superficies repelentes, toman forma esférica, al igual que el mercurio finamente dividido. Se pueden observar esferas líquidas con diámetro de varios centímetros si se mezclan dos líquidos no miscibles con densidades iguales.

La figura 4.1 representa gotas de líquidos sobre sólidos con diferentes ángulos de contacto. Estas gotas, son de formas idealizadas, particularmente la parte (d), ya que la fuerza de la gravedad la haría más similar a la parte (c).



**Figura 4.1**

a) Angulo de contacto  $0^\circ$ , mojabilidad perfecta. Tensión entre fases pequeña. b) Angulo de contacto menor de  $90^\circ$ , buena mojabilidad. c) Angulo de contacto superior a  $90^\circ$ , mojabilidad mala. d) Angulo de contacto igual a  $180^\circ$ , no hay mojabilidad. Tensión interfacial alta.

Como resultado de la tendencia a la contracción, las superficies de los líquidos se comportan como si estuvieran en tensión, este fenómeno recibe el nombre de "tensión superficial". Se le puede definir brevemente como "la fuerza expresada en dinas que actúa en ángulo recto a cualquier línea de 1 cm de longitud", y se le ha representado por el símbolo  $\eta$ . El valor de  $\eta$  es el mismo en cualquier punto, en cualquier dirección a lo largo de la superficie de un líquido seco.

La existencia de una superficie presupone la existencia de dos fases. La tensión superficial depende de la naturaleza de las sustancias consideradas. Por regla general los valores registrados de la tensión superficial de los líquidos corresponden a la interfase líquido-aire.

El trabajo necesario para aumentar la superficie de separación de dos líquidos se denomina tensión interfacial, y es menor que la mayor de las dos tensiones superficiales de dichos líquidos. Esto se comprende fácilmente si se toma en cuenta que las moléculas de la superficie de separación son atraídas hacia el seno de cada uno de los líquidos.

En los casos del sistema líquido-aire, existe dicha atracción, pero siendo tan pocas las moléculas del aire por unidad de volumen en comparación con el líquido, es lógico que exista un desequilibrio considerable de fuerzas, cuya resultante, como ya se ha dicho, se dirige al centro del líquido.

Los métodos usados para determinar los valores de la tensión superficial son los siguientes:

- a) Método del ascenso capilar.
- b) Método de la presión de burbuja.
- c) Método del anillo de DuNouy.
- d) Método del peso de la gota suspendida.

Se comprende fácilmente la importancia del fenómeno cuando se trata de aplicar y extender un líquido sobre una superficie cualquiera al hacer uso de los recubrimientos líquidos, al tratar de "mojar" sólidos finamente divididos, en los procesos en que se impregnan con líquidos diversos materiales.

La tensión superficial varía con la temperatura. Generalmente se puede establecer que el aumento de la temperatura disminuye el valor de dicha tensión, pues al aumentar la temperatura aumenta la energía de las moléculas y éstas se mueven más libremente. Las variaciones de la tensión superficial con la temperatura se pueden expresar matemáticamente mediante la ecuación de Eotvos.

$$\frac{d\{\eta(Mv)^2\}}{dT} = k$$

- donde:
- $\eta$  = es la tensión superficial.
  - M = el peso molecular.
  - v = el volumen específico del líquido.
  - k = es una constante.

El mecanismo de acción de los agentes tensoactivos ha sido esclarecido en gran parte a los estudios realizados en películas formadas con un aceite sobre la superficie del agua. Al colocar una gota de un hidrocarburo oleoso sobre la superficie de agua contenida en un vaso, la gota flotará. Al agregar más aceite aumentará el tamaño de la gota, que tomara una forma algo más plana.

Si en lugar de aceite se le adiciona ácido oleico, la gota se dispersará rápidamente formando una película superficial. A esta propiedad se le

llama "propagación", y en consecuencia se dice que el hidrocarburo oleoso no es propagable. El fenómeno tiene lugar al mezclar líquidos no totalmente miscibles entre sí, que presentan radicales afines o de parecida polaridad. En cambio, si los líquidos son de naturaleza polar totalmente opuesta, no se presenta fenómeno de propagación.

Aun cuando en algunos tipos de recubrimientos líquidos el uso de los agentes tensoactivos es parte imperativa en su formulación, en otros casos su uso se restringe a facilitar las operaciones de molienda o dispersión de los pigmentos usados.

Un agente tensoactivo es aquella sustancia que puede disminuir la tensión superficial del agua de 72 a 30 dinas/cm a concentraciones menores de 0.01%. En general también se puede definir un agente tensoactivo como una molécula que contiene tanto un grupo hidrófilico como otro hidrofóbico.

De una manera general se pueden clasificar los agentes de superficie activa en cuatro grupos principales: Catiónicos, Aniónicos, No-iónicos y Anfotéricos.

Los agentes tensoactivos por ionización pueden producir dos tipos de iones en la parte activa. Serán aniónicos si llevan carga eléctrica negativa y en solución se dirigen al ánodo o polo positivo, catiónicos si el ion de la parte activa lleva carga positiva y se dirige al cátodo o polo negativo. Los agentes no-iónicos no contienen grupos ionizables. Los grupos hidrofílicos en este tipo de compuesto están formados por varios grupos hidroxilo o por uniones de tipo éter. La parte hidrofílica de la molécula frecuentemente es mayor que la parte hidrofóbica, y casi siempre tiene mayor tamaño que en el grupo anterior. Finalmente las sustancias del grupo anfotérico contienen ambas cargas, positiva y negativa dentro de la parte activa.

Un término relacionado con la tensión superficial y que es importante definir es el de "emulsión". Una emulsión es un sistema disperso en el cual tanto la fase dispersa como la dispersante son líquidos. A la fase dispersante también se le llama fase continua. Si se mezclan dos líquidos inmiscibles entre sí, y se agitan vivamente se formará una dispersión de pequeñas partículas de uno de los líquidos en el seno del otro. Tan pronto como se forma la dispersión, estas pequeñas partículas chocan unas con otras y se unen para formar finalmente dos

capas separadas, disminuyendo en esta forma la energía superficial del sistema disperso.

Para detener este fenómeno es necesario agregar al sistema una tercera sustancia llamada "agente emulsificante". Esta sustancia puede ser más o menos soluble en uno o en otro medio, o puede ser insoluble en ambos. El tipo común de emulsión tiene al agua como constituyente en una de sus fases. El agua puede estar dispersa en un líquido orgánico formando una emulsión de agua en aceite (W/O) o bien, puede formar fase continua en una emulsión de aceite en agua (O/W).

No hay un criterio unificado para explicar la formación de las emulsiones, varias son las teorías para explicar la estabilidad de estos sistemas, los que se explican a continuación brevemente:

A.- Una emulsión se formará si el agente emulsificante usado, baja la tensión superficial de los líquidos estando por ello concentrado en la interfase. A esta teoría se le llama "teoría de la tensión superficial".

B.- La teoría de la cuña orientada supone que el agente tensoactivo se deposita en la interfase de los líquidos formando una capa monomolecular, de tal forma que la parte de la molécula que tiene mayor afinidad con el agua estará sumergido en ella, mientras que el grupo organofílico estará sumergido en el seno del líquido orgánico.

C.- La tercera teoría sostiene que las partículas dispersas están envueltas por películas viscosas, más o menos plásticas que forman el agente emulsionante, y no le dan gran importancia a la tensión superficial.

Para comprender la divergencia de criterios en las teorías enunciadas es necesario comentar los factores que influyen en la formación y estabilidad de las emulsiones. El movimiento Browniano produce una serie de colisiones entre partícula y partícula, las cuales para disminuir la energía superficial del sistema, tienden a unirse. Por esto una viscosidad elevada disminuirá el número de choques, estabilizando el sistema. Si la tensión superficial es baja, disminuirá la tendencia a unirse de las partículas.

## 4.2 PARTE PIGMENTARIA.

Una de las operaciones comunes en la manufactura de los recubrimientos líquidos, es el de la molienda del pigmento o su dispersión en el vehículo. El uso de agentes tensoactivos en esta operación resulta de considerable ayuda. Se le puede aplicar por simple mezcla con el pigmento para formar una película que recubra su superficie. Este tipo de aplicación es igual tanto para los sistemas que usan un agente tensoactivo soluble en agua como para los insolubles.

La determinación de los ángulos de contacto es un medio de investigación útil para estudios teóricos de las características de mojabilidad de pigmentos y vehículos, y los efectos de los aditivos para mejorar dicha mojabilidad o humectabilidad. No se utiliza mucho realmente en estudios de dispersión prácticos, ya que no se explica la historia completa.

Los fabricantes de recubrimientos líquidos tienen que resolver casos como la composición óptima de la base de molienda, cargas de molienda, velocidades de producción y acabados reales de dispersiones obtenibles, que se pueden determinar solamente mediante el trabajo experimental en los molinos.

Se prefiere evaluar agentes de mojabilidad ensayándolos en operaciones de molienda prácticas, ya que los resultados de estudios de los ángulos de contacto tendrían que ser comprobados de alguna manera. Los aditivos que facilitan la mojabilidad se llaman agentes humectantes, agentes dispersantes, o agentes surfactantes.

Los pigmentos que en virtud de su consistencia tienden a ser hidrófobos se tratan con un exceso de aditivo o con un coloide hidrofílico protector, o bien empleando mezclas de ambas sustancias, con objeto de hacerlos apropiados para su uso en sistemas acuosos. Hidrófobo quiere decir que es repelido por el agua e hidrofílico significa que es atraído por el agua.

La dispersión de los pigmentos en medio oleoso, se puede llevar a cabo mediante el uso de productos no-iónicos hidrofóbicos. Aún en pequeñas cantidades reducen el tiempo de molienda y eliminan los aglomerados formados por el pigmento.

Los pigmentos son sólidos finamente divididos de diversos colores, utilizados para proporcionar el color. Aunque el pigmento normalmente es una

sustancia inorgánica, también puede ser un pigmento orgánico insoluble puro, o un colorante orgánico precipitado en un portador inorgánico como hidróxido de aluminio, sulfato de bario o arcilla.

La función de los pigmentos no es sólo la de proporcionar una superficie colorida que satisfaga por su apariencia estética, aunque es una de sus funciones principales. También proporciona el poder cubriente, tiene efecto sobre la viscosidad del vehículo, color secundario, brillo, fluidez y homogeneidad, estabilidad del color a la luz, ya que las partículas sólidas reflejan gran parte de los destructivos rayos luminosos, lo que ayuda a prolongar la vida del recubrimiento líquido industrial, resistencia a la humedad, y resistencia a los agentes químicos.

En general, los pigmentos deben ser opacos para asegurar el cubrimiento, además de que debe tener buena dispersabilidad, y químicamente inertes para lograr una buena estabilidad. Los pigmentos no deben ser tóxicos, o por lo menos de baja toxicidad, para los habitantes del lugar, ni para las personas que los apliquen.

Por último, los pigmentos deben humedecerse por los elementos formadores de película y ser de bajo costo. Los pigmentos tienen diferente poder cubriente por lo que se clasifican como:

- Pigmentos de bajo índice de refracción.
- Pigmentos de alto índice de refracción.

El índice de refracción de una sustancia es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el seno de la misma. La velocidad de la luz siempre es menor en un medio dieléctrico que en el vacío y la disminución de velocidad se debe a la interacción de los electrones polarizables de las moléculas del medio con el campo eléctrico oscilante de la radiación.

Los dipolos permanentes de las moléculas también pueden interferir, pero la radiación visible utilizada para medir el índice de refracción, cambia con tal rapidez el sentido del campo eléctrico alternante, porque su frecuencia es del orden de  $10^{15}$  ciclos/seg, que las moléculas son incapaces de orientarse unas respecto a otras con la rapidez suficiente para seguir la variación de este campo. Por esta razón, sólo la polarizabilidad es la que interviene con el paso de la luz.

#### 4.2.1. PIGMENTOS DE BAJO INDICE DE REFRACCION.

Estos pigmentos tienen un índice de refracción generalmente igual o ligeramente mayor que el vehículo en el cual están dispersados. Originalmente se tomo como base el índice de refracción del aceite de linaza cocido, 1.5 aproximadamente. Generalmente son minerales no metálicos de los cuales los más empleados son:

- Carbonato de calcio.
- Silicato de aluminio hidratado (caolín).
- Silicato de magnesio hidratado (talco).
- Silicato aluminato de potasio (mica).
- Sulfato de bario (barita).

Por su cercanía en el índice de refracción, el pigmento es apenas visible cuando está dispersado en aceite, y el resultado óptico permite ver el sustrato o sea que la película seca es semitransparente.

Debido a este fenómeno a los pigmentos de bajo índice de refracción se les ha llamado de diversas maneras, ampliadores, extendedores, inertes, cargas minerales o abaratadores.

Los pigmentos de bajo índice de refracción constituyen una parte necesaria de la formulación, y contribuyen con diversas propiedades tanto en el recubrimiento líquido, como en la película sólida ya aplicada.

Muchas veces la diferencia entre una buena y una mala formulación depende de la habilidad del formulador para manejar y balancear los diferentes pigmentos de bajo índice de refracción de los recubrimientos industriales líquidos.

#### 4.2.2 PIGMENTOS DE ALTO INDICE DE REFRACCION.

Los pigmentos de alto índice de refracción son los que debido a este índice proporcionan el color deseado y el poder cubriente de la película. Las principales propiedades de los pigmentos de alto índice de refracción son las siguientes:



a) *Color básico.*- El color básico pone de manifiesto el color de los pigmentos cuando se dispersan solos en el vehículo. Evidentemente es una propiedad esencial, ya que el primer requisito de cualquier pigmento de alto índice de refracción, es que produzca un acabado del tono deseado.

b) *Intensidad.*- La intensidad es un factor importante tanto en los pigmentos blancos como en los de color. Esta propiedad se refiere al poder colorante cuando se mezcla con otros pigmentos de tono secundario muy diferente.

c) *Poder cubriente.*- El poder cubriente se refiere a la capacidad de un pigmento para cubrir los sustratos cuando se incorporan a un medio adecuado y se extiende sobre la superficie en una película de espesor uniforme.

d) *Tamaño de partícula.*- El tamaño de las partículas de los pigmentos es otra propiedad importante, ya que afecta el poder cubriente, el brillo, y a la tersura de la película de los recubrimientos industriales líquidos. Puesto que la mayoría de las partículas de los pigmentos son más o menos redondeadas, normalmente su tamaño se establece en función del diámetro medio, medido en micras.

e) *Dispersabilidad.*- La facilidad que tienen los pigmentos aglomerados para separarse mediante la dispersión en los vehículos del recubrimiento, se llama dispersabilidad. Los procesos de dispersión usados por los fabricantes de recubrimientos industriales líquidos, no disminuyen el tamaño de partícula. Algunos vehículos proporcionan mejor dispersabilidad que otros.

f) *Brillo.*- Es una propiedad importante el grado de brillo real logrado en un acabado que se espera que tenga, ya sea bien el mayor brillo posible, los que se conocen como acabados brillantes, o que el pigmento tienda a reducir el brillo, los cuales se conocen como acabado semimate o mate.

g) *Efecto sobre la viscosidad.*- Los pigmentos dispersados en un vehículo aumentan su viscosidad. En algunos recubrimientos es necesario que el espesamiento producido por el pigmento sea limitado, en otros, como los

esmaltes y lacas industriales debe evitarse el espesamiento para su mejor aplicación.

*h) Estabilidad.* - Muchos recubrimientos industriales líquidos se secan en estufa a elevadas temperaturas, para acelerar el proceso de secado, por lo que los pigmentos no deben alterar el recubrimiento en cuanto a decoloración, pérdida de brillo, pérdida de poder cubriente, oscurecimiento. Los pigmentos no deben alterarse con la humedad, ni con los agentes atmosféricos, deben ser resistentes a los ácidos, a los álcalis o a otros reactivos químicos.

#### 4.3 EL VEHICULO.

El vehículo de un recubrimiento es la parte líquida. Se compone de:

- El aglutinante.
- Disolventes.
- Agentes modificantes o aditivos.

##### 4.3.1 EL AGLUTINANTE.

EL aglutinante o formador de película, puede ser un aceite, una resina, un polímero, etc., como su nombre lo indica su principal función es la de formar una película sólida y continua al secar. El aglutinante o formador de película imparte muchas de las propiedades de un recubrimiento.

Solamente en algunos tipos de recubrimientos se usa un único aglutinante pero generalmente se necesitan mezclas de por lo menos dos, y a veces hasta media docena de aglutinantes para obtener la combinación conveniente de propiedades en el producto final.

Para lo cual se deben considerar entre otros factores, la superficie y sus condiciones, el método de aplicación y de secado, el costo y las características generales que se requieren del recubrimiento.

Los formadores de películas varían enormemente en sus propiedades físicas y también en la viscosidad de sus soluciones. Algunas resinas oscilan desde líquidos bastante fluidos hasta sólidos quebradizos a la temperatura ambiente.

El aglutinante debe ligar las partículas del pigmento para formar una película coherente, además de que debe tener adherencia sobre la superficie sobre la cual se aplique el recubrimiento. Entre los aglutinantes más comunes se encuentran los siguientes:

- Resinas fenólicas.
- Resinas alquidálicas.
- Hule clorado.
- Resinas oleoresinosas.
- Resinas epóxicas.
- Resinas vinílicas.
- Resinas acrílicas.
- Resinas poliéster.
- Resinas de silicón.
- Resinas de poliuretano.
- Resinas naturales.

#### 4.3.2 DISOLVENTES.

Los disolventes, también llamados diluyentes o volátiles son líquidos que se adicionan a la mayoría de los recubrimientos industriales líquidos para hacerlos lo suficientemente fluidos para una aplicación adecuada, es decir modifican la viscosidad del recubrimiento.

Los disolventes volátiles utilizados para reducir los componentes no volátiles, a la viscosidad adecuada son el tercer grupo en importancia de los componentes del recubrimiento. Aunque no permanecen en la película una vez seca, son necesarios para el proceso de aplicación de las mismas, las cuales finalmente secarán con el debido brillo y exhibirán una uniformidad del espesor de la película y carencia de irregularidades en su superficie.

Las propiedades generales que deben tenerse en cuenta en la selección de los tipos específicos y de sus calidades para determinadas aplicaciones son, color, velocidad de evaporación, olor, capacidad de disolución, toxicidad, influencia en la viscosidad y punto de inflamación.

Los disolventes mas usados en la fabricación de recubrimientos líquidos son:

i).- *Solventes aromáticos*: Tolueno, Xileno, otros.

ii).- *Solventes alifáticos*: Gas nafta, hexano, gas solvente, thinner. *Cetonas*: metil isobutil cetona, metil etilcetona, cetona. *Alcoholes*: metanol, butanol. Otros.

#### 4.3.3 AGENTES MODIFICANTES.

Los agentes modificantes o aditivos son materias primas empleadas, por lo general en pequeñas proporciones, para modificar las características generales de los recubrimientos líquidos, cuyo objetivo es el de mejorar la apariencia, darles estabilidad y durabilidad.

*Dentro de los agentes modificantes se encuentran los siguientes:*

a) *Agentes secantes*: Son materiales catalíticos, que al agregarse a un vehículo, acelera el secado o endurecimiento de la película oxidable o polimerizable. Los secantes son jabones metálicos, de metales como cobalto, calcio, manganeso, plomo, hierro y zirconio. Estos metales reaccionan con ácidos del tipo nafténico, octóico y decanóico. Estos jabones deben ser solubles en aceite para que funcionen como secantes.

b) *Agentes tensoactivos*: Como ya se mencionó, modifican el ángulo de contacto entre el pigmento y el vehículo, permitiendo moliendas más efectivas. Entre los agentes más usados como tensoactivos tenemos, surfactantes iónicos, lecitina de soya y otros.

c) *Agentes antinata*: Se usan para prevenir la formación de una película en la superficie del recubrimiento líquido, al ser expuesto al aire. La forma de actuar del agente antinata es tratar de impedir temporalmente, la oxidación y secado de la película. Existen varios tipos de agentes antinatas o antioxidantes que son completamente no volátiles, de volatilidad ligera como el ortoaminofenol o el eugenol, y los que son volátiles como las oximas. Las de uso común son las oximas.

d) *Agentes humectantes*: Son aquellos que tienden a reducir la tensión de la interfase que existe entre los límites aceite-agua y de pigmento-agua. Los agentes

contienen grupos hidrofílicos y lipofílicos, de este modo retienen parcialmente el agente en la fase acuosa y en la parte líquida, quedando la otra parte en la interfase. Un pigmento mal humectado tiende a aglomerarse provocando una pérdida de poder tintoreo y floculación.

e) *Agentes tixotrópicos*: La tixotropía es la propiedad de un recubrimiento líquido de presentar una formación gel/sol/gel al ser aplicada y dejada después en reposo. El recubrimiento estando en forma de gel no escurrirá, ni fluirá de la brocha, por la acción abrasiva del brocheo la cambiara a la forma de sol provocando que nivele bien pero, posteriormente pasa a gel previniendo el escurrimiento. Los agentes que producen este fenómeno son los agentes espesantes y esponjantes, como el agua y materiales especiales de tipo celulósico, y agentes quelantes coloidales.

f) *Agentes fungicidas y bactericidas*: La industria de los recubrimientos usa agentes bactericidas y fungicidas por dos razones:

- Para prevenir los recubrimientos de base acuosa de la descomposición.
- Para prevenir la degradación de los recubrimientos en la película.

El uso de los fungicidas en la actualidad está restringida debido a la prohibición del uso de ingredientes activos tóxicos que contienen plomo y mercurio. Debido a esta razón, han sido reemplazados por ingredientes activos cuyos efectos son libres de riesgo tóxico. Los nuevos ingredientes activos no son peligrosos en las concentraciones usadas, cuando son manejados por largos periodos de tiempo, a diferencia de los ya mencionados.

Para tener éxito en la prevención de hongos se recomienda que el pH de los recubrimientos sea de 7.5 a 9.0, debido a que éstos se reproducen en condiciones ligeramente ácidas.

g) *Agentes antiespumantes*: Uno de los problemas que se presentan en el proceso de fabricación de pinturas es la formación de espumas que se podría definir como burbujas estables producidas en la interfase aire-líquido debido a la agitación. Para reducir la formación de espuma se puede seguir las siguientes actividades, reduciendo la viscosidad, existe una menor tensión superficial que

provoca la ruptura de las burbujas. Otra forma de eliminar el problema es agregando un antiespumante como aceites minerales y silicones.

*h) Agentes coalescentes:* Son solventes orgánicos fuertes de evaporación lenta que tienden a ablandar la fase aglutinante de las emulsiones. Su función es ablandar y reducir la viscosidad en la fase acuosa para formar una película continua. La mayoría de estos agentes son del tipo alcohol-eter, entre estos tenemos, butil cellosolve, acetato de cellosolve, etc.

*i) Coloides protectores:* Son una suspensión de partículas finamente divididas en un medio continuo. Las partículas mismas se denominan fase dispersa o coloide, y el medio es la fase dispersante. Existen dos clases generales de coloides, los liofílicos que son los que tienen gran atracción por el solvente. Se usan para mejorar la estabilidad de la emulsión al aumentar la viscosidad de la fase externa. Algunas sustancias que se usan son, metil celulosa, almidones, carboximetil celulosa, etc.

*j) Agente antifloculante:* La floculación o flotación es la separación de uno o más pigmentos que produce colores no uniformes en las películas secas. Las muestras pueden variar, dependiendo del método de aplicación. Aparece en ciertos vehículos si hay pigmentos que varían mucho en tamaño de partículas y densidad.

La floculación es producida por el movimiento del vehículo que tiene lugar durante el período de evaporación del disolvente en el secado de la película. El vehículo en la superficie está más frío y más denso debido a la evaporación del disolvente que debajo de la superficie. El resultado es que las capas de la superficie se hundan y el vehículo se eleva desde abajo.

*k) Agentes antisedimentantes:* La sedimentación de un recubrimiento líquido consiste en la acumulación de sólidos en el fondo del recipiente, no confundiendo con la floculación del pigmento. Contra este fenómeno solo pueden usarse agentes dispersantes que reduzcan las fuerzas de atracción entre las partículas, es decir que se opongan a la formación de aglomerados.

## CAPITULO V .- CLASIFICACION DE LOS RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES LIQUIDOS.

Como se ha mencionado, a través de los años los recubrimientos han evolucionado en su formulación y fabricación. En la época actual la industria de los recubrimientos industriales líquidos hace uso de muchas materias primas, compuestos químicos, materiales y equipos. Realizando una buena y precisa formulación se obtiene una gran diversidad de recubrimientos industriales líquidos, que pueden clasificarse de diferentes formas, como a continuación se describe:

- a) Según el medio ambiente en que se emplean.
  - Interiores.
  - Exteriores.
- b) Según el grado de brillo.
  - Mate.
  - Semimate.
  - Brillante.
- c) Según las condiciones de secado.
  - Secado al aire (evaporación del solvente).
  - Secado forzado (reacción química y horneado).
- d) Según la forma de aplicación.
  - Con brocha.
  - Con pistola de aire.
  - Por inmersión.
- e) Según el uso general a que se destina.
  - Industriales.
  - Domésticos.
- f) Según el uso específico a que se destinan.
  - Automótivas.
  - Marinas.
  - Domésticas.
  - Cemento y estuco.
  - Asfálticas para tejados.

g) Según sus compuestos químicos.

- Recubrimientos base agua.
  - \* Vinílicas.
  - \* Acrílicas.
- Recubrimientos base solvente.
  - \* Alquidálicas.
  - \* Epóxicas.
  - \* Acrílicas.
  - \* Hule clorado.
  - \* Fenólicas.
  - \* Poliuretano.
  - \* Siliconas.
  - \* Poliéster.
- Barnices.
  - \* Oleorresinosos.
  - \* Alquidáticos puros y modificados.
  - \* Fenólicos puros y modificados.
- Lacas.
  - \* Celulósicas.
  - \* Nitrocelulósicas.
- Fondos anticorrosivos.
  - \* Oxido de hierro.
  - \* Oxido de plomo.
  - \* Cromato de zinc.

Como se puede observar existen muchas clasificaciones para definir los diferentes tipos de recubrimientos industriales líquidos. Por consiguiente y para fines de esta tesis, usaremos como punto de partida o guía, la siguiente clasificación de los recubrimientos industriales líquidos, en base a su composición química y tomando como base las condiciones propias de fabricación y de los más usuales:

- Recubrimientos en base a resinas acrílicas.
- Recubrimientos en base a resinas alquidáticas.



- Recubrimientos en base a resinas epóxicas.
- Recubrimientos en base a resinas fenólicas.
- Recubrimientos en base a resinas de hule clorado.
- Recubrimientos en base a lacas.
- Recubrimientos en base a resinas de poliuretano.
- Recubrimientos en base a resinas de silicón.
- Recubrimientos en base a resinas vinílicas.

## 5.1 RECUBRIMIENTOS EN BASE A RESINAS ACRILICAS.

Los recubrimientos acrílicos son protectores y decorativos, hechos con polímeros acrílicos como componente principal del aglomerante o resina. Las resinas acrílicas más importantes son los ésteres metílicos, etílico y butílico, polimerizados de los ácidos acrílico y  $\alpha$ -metilacrílico.

Los ésteres metílicos son más duros y más resistentes, pero tienen menos flexibilidad que los ésteres más altos y los metil acrilatos son más duros que los acrilatos. Las resinas comerciales son copolímeros combinados para producir las propiedades óptimas de secado y de la película. Las resinas de ésteres acrílicos se secan por evaporación del disolvente, por consiguiente, las películas son termoplásticas y son solubles a algunos disolventes.

Las formulaciones de recubrimientos acrílicos se hacen en forma de solución o emulsión. Los recubrimientos acrílicos transparentes contienen el polímero acrílico en un disolvente o en agua. Los recubrimientos acrílicos pigmentados contienen el polímero acrílico, pigmentos y un disolvente orgánico para los tipos en solución.

Los recubrimientos acrílicos en solución se emplearon por vez primera para acabados industriales hacia el año 1937. Los tipos de emulsión que se diluyen en agua fueron introducidos en 1953, y se emplean ampliamente en recubrimientos para interiores y exteriores sobre yeso, estuco y mampostería. La mayoría de los polímeros acrílicos y recubrimientos derivados de ellos, empleados en el pasado, eran termoplásticos y secaban por evaporación del disolvente o del agua. Sin embargo, recientemente se han desarrollado recubrimientos acrílicos termoestables en solución y emulsión de secado en estufa.

*Dentro de las propiedades principales de los recubrimientos acrílicos*

la más importante es que secan al aire en poco tiempo, de 10 a 60 minutos, son transparentes e incoloros, tienen excelente resistencia a la decoloración a altas temperaturas de hasta 175 °C, resistencia elevada al agua, álcalis, aceites y ácidos, excelente resistencia a la luz ultravioleta, tienen brillo elevado, buena dureza y excelente resistencia a vapores de productos químicos y exposición a la intemperie.

Los recubrimientos acrílicos se pueden aplicar por métodos convencionales, tales como pulverización, inmersión, con rodillo y por riego. Los recubrimientos en emulsión se pueden aplicar por brocha pero esto se hace con más dificultad en los recubrimientos en solución, debido al alto peso molecular del polímero acrílico.

Los recubrimientos acrílicos en solución pueden emplearse en forma transparente o pigmentada sobre sustratos de aluminio, latón, acero, cromados, plásticos, láminas metálicas, tejidos, cuero y papel, cuando sean requisitos fundamentales la transparencia, retención del color y duración.

Los recubrimientos acrílicos transparentes se emplean frecuentemente para proteger carpinterías metálicas de aluminio, herrajes de latón pulido, placas rotuladas, orfebrería de plata y plásticos metalizados al vacío. En forma de aerosol se utilizan como recubrimientos sobre mapas, pantallas de lámparas y herramientas.

Los recubrimientos acrílicos pigmentados se destinan para aplicaciones que requieren buena duración en exteriores y buena retención del color a temperaturas elevadas. Dichos recubrimientos se emplean sobre automóviles, estufas, aparatos de luz y equipos de hospitales. También se utilizan como esmaltes de gran duración para rotular anuncios luminosos de plexiglás y, en forma de aerosol, como esmaltes de retoques para frigoríficos y estufas. Los recubrimientos acrílicos fluorescentes se emplean para identificación de aviones, y también existen en el comercio recubrimientos luminiscentes y fosforescentes.

Los recubrimientos en emulsión acrílicos, particularmente los de tipo termoestable, se usan como imprimaciones y capas de acabados brillantes, transparentes y pigmentadas, de secado en estufa para muebles metálicos finos, aparatos electrodomésticos, piezas fundidas y alambres. Estos recubrimientos presentan poco riesgo de incendio durante su aplicación.

Los recubrimientos en emulsión acrílicos tienen también excelente

duración en exteriores y resistencia a la niebla salina. La duración del tratamiento en estufa para secado varía de 15 a 30 minutos, a temperatura de 150 a 175 °C.

## 5.2 RECUBRIMIENTOS EN BASE A RESINAS ALQUIDÁLICAS.

El uso de las resinas alquidálicas en recubrimientos recibió gran impulso durante la Segunda Guerra Mundial por sus propiedades de secado rápido y su capacidad para formar películas resistentes y duraderas. Las resinas alquidálicas son los productos de la reacción entre ácidos polibásicos y alcoholes polivalentes, las cuales se asocian con aceites vegetales, ésteres de colofonia, cuerpos fénolicos, poliestireno y otros materiales formadores de película.

En los recubrimientos industriales se emplean dos clases de resinas alquidálicas una de las cuales tiene dos tipos distintos. Primero están las resinas alquidálicas modificadas con aceite, de los cuales se distinguen las resinas de tipo oxidante, en que se emplean aceites secantes, y las del tipo no oxidante, que se modifican con aceites no secantes. La segunda clase es la de resinas alquidálicas modificadas con resinas.

Los recubrimientos alquidálicos se usan mucho más ampliamente que cualquier otro recubrimiento protector. Se emplean en aplicaciones tan diversas como acabados de secado al aire para paredes en interiores, hasta esmaltes de secado en estufa para automóviles. Los recubrimientos alquidálicos tienen comparativamente precio bajo y excelente retención de color y duración.

El término alquidálico es el nombre genérico que se da a los ésteres poliméricos que se forman en la condensación de polialcoholes y poliácidos. El término inglés alkyd, del que se deriva la palabra española "alquidálico", que resulta de "al", de alcohol y "kyd", la representa la última sílaba de la palabra inglesa acid.

Los polialcoholes empleados pueden ser etilenglicol, dietilenglicol, glicerina, pentaeritritol, sorbita, trimetiloletano, trimetilolpropano. Los poliácidos pueden ser ftálico, maleico, fumárico, sebálico, adípico.

El producto resinoso de la reacción entre un polialcohol y un poliácido se conoce como una resina alquidálica no modificada. Solamente tienen un uso restringido como recubrimientos protectores a causa de su limitada solubilidad.

Para la mayoría de las aplicaciones en recubrimientos protectores, las resinas alquidáticas se modifican con aceites vegetales, que les proporcionan características especiales. Los aceites vegetales se clasifican como secantes, oxidables, y no secantes, no oxidables.

En general, las resinas alquidáticas modificadas con aceites tienen excelente retención de color, adhesión, duración y flexibilidad, pero sólo tienen una moderada velocidad de secado, resistencia química, resistencia térmica y resistencia a la niebla salina.

Las resinas alquidáticas se clasifican según su contenido en aceite, en cortas, medias y largas. Un recubrimiento alquidático de corto contenido en aceite contiene de 40 a 50% de anhídrido ftálico, el de medio contenido en aceite tiene de 30 a 40% y el de largo contenido en aceite tiene de 20 a 30% de ftálico.

A continuación se da una descripción de las tres clases de resinas alquidáticas modificadas con aceite:

*a) Alquidáticas cortas en aceite.* Se usan generalmente en acabados de secado en estufa. Contienen aceites secantes o no secantes, y se usan solas o en combinación con amino-resinas, tales como las de urea-formaldehído. Se aplican usualmente por pulverización y necesitan de disolventes fuertes, como tolueno o xileno, para rebajarlos o diluirlos. Los recubrimientos alquidáticos de este tipo se usan en acabados electrodomésticos, de anuncios metálicos, armarios de cocina.

*b) Alquidáticas de contenido medio en aceite.* Se utilizan en aplicaciones de secado al aire y en estufa (el aceite modificante es generalmente linaza o soya). Pueden aplicarse por medio de brocha, por pulverización, por inmersión o por riego. Los disolventes usados son generalmente, nafta o disolventes derivados del petróleo. Este tipo de recubrimientos alquidáticos se emplean en esmaltes para maquinaria, esmaltes para depósitos cilíndricos y muchas otras aplicaciones industriales.

*c) Alquidáticas largas en aceite.* Se usan para acabados interiores y exteriores en arquitectura, como recubrimientos y en aplicaciones marinas. Los recubrimientos son de secado al aire, y se diluyen con disolventes derivados del petróleo. Se aplican generalmente por brocha.

Las resinas alquidáticas modificadas por aceites pueden ser modificadas de nuevo con otras resinas para mejorar ciertas propiedades. En algunos casos, la resina modificante se adiciona durante la fabricación de la alquidática y llega a ser una parte importante de la misma, mientras que en otros casos se mezcla con la alquidática durante la fabricación del recubrimiento. Entre los recubrimientos alquidáticos modificados con resinas, se encuentran los siguientes:

*i) Recubrimientos alquidáticos modificados con amino-resinas.* Son acabados de secado en estufa. La adición de una amino-resina le proporciona propiedades de secado rápido. Los recubrimientos de esta clase tienen buena retención de color, dureza y resistencia a la abrasión, y se emplean para aparatos electrodomésticos y automóviles.

*ii) Recubrimientos alquidáticos modificados con colofonia.* Son baratos y adquieren buenas propiedades después del secado. Pueden ser rebajados con disolventes alifáticos baratos. Son de color oscuro y tienen mala retención de color y duración en exteriores. Se usan en acabados para metales de bajo precio.

*iii) Recubrimientos alquidáticos modificados con resinas fenólicas.* Tienen resistencia mejorada al agua y a los agentes químicos, en comparación con las modificadas con aceite. Poseen flexibilidad y retención del color más baja que las alquidáticas sin modificar. Su aplicación principal es en recubrimientos protectores.

*iv) Recubrimientos alquidáticos estirenados.* Tienen propiedades de secado rápido y buena retención del color. Su resistencia a los disolventes y duración en exteriores es más baja que la de las alquidáticas no modificadas. Pueden secar por calentamiento en estufa o al aire, y se emplean para aplicaciones en muebles y juguetes.

*v) Recubrimientos alquidáticos modificados con siliconas.* Presentan resistencia térmica mejor que la de las alquidáticas no modificadas. Su brillo y color son buenos. Su aplicación es en blindajes de hornos y en tiros de chimeneas.

vi) *Recubrimientos alquidáticos modificados con resinas vinílicas* Tienen mejor tenacidad, velocidad de secado y resistencia química que las alquidáticas no modificadas. Su principal uso es en imprimaciones y para metales prepintados que se conforman después de su recubrimiento.

En general, las resinas alquidáticas oxidantes pueden usarse en recubrimientos de secado al aire o de secado al horno. Las temperaturas empleadas en el horno pueden variar entre 66 y 177 °C. Las resinas no oxidantes se usan como plastificantes para otros formadores de películas, como la nitrocelulosa, el hule clorado y las resinas amínicas.

Las resinas alquidáticas oxidantes y los barnices se parecen en ciertas propiedades, pero difieren en otras. Las resinas alquidáticas y los barnices son sensibles al agua y a los álcalis, excepto los de tipo modificados con resinas fenólicas.

### 5.3 RECUBRIMIENTOS EN BASE A RESINAS EPOXICAS.

Las resinas epóxicas constituyen uno de los materiales más nuevos y versátiles de los recubrimientos modernos, habiendo sido sintetizada en Suiza y en los Estados Unidos en el año de 1938. Han encontrado gran demanda en la industria y en las operaciones manufactureras, encontrando su principal empleo en aplicaciones industriales, recubrimientos de superficies, adhesivos de gran resistencia, soldadura en frío, espumas de peso ligero y mezclas para forros de toda clase de aparatos eléctricos y electrónicos, así como laminados de alta duración.

En realidad el término epoxi no es exacto. Es cierto que estos compuestos pueden tener una naturaleza resinosa, aunque no necesariamente, más bien debe considerarse como un intermediario.

Los recubrimientos epóxicos se destacan por su excelente adhesión, flexibilidad, tenacidad y resistencia química. Las resinas epoxi se modifican comúnmente por medios químicos, o se mezclan con catalizadores, agentes de curado u otras resinas y, como consecuencia de ello, se han formulado un gran número de recubrimientos para diferentes aplicaciones.

Los recubrimientos en base a resinas epóxicas, se clasifican en los

siguientes tipos principales:

*a) Epoxi-fenólicas.*

Las notables propiedades de los recubrimientos epoxi-fenólicos de curado en estufa son su tenacidad, flexibilidad, adhesión, resistencia térmica y propiedades eléctricas. También presenta la mejor resistencia química y a los disolventes que es posible obtener con resinas epóxicas.

La mayoría de las resinas fenólicas presentan color inicial y retención de color malos. Por ello, los recubrimientos epoxi-fenólicos solamente pueden emplearse en aplicaciones en las que el color del recubrimiento no sea importante, por ejemplo, recubrimientos para impregnación de cables y recubrimientos para envase de hojalata, barriles y depósitos.

*b) Epoxi-urea.*

Las propiedades físicas y químicas de los recubrimientos de epoxi-urea se asemejan a las de los epoxi-fenólicos, sin embargo, presentan la ventaja de buen color inicial y retención de color bueno en acabados blancos y transparentes, y son más adecuados para aplicaciones decorativas.

Las aplicaciones más comunes son como imprimaciones de aparatos electrodomésticos, recubrimientos de envases de hojalata, muebles de hospitales y laboratorios, y recubrimientos para ferretería de latón, bisutería y plásticos metalizados a vacío.

*c) Epoxi-amínicos.*

Los recubrimientos epoxi-amínicos curan generalmente por secado al aire. Su resistencia química no es tan buena como las de los epoxi-fenólicos y de epoxi-urea. Sin embargo, tienen excelente resistencia química y a los disolventes, en comparación con otros recubrimientos de secado al aire.

Los recubrimientos epóxicos curados con aminas, tienen mejor resistencia a los ácidos y a los álcalis que los recubrimientos epoxi-poliámídicos. Se recomienda particularmente para resistir al cloruro de sodio, al ácido sulfúrico, el amoníaco y al nitrato de amonio. Los recubrimientos curados con aminas tienen mejor resistencia térmica que los del tipo epoxi-poliámídico, y pueden emplearse a temperaturas de hasta 30 °C más altas que éstos.

Los recubrimientos epoxi-amínicos son los más ampliamente utilizados en aplicaciones de mantenimiento industrial y para algunos equipos especiales en los que el curado en estufa es inconveniente o imposible. Las aplicaciones típicas son, recubrimientos para oleoductos y para maquinaria, equipos de fabricación y acero para construcciones en instalaciones químicas.

*d) Epoxi-poliamídicos.*

Los recubrimientos epoxi-poliamídicos contienen resinas poliamidas con grupos amino reactivos. Estos recubrimientos y los epoxi-amínicos son semejantes en cuanto a su manipulación, requisitos de curado, propiedades de las películas y aplicaciones.

En general, los recubrimientos epoxi-poliamídicos tienen resistencia a los disolventes y color inicial algo peor que los epoxi-amínicos, pero tienen una flexibilidad ligeramente superior después de envejecidos.

*e) Ésteres de resinas epoxi no modificadas.*

Estos recubrimientos tienen excelentes propiedades mecánicas y son más baratos que la mayoría de los demás recubrimientos epóxicos. Los ésteres de resinas epóxicas son muy semejantes a las resinas alquidáticas en sus propiedades como vehículo y condiciones de curado.

Suelen curar por tratamiento en estufa, pero pueden hacerlo a temperatura ambiente, si se añaden agentes secantes. Tienen mejor flexibilidad, adhesión, resistencia química y tenacidad que las resinas alquidáticas, pero son más caras y no presentan tan buena retención de color.

Los recubrimientos de ésteres de resinas epóxicas no modificadas se usan ampliamente como barnices de acabado, como imprimaciones para automóviles, aparatos electrodomésticos y otros equipos, y como recubrimientos iniciales y de mantenimiento de aceros para construcciones.

*f) Ésteres de resinas epóxicas modificadas.*

Estos recubrimientos de curado en estufa se basan en mezclas en solución de ésteres de tipo secante con melamina o resinas de urea. Tienen mejor dureza y resistencia química que los recubrimientos de ésteres no modificados, pero peor flexibilidad y resistencia al impacto. Se puede obtener un color inicial y



una retención de color ligeramente mejor cuando se emplean ésteres obtenidos a partir de ácidos no secantes.

*g) Epoxi-acrílicos.*

Los recubrimientos epoxi-acrílicos son relativamente nuevos y son útiles en aplicaciones que requieren buen color y brillo. Son muy adecuados para acabados transparentes, blancos y otros colores pálidos, para productos metálicos, su color y brillo son comparables a los acabados de resinas alquidálicas-melamina de alta calidad.

Estos recubrimientos son muy duros, tienen buena resistencia a las manchas, y su resistencia a los detergentes, disolventes y agentes químicos es comparable a los de epoxi-urea. Los recubrimientos de colores transparentes pueden emplearse para piezas decorativas, tales como bisutería y orfebrería de latón y plata. Los recubrimientos pigmentados se recomiendan para aparatos electrodomésticos, máquinas expendedoras automáticas y muebles para exteriores.

*h) Recubrimientos con alto contenido de sólidos.*

Los recubrimientos epóxicos de alto contenido de sólidos, exentos de disolventes, son relativamente nuevos y tienen algunas ventajas importantes sobre los recubrimientos epóxicos convencionales. Son usualmente más caros, menos peligrosos de aplicación y, a causa de su gran espesor, tienen una vida de servicio más larga y superior resistencia a la corrosión y a los agentes químicos.

Normalmente un recubrimiento epóxico contiene de 50 a 70% de materia no volátil, los recubrimientos exentos de disolventes contienen normalmente 100%, a veces algo menos de sólidos. Aún cuando el material cuesta más que los recubrimientos de tipo disolvente, los gastos de aplicación son menores.

En una sola aplicación se pueden conseguir espesores de hasta 0.5mm., espesor del que se asegura que proporciona diez veces más duración que los sistemas convencionales con disolventes. Estos recubrimientos se recomiendan para depósitos de almacenamiento, depósitos de carga y de lastre marinos, y recipientes similares, así como para mantenimiento general y acabado de productos que requieren buena resistencia química.

Como se puede observar las resinas epóxicas tienen dos usos principales, en el campo de los recubrimientos y el de los plásticos estructurales, donde se usan como adhesivos, para aplicaciones eléctricas, con resinas para laminar con fibra de vidrio.

Sin embargo en la industria de los recubrimientos es en donde se usan la mayor cantidad de resinas epóxicas. Es importante, sin embargo, que las mismas propiedades que son relevantes en los recubrimientos, los son también en los plásticos. A continuación se dan algunas propiedades importantes de las resinas epóxicas:

- Adhesión.
- Inalterabilidad a agentes químicos.
- Propiedades físicas satisfactorias.
- Propiedades humectantes satisfactorias.
- Propiedades eléctricas satisfactorias.

#### 5.4 RECUBRIMIENTOS EN BASE A RESINAS FENÓLICAS.

Para obtener determinadas propiedades singulares en un recubrimiento, suele ser necesario sacrificar alguna otra propiedad. Por ejemplo, puede obtenerse una resistencia muy buena a los ácidos, los álcalis y los disolventes con algunos recubrimientos fenólicos, pero no secan al aire, tienen que hornearse a temperaturas bastante elevadas, las películas no son muy flexibles y en comparación con otros recubrimientos no toleran los disolventes baratos.

Los recubrimientos basados en resinas fenólicas se utilizan ampliamente para la protección de piezas metálicas y otros artículos. Las aplicaciones incluyen los recubrimientos de bronce pulido, recubrimientos internos de bidones y tambores, depósitos de almacenamiento, cisternas y equipo de fabricación, imprimaciones para muchos productos donde se necesite una gran resistencia a los agentes químicos y disolventes.

Los cuatro tipos principales de recubrimientos fenólicos son los siguientes:

a) *Fenólicos puros ( 100% )*. Este es el tipo más utilizado.

b) *Polihidroxifenólicos o fenólicos sustituidos, tales como las resinas de cresol y resorcina.* Estos se pueden utilizar solos o como modificadores para aumentar ciertas propiedades específicas, tales como dureza o velocidad de curado en estufa.

c) *Fenólicos bloqueados.* Estos son relativamente nuevos y están ganando aceptación por sus propiedades especiales. Esta clase de fenólicos tiene todas las propiedades de resistencia química de los fenólicos regulares, y además son resistentes a las soluciones alcalinas fuertes, a las soluciones de jabones y detergentes y a los medios de oxidación fuerte. Son también más compatibles con las resinas epóxicas, alquidálicas y vinílicas.

d) *Barnices fenólicos al aceite.* Los barnices fenólicos al aceite se usan ampliamente como recubrimientos internos de depósitos y vehículos de imprimación para artículos metálicos, debido principalmente a su rapidez de secado, tenacidad, flexibilidad y resistencia al agua. Estos barnices se usan generalmente para acabados de madera. La resistencia a los aceites y a los disolventes es considerablemente menor que la de los otros tipos.

Las resinas fenólicas de recubrimientos, completamente curadas, tienden a ser frágiles, aunque existen diferencias entre los distintos tipos de resinas, generalmente en los tipos de resinas sustituidas. Con una excepción, las tres primeras resinas citadas anteriormente deben ser plastificadas o modificadas con otras resinas para aplicaciones que requieren alto grado de flexibilidad.

Las resinas epoxi, polivinil butiral y polibutil formal, se usan para este propósito. En general, se utiliza del 50 al 75% de resina epoxi o del 10 al 40% de polivinil butiral o formal.

Las propiedades típicas de los recubrimientos fenólicos transparentes son:

#### *i) Adhesión.*

La adhesión de las películas de recubrimientos fenólicos transparentes es buena sobre hierro, acero, latón y cobre, medianamente buena sobre aluminio, magnesio, zinc y cadmio. La adhesión es también buena sobre

madera, vidrio, tela, cerámica y muchos plásticos.

*ii) Aspecto.*

Los recubrimientos fenólicos transparentes curados en estufa, tienen un aspecto liso y brillante y un agradable color dorado que varía desde pálido a intenso. Con la excepción de los barnices, los recubrimientos fenólicos pierden su brillo cuando se exponen al exterior.

*iii) Porosidad.*

Debido a su estructura altamente reticulada, las resinas fenólicas constituyen los recubrimientos mas densos y menos permeables que se pueden aplicar a los metales. La permeabilidad al vapor de agua es extremadamente baja. La incorporación de plastificantes aumenta la permeabilidad en proporción aproximada a la cantidad de plastificante que se adicione.

*iv) Resistencia a la abrasión.*

La resistencia a la abrasión de los recubrimientos fenólicos transparentes varía desde buena hasta excelente.

*v) Resistencia química.*

La característica más sobresaliente de los recubrimientos fenólicos es su resistencia química. No se afectan por la mayor parte de los disolventes y poseen elevada resistencia a los ácidos minerales y orgánicos, así como a las soluciones acuosas. Solamente los fenólicos bloqueados tienen realmente buena resistencia a los álcalis, a las soluciones jabonosas y a los medios oxidantes, como el ácido crómico.

Los recubrimientos de resinas fenólicas se pueden aplicar por pulverización, inmersión, rodillo, riego. Aunque las temperaturas de curado pueden variar mucho, la mayor parte de los recubrimientos se calientan de 150 a 205 °C. Algunas soluciones de resinas catalizadas pueden curar a la temperatura ambiente, sin embargo, los recubrimientos curados de esta forma carecen de la resistencia química de las películas curadas en estufa. Los tiempos de curado que se emplean generalmente varían de 10 a 30 minutos.

## 5.5 RECUBRIMIENTOS EN BASE A RESINAS DE HULE CLORADO.

Las resinas de hule clorado, o caucho clorado, se produce clorando el hule natural. El hule clorado es un polvo granulado blanco que contiene aproximadamente 67% de cloro. Es soluble en hidrocarburos aromáticos, pero no en hidrocarburos alifáticos, ni en alcohol. Tiene buena compatibilidad con las resinas alquidáticas de elevado contenido de aceite, y con algunos barnices y aceites.

El hule clorado aumenta la rapidez del secado de los materiales formadores de películas con los que es compatible y proporciona más resistencia al agua, a los álcalis, los ácidos y los aceites minerales. Mejora la resistencia de los recubrimientos, como lo indica su mayor resistencia a la abrasión en los acabados para pisos.

El hule clorado no es inflamable por su elevado contenido de cloro y es estable hasta 125 °C. Las películas transparentes se descomponen cuando se exponen a la luz fuerte del sol, pero las películas pigmentadas no son afectadas. El hule clorado se usa en acabados de secado rápido al aire usados en los pisos, la maquinaria y otros objetos sometidos a un desgaste considerable.

Cuando se desea una resistencia química mayor en el recubrimiento, puede aumentarse la razón del hule clorado a la resina alquidática. Esto ofrece un interés particular en los recubrimientos para concreto, por la posibilidad de que éste tenga bastante álcali libre.

Existe también un plastificante de parafina clorada, que es un aditivo líquido viscoso, que le proporciona a los recubrimientos muy buena resistencia química.

## 5.6 RECUBRIMIENTOS EN BASE A LACAS.

Estas lacas se basan en derivados de la celulosa, en la mayoría de los casos se usa la nitrocelulosa (nitrato de celulosa). Los sólidos del vehículo en las lacas de nitrocelulosa son nitrato de celulosa, resinas y plastificantes. Para ciertos recubrimientos especiales se puede omitir la resina.

La nitrocelulosa se encuentra en tres calidades en el comercio, R.S., soluble en cetonas, ésteres y mezclas de alcohol y éter, A.S., soluble en alcohol-

éter, metano, cetonas y ésteres, S.S., soluble en alcohol etílico y mezclas de tolueno y alcohol. La calidad R.S. es la más empleada.

La viscosidad de las lacas de nitrocelulosa, esta relacionada con el peso molecular y con las propiedades físicas de la película final de la laca. Las calidades poco viscosas no producen películas tan fuertes ni tan durables como algunas de las calidades más viscosas. Sin embargo, la elevada viscosidad exige líquido para la pulverización, y como esto disminuye el contenido de sólidos, se necesitan más aplicaciones para producir el mismo espesor de película y es mayor la pérdida de disolvente.

Las resinas pueden ser naturales o sintéticas porque la nitrocelulosa tiene buena compatibilidad con muchos materiales si se diluye en un disolvente apropiado. Las resinas aumentan el contenido de sólidos en el líquido pulverizable y aumentan el brillo y la adherencia de la película, la resina alquídica aumenta la duración y las no oxidantes se emplean mucho más que las oxidantes.

Es importante elegir la combinación correcta de calidades de nitrocelulosa, resina y plastificante para obtener las propiedades deseadas en la película. La característica más notable de las lacas es la extremada rapidez con que secan al aire. No necesitan hornearse, aunque en muchos sistemas industriales de acabado se someten a un secado intensivo a temperaturas que varían entre 66 y 82 °C, para eliminar los residuos de disolvente, que abandonan la película con bastante lentitud, cuando seca al aire.

No se han encontrado aún fórmulas buenas para su aplicación con brocha. Se aplican generalmente por pulverización, aunque para muchos fines pueden aplicarse por inmersión o rodillo.

Las lacas se emplean como películas transparentes no pigmentadas o como películas coloreadas con pigmentos, pero las películas transparentes no pigmentadas no se recomiendan para uso exterior por la sensibilidad de la nitrocelulosa a la radiación actínica cuando no está protegida por un pigmento.

Las películas de laca son termoplásticas y en consecuencia, sensibles a determinados disolventes, pero la elevada temperatura de reblandecimiento de la nitrocelulosa hacen que sean menos alterables en este aspecto que otros materiales termoplásticos. Como la nitrocelulosa se degrada por la acción del calor, no sirve para los recubrimientos que tienen que resistir

temperaturas superiores a las normales.

Entre las aplicaciones más importantes de las lacas, se encuentran las siguientes:

*a) Lacas para muebles.*

Estos recubrimientos del grupo para interiores contienen un elevado porcentaje de resina dura, que da un elevado contenido de sólidos, mucho brillo y aptitud para frotación y pulimiento.

La nitrocelulosa se emplea mucho en forma de capas oclusivas para el lijado y de capas. La oclusión tiene por objeto reducir la absorción de la capa de acabado por la madera y, mediante el lijado, rellenar las irregularidades y proporcionar una superficie lisa y uniforme sobre la cual se aplica la capa final.

Para obtener buenas propiedades de relleno, se usa un porcentaje elevado de resina dura. La resina puede ser una resina natural esterificada, pero esta pierde el disolvente con dificultad y exige más tiempo de secado antes de que pueda lijarse. La resina más empleada es la colofonia esterificada a la que se le ha añadido una resina maleica.

*b) Lacas para automóviles.*

Las lacas para automóviles representan el tipo de acabado de nitrocelulosa para exteriores. Cuando se quiere obtener la duración máxima, se usa exclusivamente el tipo no oxidante de resina alquidámica, prescindiéndose de las resinas duras.

Los fabricantes de pigmentos crean colores especiales para las lacas de automóviles, ya que los colores vistosos facilitan las ventas y porque el pigmento proporciona protección a la nitrocelulosa contra las radiaciones actínicas.

Las lacas para automóviles no se secan con mucho brillo y tienen que pulirse para satisfacer la demanda de un acabado muy brillante. Sobre la imprimación de capa se pulverizan dos o más capas de laca.

El número de capas depende del resultado que se quiera obtener con el acabado. Después que se ha aplicado la capa final, se hace pasar la carrocería por un horno calentado de 30 a 60 minutos. Después se lija la carrocería con papel de lija muy fino y se pule con un compuesto que contiene

cera y algún abrasivo fino.

La experiencia ha demostrado que la adición de un pequeño porcentaje de resina de melamina-formaldehído, las lacas del tipo para automóvil sirven también para el repintado de automóviles u otras superficies metálicas imprimadas y que tengan que resistir la exposición normal a los agentes atmosféricos.

## 5.7 RECUBRIMIENTOS EN BASE A RESINAS DE POLIURETANO.

Existen cinco clases de recubrimientos de poliuretano. Estos sistemas se distinguen por el método de envase, tal como los tipos de uno o de dos componentes y por el método de curado que necesitan, tales como secado al aire o secado en estufa.

Los sistemas de un solo componente, se manipulan como las pinturas y lacas normales, es decir, que pueden aplicarse por pistola, a brocha, por inmersión o por algún otro medio adecuado. Se pueden secar al aire de una forma normal o en estufa durante un tiempo y a una temperatura recomendados.

Los sistemas de dos componentes, por el contrario, se suministran en dos envases separados, que deben mezclarse justamente antes de usarlos y se deben aplicar dentro de un tiempo especificado después de mezclados ambos componentes, es decir, dentro del tiempo de vida útil, " pot life ". Después de la mezcla se aprecia un aumento paulatino de la viscosidad y, pasado el tiempo de vida, el material adquiere el estado de gel de una forma irreversible.

La aplicación de los sistemas de recubrimiento de dos componentes es también ortodoxa, pero sujeta a las limitaciones del tiempo de vida útil. Por esto, los sistemas de dos componentes, en dos envases, no son generalmente adecuados para operaciones en grandes depósitos de inmersión, donde el tiempo de vida podría ser sobrepasado.

Como ya se mencionó, los recubrimientos de poliuretano se clasifican en cinco clases principales:

1) *Recubrimientos de un solo componente.* Estos recubrimientos son hechos con isocianato modificado con aceites secantes. Esta clase de aceites de uretano tiene las características de los aceites secantes, y seca al aire por el proceso



común de fijación de oxígeno. La reacción del uretano se verifica durante la fabricación de los aceites de uretano, pero el curado posterior de sus películas no dependen, en absoluto, de la química de los isocianatos.

Estos recubrimientos son análogos a los recubrimientos a base de resinas alquídicas y epoxi-ésteres, que pueden ser considerados también como aceites secantes degradados. Pero las películas que forman no tienen tanta resistencia como las de los sistemas de uretano puro. Se pueden pigmentar por los procedimientos normales.

Los recubrimientos de tipo aceite de uretano, ofrecen valiosas ventajas sobre los del tipo de poliisocianatos combinado con poliéster, y están tomando muchas aplicaciones donde son usados los recubrimientos de resinas alquídicas y epoxi-ésteres.

Sin embargo, es necesario llevar a cabo muchos más ensayos reales y en la industria para determinar cuando aplicar un recubrimiento de uretano en lugar de los ya mencionados.

2) *Recubrimientos de un solo componente que se hacen de aductos de poliisocianato, llamados prepolímeros.* Los prepolímeros de uretano se preparan con materiales polifuncionales de gran contenido en hidroxilo, como resinas de poliéster, poliéteres. Estos materiales reaccionan con un exceso de un isocianato, de tal manera que el polímero resultante contiene grupos -NCO reactivos.

Estos grupos reactivos quedan disponibles para posteriores reacciones con nuevas cantidades de materiales polihidroxílicos o simplemente con la humedad del aire. El producto final, una película curada en aire húmedo, puede contener no solamente uretano, sino también grupos de urea. Los recubrimientos no se pueden pigmentar con facilidad.

3) *Recubrimientos de un solo componente fabricados a partir de mezclas isocianatos bloqueados con resinas de alto contenido en hidroxilo.* Los isocianatos bloqueados son aquellos en los que los grupos -NCO del prepolímero, que se describió anteriormente, se vuelven inactivos por la reacción pasajera con materiales volátiles monoméricos, como el alcohol butílico y fenol. Tales isocianatos bloqueados son estables y no reactivos a la temperatura ambiente, por tiempo indefinido.

Se pueden curar solamente por calentamiento en estufa. Cuando se calientan a temperaturas por encima de 150 °C, el alcohol monomérico o el fenol se separa y los grupos isocianato quedan libres para combinarse con resinas reactivas, mezcladas previamente en el recubrimiento, para formar la película final del poliuretano. Este tipo de recubrimientos de poliuretano bloqueados han encontrado un gran campo de aplicación para recubrimientos de alambres de cobre en equipos eléctricos.

4) *Recubrimientos de prepolímeros de dos componentes, el segundo de los cuales contiene un catalizador para acelerar la reacción.* Cuando se utilizan catalizadores para acelerar la reacción de los materiales del tipo prepolímero, la cantidad de catalizador que se necesita es normalmente demasiado pequeña para permitir la humectación substancial del pigmento.

Aunque algunos agentes de curado utilizados en el segundo componente pueden permitir la desintegración de algunos pigmentos de coloración, en general, esta clase de recubrimientos suele ser más reducida en pigmentación que la clase que se mencionará a continuación.

5) *Recubrimientos de dos componente, en dos envases diferentes, obtenidos por mezclas de prepolímeros reactivos de isocianatos con resinas de alto contenido en hidroxilos.* Este tipo de recubrimientos de secado al aire no es superado en sus propiedades físicas y mecánicas, así como en su versatilidad.

Variando el tipo de poliéster utilizado y su grado de ramificación, se puede obtener una gran variedad de propiedades con una pequeña variación de las resinas componentes. Los recubrimientos combinan la dureza con la flexibilidad, propiedades que generalmente son contrapuestas.

También presentan extraordinaria resistencia al agua y a la abrasión. Se están usando para proporcionar protección contra la corrosión en plantas químicas, refinerías, estructuras en contacto con agua y de alcantarillados, albercas, aviones de aluminio, barcos de madera o metálicos, así como en oleoductos.

Para la preparación de recubrimientos de poliuretano transparentes, lo único que se necesita es disolver la resina y el agente para mejorar la fluidez junto con el catalizador, si es que lo requiere, en el disolvente.

En los recubrimientos pigmentados, como en el caso de los acabados más convencionales, se dispersan los pigmentos en la resina. Igual que en el caso anterior, el isocianato se adiciona de 15 a 30 minutos antes de que se use el recubrimiento.

Los recubrimientos de poliuretano se pueden aplicar por cualquier método que se use normalmente para aplicar recubrimientos líquidos, por brocha, por aspersión, rodillo, inmersión.

Todos los recubrimientos de uretano, a excepción de los hechos con isocianatos adicionados que se necesitan hornear, secan y llegan al estado de curado completo a temperatura ambiente. La velocidad de secado depende principalmente de la resina y del isocianato usado.

Los recubrimientos de poliuretano poseen en general propiedades excelentes de resistencia a una amplia gama de productos químicos, soluciones salinas, aceites vegetales y minerales, y muchos disolventes. Estas propiedades hacen que el sistema de poliuretano sea apropiado para gran variedad de fines, en casi cualquier superficie, incluyendo metal ferroso o no ferroso, madera, hule y elastómeros sintéticos.

También son resistentes al ozono y por lo mismo pueden usarse para proteger al hule contra el ataque de este reactivo. Los acabados de uretano no son recubrimientos resistentes al calor que la misma clase que los de silicón, pero se pueden usar con buenos resultados a temperaturas hasta de 150 °C.

## 5.8 RECUBRIMIENTOS EN BASE A RESINAS DE SILICON.

Las resinas de silicón son materiales sintéticos reticulados, obtenidos a partir de monómeros de silicona, silanos, que a su vez, se preparan a partir de silicio elemental y grupos orgánicos. Las propiedades de las resinas de silicona dependen de los tipos de silano utilizados en su fabricación. En general, las resinas de silicón proporcionan recubrimientos con dos propiedades importantes, resistencia al calor y a la intemperie.

Los recubrimientos protectores de silicón son aquellos en los que toda o la mayor parte del material constituyente de la película se compone de dos resinas de silicón. Estos recubrimientos se dividen en dos tipos, aquellos en los que el agente de unión es solamente resina de silicón y los que se basan en la

combinación de silicón y resinas orgánicas.

Los recubrimientos basados solamente en resinas de silicón se puede utilizar cuando se necesite un máximo de estabilidad al calor. Puesto que estos recubrimientos requieren un curado a 150 °C o más, se emplean solamente en casos en que pueden ser calentadas en estufa o curadas en servicio. La aplicación más común es para recubrimientos pigmentados con aluminio. Estos recubrimientos se usan mucho para chimeneas industriales calientes, silenciadores de escape y otros equipos para empleo a altas temperaturas.

Los recubrimientos pigmentados, basados principalmente en resinas de silicón, se utilizan en los casos en que se necesita máxima retención de color y brillo a temperaturas de servicio de hasta 290 °C. Normalmente se incluyen cantidades pequeñas de resinas orgánicas para proporcionar tenacidad y otras propiedades especiales. Entre las aplicaciones típicas se incluyen los esmaltes de secado en horno para hornillos, estufas, crisoles de calcinación y calentadores de ambiente.

Los recubrimientos modificados con silicón, se pueden preparar por dos caminos. Se pueden mezclar simplemente resinas orgánicas, compatibles con las resinas de silicón, al hacer el recubrimiento, o bien, se puede fabricar el recubrimiento con resinas modificadas con silicón preparado por copolimerización de resinas orgánicas y de silicón.

Los recubrimientos de silicón modificados tienen varias ventajas sobre los recubrimientos de silicón solo, ya que se pueden formular para secado a temperatura ambiente y se pueden mejorar propiedades tales como tenacidad, dureza, adhesión o resistencia al desgaste mediante la elección correcta de la resina orgánica. Entre los recubrimientos orgánicos y las de silicón sola, los recubrimientos de silicón modificada ocupan una posición intermedia en cuanto al precio y a la resistencia al calor.

Los recubrimientos modificados con silicón pigmentadas con aluminio se pueden usar para exposiciones cortas a temperaturas de hasta 650 °C, aunque no tiene la duración, a tales temperaturas de los recubrimientos de silicón solo. Estos recubrimientos son adecuados especialmente para equipos que tengan temperaturas muy diferentes en su superficie, como en los conjuntos superpuestos que pueden estar muy calientes en la parte inferior, mientras que la parte superior esta aún fría.

Los recubrimientos pigmentados modificados con silicón se pueden utilizar a temperaturas de hasta 427 °C, aunque la temperatura límite para una buena retención de colores claros es alrededor de los 200 °C. Entre las aplicaciones más importantes de estos recubrimientos se encuentran, un recubrimiento negro de silicón-resina alquidámica para hornos de asar carne y de bajo precio, y un recubrimiento blanco de silicón-resina acrílica para interiores de estufa.

Debido a su resistencia a la intemperie y a la corrosión, los recubrimientos modificados con silicón se están empleando cada vez más en para mantenimiento de exteriores.

Los recubrimientos de silicón y modificados con silicón se aplican por los mismos procedimientos que los recubrimientos líquidos, a brocha, por pulverización y por inmersión. La preparación de la superficie es importante, los restos de recubrimientos anteriores deben eliminarse y el óxido o herrumbre ha de separarse de la superficie metálica mediante chorro de arena o con cepillo de alambre.

## 5.9 RECUBRIMIENTOS EN BASE A RESINAS VINILICAS.

Las resinas vinílicas se utilizan ampliamente como recubrimientos en solución para producir acabados protectores y decorativos sobre madera, metales, mampostería y otros sustratos.

Casi todos, de los muchos productos vinílicos específicos para la formulación de recubrimientos, están basados en policloruro de vinilo copolimerizado con otros compuestos, principalmente acetato de vinilo. El policloruro de vinilo sólo encuentra poca utilización en recubrimientos en solución, debido a su solubilidad relativamente baja.

Como grupo, las resinas vinílicas tienen muchas características comunes. Todas son resinas termoplásticas, es decir, que se reblandecen por calor y se solidifican de nuevo por enfriamiento. Se suministran generalmente en forma de polvos blancos o de gránulos. Aunque son fácilmente solubles en sistemas apropiados de disolventes, las resinas vinílicas tienen buena resistencia a los álcalis, ácidos, aceites y otros productos químicos.

Cuando se formulan correctamente, producen recubrimientos

protectores y fuertemente adherentes, que son tenaces, flexibles y resistentes al choque. No tienen olor ni sabor, son resistentes al agua, autoextinguibles, atóxicos y poseen buenas propiedades dieléctricas.

A pesar de esta semejanza, existen diferencias fundamentales entre las clases de resinas vinílicas y, lo que es más importante, mayores diferencias entre resinas del mismo nombre genérico. Un policloruro de vinilo, por ejemplo, no es una mezcla de moléculas distintas, sino una mezcla de moléculas similares que varían alrededor de un tamaño medio.

La variación en el tamaño de la molécula polimérica afecta a las propiedades de la resina. La resina de alto peso molecular, por ejemplo, tiene generalmente mayor resistencia al calor, menor solubilidad y menor flexibilidad que las resinas de menor peso molecular. Cada producto se puede modificar posteriormente por la adición de plastificantes, estabilizadores contra el calor y la luz, pigmentos y otros materiales que le confieren características particulares para una aplicación específica.

Esta versatilidad de las resinas vinílicas es una de las principales razones para su gran campo de aplicación y, al mismo tiempo, representa una advertencia de que deben tenerse en cuenta las exigencias deseadas para el comportamiento en servicio, a la hora de seleccionar el recubrimiento vinílico.

Para obtener el máximo rendimiento en una propiedad determinada, puede ser necesario prescindir de parte de alguna otra propiedad menos importante. Por ejemplo, si lo más importante es la resistencia a la abrasión, entonces se debe reducir necesariamente la transparencia.

Con gran diferencia, las resinas vinílicas más empleadas para recubrimientos en solución son los compuestos de cloruro-acetato de vinilo, a partir de los cuales se obtiene una amplia gama de recubrimientos con distintas propiedades para diferentes aplicaciones. Por ejemplo, el policloruro de vinilo, copolimerizado con aproximadamente el 10% en peso de acetato de vinilo, da lugar a un producto que retiene gran parte de la tenacidad, resistencia química y otras características típicas del policloruro de vinilo, pero con mejor solubilidad y flexibilidad. Se pueden hacer variaciones en la proporción de cloruro de vinilo/acetato de vinilo para conseguir otras propiedades específicas.

Además de las variaciones en la proporción, se pueden afectar otras durante la síntesis de los copolímeros vinílicos. Una de las más importantes

es la adición de un número controlado de grupos reactivos en la molécula del copolímero. En esta modificación se interpolimeriza alrededor de un 10% de ácido maleico en la molécula.

Normalmente los recubrimientos en base a resinas vinílicas son polímeros de cadena larga sin enlaces transversales, por consiguiente, son resinas termoplásticas, pero pueden hacerse termoendurecibles adicionándosele pequeñas cantidades de resinas fenólicas, amínicas u otras que se endurecen por el calor. Las resinas vinílicas tienen una compatibilidad muy limitada con otros formadores de películas. Al adicionarse un plastificante se forma una resina dura y resistente, y forma películas de propiedades normales.

La inercia química de los recubrimientos vinílicos y su resistencia a la abrasión recomiendan su uso para una gran variedad de medios ambientales. Como recubrimientos para depósitos que han de contener líquidos, se pueden usar en contacto con soluciones ácidas, alcalinas, alcoholes, grasas, aceites e hidrocarburos aromáticos, así como con soluciones acuosas de casi todos los productos químicos.

Como revestimientos internos para envases de productos alimenticios, se pueden utilizar sin peligro para estar en contacto con cerveza y zumos de fruta. También se pueden utilizar para recubrimientos de todos los tipos de artículos que están en contacto con alimentos o bebidas, tales como tapones, envolturas y aparatos distribuidores de alimentos y bebidas.

La resistencia de las resinas vinílicas al ataque por gases corrosivos los hace útiles para recubrimientos protectores en plantas químicas e industriales donde deben resistir, en determinadas ocasiones, al vapor, residuos alcalinos, niebla salina, vapores de aceite, también se emplean en instalaciones marinas y costeras. La tenacidad de los recubrimientos, juntamente con su resistencia al ataque químico, proporciona una larga vida en servicio en condiciones donde el deterioro físico y la atmósfera corrosiva reduce drásticamente la vida de los acabados convencionales.

Los recubrimientos preparados a partir de copolímeros vinílicos se pueden aplicar por medio de brocha, pulverización, rodillo o inmersión. Algunos sistemas de recubrimientos alcanzan sus propiedades máximas por secado al aire, otros necesitan secar en estufa.

## CAPITULO VI .- FORMULACIONES TIPO Y ESPECIFICACIONES

La formulación adecuada de un recubrimiento industrial líquido, radica en el hecho de conocer los requerimientos específicos de una aplicación en particular. Estos requisitos comprenden varios factores como son: el poder cubriente, retención del color, resistencia al interperismo, capacidad de limpieza, brillo, propiedades anticorrosivas y consistencia, según sea el tipo de aplicación.

Los requerimientos específicos se logran mediante la adecuada elección de los pigmentos, los diluyentes y vehiculos, por parte del formulador. Es difícil predecir las propiedades de una formulación específica, ya que las técnicas para la formulación de recubrimientos industriales líquidos son aún bastante empíricas, lo cual significa que se deben realizar un gran número de pruebas antes de obtener las propiedades deseadas.

Las formulaciones de los recubrimientos industriales líquidos, como ya se mencionó deben satisfacer determinados requisitos, por ejemplo, los acabados para automóviles tienen que resistir a los agentes atmosféricos. Los acabados de las máquinas para lavadoras deben resistir las soluciones calientes jabonosas.

Para dar todas las formulaciones existentes en la actualidad de los recubrimientos, se necesitaría hacer un trabajo exclusivo para ello, por lo que para fines prácticos sólo se darán las formulaciones típicas más comunes de los recubrimientos para que sirvan como punto de partida o guía, pero cada fórmula debe probarse en las condiciones propias de una empresa para definir su funcionalidad y aplicación.

Las especificaciones de los recubrimientos dependen de la formulación elegida, para lo cual existen métodos de ensayo ideados para conocer la uniformidad de un recubrimiento de un lote a otro y para indicar las propiedades físicas y químicas de la película seca.

Para conocer la uniformidad del recubrimiento se hacen ensayos de consistencia, densidad, porcentaje de materia no volátil y materia volátil, relación entre el pigmento y el aglutinante. Las pruebas de resistencia física importantes son, la dureza, la resistencia al choque, resistencia a la abrasión, la durabilidad al exterior, el color y el brillo.



Las pruebas de resistencia química son la resistencia al agua, prueba de inmersión y permeabilidad, a la humedad elevada, a las pulverizaciones salinas, a los álcalis, a los ácidos, a las grasas, a los aceites y a los disolventes.

Hay también ensayos especiales para determinados usos, como el ensayo de resistencia al frío, las pruebas de resistencia a la corrosión y otros.

Todos los métodos de prueba están fundamentados con base en normas internacionales como la Federation of Societies for Paint Technology, FSPT, la American Society for Testing and Materials, ASTM, y Federal Test Methods Standards, FTMS. También existen normas del gobierno federal y normas PEMEX. Para todas las formulaciones presentadas en esta tesis, las especificaciones se referirán a las normas ASTM.

#### 6.1 TABLA DE FORMULACION TIPO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINA ACRILICA Y PROPIEDADES FISICAS.

##### BARNIZ ACRILICO

<b>COMPONENTE</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>% EN PESO</b>
AGLUTINANTE	RESINA ACRILICA (40% EN TOLUENO)	75 - 85
DILUYENTES	XILENO	8 - 12
	MIBK	6 - 10
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
DENSIDAD (g/ml)		0.9 - 1.2
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		65 - 75
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (centipoises)		1500 - 2200
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 5

ESMALTE ACRILICO BLANCO

<b>COMPONENTE</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>% EN PESO</b>
AGLUTINANTE	RESINA ACRILICA (40% EN TOLUENO) (20% EN MIBK)	50 - 60 8 - 15
PIGMENTO	BIOXIDO DE TITANIO	12 - 18
ANTISEDIMENTANTE	LECITINA DE SOYA	0.1 - 0.2
ANTIESPUMANTE	SILICONES	0.1 - 0.2
DILUYENTES	XILENO MIBK	8 - 12 6 - 10
ANTINATA	OXIMA	0.1 - 0.2
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
DENSIDAD (g/ml)		0.9 - 1.2
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		65 - 75
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (centipoises)		1500 - 2200
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 5

6.2 TABLA DE FORMULACION TIPO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS ALQUIDALICAS Y PROPIEDADES FISICAS.

ESMALTE ALQUIDALICO BLANCO

<b>COMPONENTE</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>% EN PESO</b>
AGLUTINANTE	RESINA ALQUIDALICA (50% GAS NAFTA)	50 - 60
PIGMENTO	BIOXIDO DE TITANIO	15 - 20
PIGMENTOS INERTES	CAOLIN, TALCO, MICA, CARBONATO DE CALCIO	10 - 20
ANTISEDIMENTANTE	LECITINA DE SOYA	0.1 - 0.2
ANTIESPUMANTE	SILICONES	0.1 - 0.2
DILUYENTES	TOLUENO	5 - 10
	GAS NAFTA	5 - 10
DISPERSANTE	SURFACTANTES	0.5 - 1.0
AGENTES SECANTES	NAFTENATO DE Zn	0.2 - 0.4
	NAFTENATO DE Pb	0.2 - 0.6
	NAFTENATO DE Co	0.2 - 0.4
AGENTE ANTINATA	OXIMAS	0.1 - 0.2
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
DENSIDAD (g/ml)		0.9 - 1.3
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		50 - 70
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (centipoises)		300 - 900
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 6

BARNIZ ALQUIDALICO

<b>COMPONENTE</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>% EN PESO</b>
AGLUTINANTE	RESINA ALQUIDALICA (50% GAS NAFTA)	45 - 55
DILUYENTES	XILENO	20 - 30
	TOLUENO	10 - 20
AGENTES SECANTES	NAFTENATO DE Zn	0.4 - 0.6
	NAFTENATO DE Pb	0.4 - 0.6
	NAFTENATO DE Co	0.2 - 0.4
AGENTE ANTINATA	OXIMAS	0.2 - 0.4
ANTIESPUMANTE	SILICONES	0.1 - 0.2
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
DENSIDAD (g/ml)		0.9 - 1.3
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		50 - 70
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (centipoises)		300 - 900
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 6

6.3 TABLA DE FORMULACION TIPO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS EPOXICAS (AMINICAS Y POLIAMIDICAS) Y PROPIEDADES FISICAS.

EPOXICO BLANCO SOLVENTADO

COMPONENTE	MATERIA PRIMA	% EN PESO		
<i>PARTE A</i>				
AGLUTINANTE	RESINA EPOXICA (75% DE SOLIDOS)	25 - 30		
DILUYENTES	TOLUENO	10 - 15		
	BUTANOL	2 - 4		
	BUTIL CELLOSOLVE	2 - 4		
	MIBK	2 - 4		
PIGMENTO	BIOXIDO DE TITANIO	12 - 18		
PIGMENTO INERTE	CAOLIN, CARBONATO	10 - 15		
DISPERSANTE	SURFACTANTES	0.1 - 0.2		
<i>PARTE B</i>				
ENDURECEDOR	RESINA POLIAMIDICA	10 - 15		
DILUYENTE	TOLUENO	8 - 12		
<i>PROPIEDADES FISICAS</i>		<i>PARTE A</i>	<i>PARTE B</i>	<i>MEZCLA</i>
DENSIDAD (g/ml)		1.1 - 1.5	0.98 - 1.1	1.0 - 1.3
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		60 - 70	60 - 70	60 - 70
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (cp)		300 - 1000	100 - 600	300 - 600
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 5	---	---

EPOXICO BLANCO ALTOS SOLIDOS

COMPONENTE	MATERIA PRIMA	% EN PESO	
<i>PARTE A</i>			
AGLUTINANTE	RESINA EPOXICA (100% SOLIDOS)	25 - 35	
PIGMENTO	BIOXIDO DE TITANIO	12 - 18	
PIGMENTO INERTE	CARBONATO DE CALCIO	35 - 45	
DISPERSANTE	SURFACTANTES	0.1 - 0.2	
<i>PARTE B</i>			
ENDURECEDOR	RESINA AMINICA	8 - 12	
<i>PROPIEDADES FISICAS</i>	<i>PARTE A</i>	<i>PARTE B</i>	<i>MEZCLA</i>
DENSIDAD (g/ml)	1.1 - 1.5	0.98 - 1.1	1.0 - 1.3
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)	96 - 100	60 - 100	90 - 100
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (cp)	300 - 1000	100 - 600	300 - 600
FINURA (Unidades Hegman)	MIN 5	—	—

Nota: Los recubrimientos epóxicos antes mencionados se deben envasar en dos partes, componente a y componente b, y mezclarse antes de su aplicación, ya que tienen un tiempo de vida útil, "pot life", antes de endurecimiento total.

6.4 TABLA DE FORMULACION TIPO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS FENOLICAS Y PROPIEDADES FISICAS.

BARNIZ RESISTENTE A LOS AGENTES QUIMICOS

<b>COMPONENTE</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>% EN PESO</b>
AGLUTINANTE	RESINA FENOLICA AL 100%	20 - 30
PLASTIFICANTE	ACEITE DE TUNG	30 - 35
AGENTE ANTINATA	OXIMAS	0.1 - 0.2
DILUYENTES	GAS NAFTA	40 - 50
SECANTES	NAFTENATO DE Pb	0.05 - 0.1
	NAFTENATO DE Co	0.05 - 0.1
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
DENSIDAD (g/ml)		1.1 - 1.3
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		45 - 55
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (centipoises)		500 - 1000
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 5

BARNIZ RESISTENTE AL AGUA

<b>COMPONENTE</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>% EN PESO</b>
AGLUTINANTE	RESINA FENOLICA AL 100%	15 - 20
PLASTIFICANTE	ACEITE DE LINAZA ACEITE DE TUNG	20 - 30 20 - 30
SECANTES	NAFTENATO DE Pb NAFTENATO DE Co	0.05 - 0.1 0.05 - 0.1
DILUYENTES	GAS NAFTA	45 - 50
AGENTE ANTINATA	OXIMA	0.1 - 0.2
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
DENSIDAD (g/ml)		1.1 - 1.3
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		45 - 55
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (centipoises)		500 - 1000
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 5



6.5 TABLA DE FORMULACION TIPO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS DE HULE CLORADO Y PROPIEDADES FISICAS.

RECUBRIMIENTO DE HULE CLORADO BLANCO

COMPONENTE	MATERIA PRIMA	% EN PESO
AGLUTINANTE	PARLON (I)	5 - 8
	REZYL 869 (II)	10 - 20
	REZYL 807 (II)	10 - 20
DILUYENTES	XILENO	15 - 20
	TOLUENO	15 - 20
	NAFTA	20 - 30
PIGMENTO	BIOXIDO DE TITANIO	15 - 20
DISPERSANTE	SURFACTANTES	0.1 - 0.2
PIGMENTO INERTE	OXIDO DE ZINC	4 - 8
ANTIESPUMANTE	SILICONES	0.2 - 0.4
AGENTES SECANTES	NAFTENATO DE Zn	0.4 - 0.6
	NAFTENATO DE Co	0.1 - 0.2
ANTINATA	OXIMAS	0.1 - 0.2
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
DENSIDAD (g/ml)		1.0 - 1.2
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		50 - 60
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (centipoises)		300 - 800
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 6

(I) HERCULES PODWER Co.

(II) AMERICAN CYANAMID Co.

6.6 TABLA DE FORMULACION TIPO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE LACAS Y PROPIEDADES FISICAS.

LACA BLANCA

<b>COMPONENTE</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>% EN PESO</b>
AGLUTINANTE	NITROCELULOSA (30% DE ISOPROPANOL)	25 - 35
DILUYENTES	XILENO	8 - 12
	TOLUENO	8 - 12
PIGMENTO	BIOXIDO DE TITANIO	10 - 15
DISPERSANTE	SURFACTANTES	0.1 - 0.2
DISOLVENTES	ACETATO DE BUTILO	12 - 18
	ACETATO DE ETILO	4 - 6
	BUTANOL	2 - 4
	SOLVESCO 100	8 - 12
ANTIESPUMANTE	SILICONES	0.1 - 0.2
PLASTIFICANTE	FTALATO DE BUTILO	2 - 3
ANTINATA	OXIMA	0.1 - 0.2
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
DENSIDAD (g/ml)		1.0 - 1.2
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		45 - 55
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (centipoises)		500 - 1000
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 5

6.7 TABLA DE FORMULACION TIPO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS DE POLIURETANO Y PROPIEDADES FISICAS.

ESMALTE DE POLIURETANO BLANCO

<b>COMPONENTE</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>% EN PESO</b>
AGLUTINANTE	RESINA DE POLIURETANO	75 - 80
DILUYENTES	XILENO	10 - 20
PIGMENTO	BIOXIDO DE TITANIO	15 - 20
ANTISEDIMENTANTE	LECITINA DE SOYA	0.1 - 0.3
AGENTE SECANTE	NAFTENATO DE Mg	0.1 - 0.2
ANTIESPUMANTE	SILICONES	0.1 - 0.3
AGENTE ANTINATA	OXIMA	0.1 - 0.2
DISPERSANTE	SURFACTANTES	0.2 - 0.4
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
DENSIDAD (g/ml)		1.0 - 1.4
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		50 - 60
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (centipoises)		150 - 400
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 6

BARNIZ DE POLIURETANO

<b>COMPONENTE</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>% EN PESO</b>
AGLUTINANTE	RESINA DE POLIURETANO	80 - 90
DILUYENTES	CELLOSOLVE	10 - 20
	NAFTA	8 - 12
	TOLUENO	10 - 20
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
DENSIDAD (g/ml)		1.0 - 1.4
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		50 - 60
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (centipoises)		150 - 400
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 6

6.8 TABLA DE FORMULACION TIPO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS DE SILICON Y PROPIEDADES FISICAS.

RECUBRIMIENTO DE SILICON DE ALUMINIO.

<b>COMPONENTE</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>% EN PESO</b>
AGLUTINANTE	RESINA DE SILICON	35 - 45
PIGMENTO	PASTA DE ALUMINIO	12 - 16
ESPELANTE	ETIL CELULOSA	2 - 4
DILUYENTES	TOLUENO	25 - 30
	BUTANOL	6 - 8
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
DENSIDAD (g/ml)		1.0 - 1.2
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		30 - 35
VISCOSIDAD BROOKFIELD (centipoises)		500 - 1000
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 5

6.9 TABLA DE FORMULACION TIPO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS VINILICAS Y PROPIEDADES FISICAS.

RECUBRIMIENTO VINILICO ACUOSO

<b>COMPONENTE</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>% EN PESO</b>
AGLUTINANTE	ACETATO/CLORURO DE VINILO	30 - 45
PIGMENTO	BIOXIDO DE TITANIO	14 - 22
PIGMENTO INERTE	CARBONATO DE CALCIO, MICA, CAOLIN	10 - 20
PLASTIFICANTE	DIOCTIL FTALATO	0.1 - 0.2
REGULADOR DE pH	NaOH, AMONIACO	0.05 - 0.1
FUNGICIDA	CLORACETAMIDAS	0.05 - 0.1
COALESCENTE	GAS NAFTA	0.3 - 0.6
ANTIESPUMANTE	ALCOHOLES	0.3 - 0.6
ADELGAZADOR	BUTIL CELLOSOLVE	0.3 - 0.6
ANTICONGELANTE	PROPILEN GLICOL	0.3 - 0.6
DISPERSANTE	SURFACTANTES	0.2 - 0.6
ESPELANTE	CELULOSICO	0.4 - 0.6
DILUYENTE	AGUA	15 - 30
HUMECTANTE	ETILEN GLICOL	0.2 - 0.4
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		
DENSIDAD (g/ml)		1.2 - 1.5
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)		40 - 50
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (centipoises)		3000 - 8000
FINURA (Unidades Hegman)		MIN 2

## 6.10 CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES GENERALES DE LOS RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES LIQUIDOS.

### 6.10.1 PRUEBAS QUIMICAS.

Existen diferentes métodos para determinar la resistencia de los recubrimientos industriales líquidos a los diferentes productos químicos. Estas pruebas pueden ser ya sea por inmersión en el agente químico, o por salpicaduras de los mismos.

Los diferentes tipos de recubrimientos industriales deberán someterse al tipo de producto químico para el cual va a ser recomendado y si va a estar en contacto continuo, o sólo por salpicaduras o neblinas de los distintos agentes químicos, y que indique la norma correspondiente.

Algunas de las cuales son las siguientes, ASTM D 1647-89, ASTM D 2792-69 (93), ASTM D 5402-93.

Un método general para checar la resistencia a los diferentes productos químicos de los recubrimientos industriales líquidos es el siguiente:

Se aplica el recubrimiento en varias láminas de acero, previamente limpiadas y preparadas, y se dejan secar durante 24 horas. Posteriormente se sumergen en los productos en los cuales se quiere probar su resistencia química, y se dejan durante 7 días. Al término de este tiempo, el recubrimiento no debe presentar ampolladuras o desprendimiento del recubrimiento de la lámina.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

6.10.2 TABLA DE CARACTERISTICAS Y PRUEBAS FISICAS.

<b>CARACTERISTICAS Y PRUEBAS FISICAS</b>	<b>METODO DE PRUEBA</b>
DENSIDAD (g/ml)	ASTM D 1475-90
MATERIA NO VOLATIL (% M.N.V.)	ASTM D 2369-95
VISCOSIDAD BROOKFIELD LV (centipoises)	ASTM D 2196-86
VISCOSIDAD COPA FORD (segundos)	ASTM D 1200-94
FINURA (Unidades Hegman)	ASTM D 1210-79
FLEXIBILIDAD	ASTM D 522-93a
INTERPERIMETRO (Hr)	ASTM G-23
CAMARA SALINA (Hr)	ASTM B 117-85
ADHERENCIA	ASTM D 3359-95
ABRASION	ASTM D 658-91
INMERSION EN AGUA	ASTM D 870-92
PERMEABILIDAD ( ABSORCION DE AGUA)	ASTM D 1653-93
PODER CUBRIENTE	ASTMD D 823-92a
RESISTENCIA AL IMPACTO	ASTM D 3476-85
TIEMPO DE SECADO	
AL TACTO (Hr)	ASTM D 1640
DURO (Hr)	ASTM D 1640

## CAPITULO VII .- METODOS DE SECADO.

El proceso mediante el cual el recubrimiento industrial líquido cuando se aplica al sustrato, se convierte en una película dura continua, se conoce por "secado", es decir los recubrimientos industriales líquidos, deben transformarse en sólidos para desempeñar sus funciones adecuadas de protección y decoración.

La formación de la película tiene lugar mediante diversos mecanismos algunos de los cuales se pueden utilizar en algunos recubrimientos, especialmente si contienen varios tipos de aglutinantes. A continuación se describirá brevemente los tipos de secado de las películas de los recubrimientos líquidos:

### *a) Evaporación de volátiles.*

Esta evaporación tiene lugar cuando el recubrimiento contiene líquidos volátiles. Puede ser el único medio de formación de películas con resinas inertes disueltas en disolventes adecuados. La mayoría de las lacas son de este tipo.

### *b) Polimerización por oxidación.*

Es un proceso químico mediante el cual los aceites secantes secan a la temperatura ambiente. Se puede acelerar el secado por horneado, en cuyo caso también puede tener lugar la polimerización por calor.

### *c) Polimerización por calor.*

Muchos formadores de películas son termoestables, lo cual significa que se endurecen por la polimerización o por otras reacciones químicas producidas por el horneado. Las resinas amínicas son ejemplo de este tipo de aglutinantes termoestables.

### *d) Reacciones químicas diversas.*

Estos métodos relativamente nuevos de formación de películas se producen adicionando catalizadores a ciertos materiales resinosos en el momento antes de su utilización, o mezclando resinas que reaccionan unas con otras para



formar películas. Son ejemplo de las primeras las resinas epoxi endurecidas con aminas y de las segundas las mezclas de resinas epoxi e isocianato.

*e) Enfriamiento de los formadores de película fluidificados por calor.*

Se conocen por esta denominación los formadores de películas termoplásticas que se aplican en caliente y se convierten en películas duras cuando se enfrían. Son ejemplos de formadores de películas termoplásticas los materiales bituminosos y las ceras.

*f) Coalescencia de los formadores de películas dispersos.*

Las emulsiones, los organosoles y los plastisoles son ejemplos de los materiales de recubrimientos que necesitan la coalescencia de las partículas discretas de los formadores de películas en líquidos no disolventes para formar películas continuas y homogéneas.

Para llevar a cabo cualquiera de los mecanismos de secado de la película de los recubrimientos industriales líquidos descritos anteriormente, la operación de secado ha sido clasificada como secado al aire, secado forzado y secado al horno, de acuerdo con la temperatura a la que ha sido realizado el secado.

Los recubrimientos líquidos industriales que secan en exteriores en condiciones de tiempo normales o en interiores a la temperatura ambiente, se dice que son de secado al aire. El secado forzado, o secado dentro de un intervalo de temperatura entre 40 y 90 °C, se emplean ampliamente para cierto tipo de acabados industriales cuando se requiere un secado más rápido que el que se obtiene mediante el secado al aire libre, y cuando las temperaturas son superiores a 90 °C, son las temperaturas de secado al horno.

El método de secado y el tiempo, así como la temperatura usada para una operación dada, dependen de los diferentes factores tales como la superficie a recubrir, el tipo de recubrimiento a aplicar, y el equipo de secado disponible.

Los recubrimientos industriales líquidos formulados con materiales tales como lacas, soluciones resinosas y emulsiones que secan por la evaporación del disolvente, son secadas generalmente al aire libre o por secado

forzado a temperaturas bajas, ya que una rápida evaporación de los ingredientes volátiles puede ser causa de picaduras o algún otro defecto de la película.

Estos recubrimientos pueden formularse para un secado al horno satisfactorio, aunque por lo general, se gana muy poco por este método, ya que de cualquier modo secan rápidamente, y las películas tienen aproximadamente las mismas propiedades, sin que intervenga la temperatura de secado.

Algunos materiales no oxidables que forman películas mediante fusión en caliente o una combinación de éste método y evaporación del disolvente, deben secarse en horno para obtener la adherencia adecuada y las propiedades de la película convenientes.

Como casi todos los recubrimientos industriales líquidos que contienen aceites, secantes o sin resinas endurecedoras, también contienen volátiles para reducirlos a una viscosidad conveniente de aplicación, secan mediante una combinación de evaporación del disolvente, oxidación y polimerización.

Los recubrimientos industriales líquidos que contienen aceites secantes pueden formularse para secado al aire libre, secado forzado, o secado en horno. En algunos casos solamente necesitan pequeños cambios en la composición, como la reducción del secante en relación con el aumento de la temperatura de secado al horno.

Cuando tales recubrimientos se secan al aire libre, los aceites secan casi por completo mediante la polimerización oxidativa. La oxidación, que continúa después de que la película se ha secado, origina fragilidad máxima y una descomposición final. Cuanto más alta es la temperatura de secado al horno mayor es la relación entre polimerización por calor y polimerización oxidativa, y en consecuencia se necesita menos secante para obtener un grado dado de dureza de película.

La polimerización, sin embargo, cesa por completo tan pronto como la película se enfría. La oxidación, la fragilidad y la descomposición se desarrolla a una escala mucho menor, ya que existe menos secante.

Además de acelerar el proceso de secado, el secado al horno tiende a dar películas más duras, tersas y duraderas que las que secan al aire libre.

A continuación describiremos brevemente los tipos de secado.

## 7.1 SECADO AL AIRE LIBRE.

La mayoría de los recubrimientos industriales líquidos que se aplican en interiores y exteriores de la construcción, así como las de conservación, son necesariamente de secado al aire libre.

Los recubrimientos para exteriores se deben aplicar siempre que sea posible en días secos, preferiblemente soleados, cuando la humedad relativa es baja. Una temperatura atmosférica de 5 °C es la mínima en la que se debe intentar la aplicación del recubrimiento. Se preferirá una temperatura mínima de 12 °C, especialmente si los recubrimientos se aplican por pulverización, ya que la expansión del aire y la evaporación del disolvente disminuirá la temperatura real del recubrimiento considerablemente por debajo de la atmosférica.

A temperaturas muy bajas, existe mayor peligro de que las pequeñas películas de humedad en la superficie causen una pérdida de adherencia y un posterior levantamiento, y el secado y el desarrollo de la impermeabilidad sea mucho más lento. De aquí que cuanto más baja sea la temperatura, más tiempo está expuesta la película al rocío y a la humedad de la noche.

En el secado de los acabados interiores de la construcción debe tenerse cuidado de que exista suficiente ventilación, ya que la concentración de vapores de disolventes constituye un riesgo de incendio y también tiende a amortiguar el brillo de los recubrimientos muy brillantes.

Los acabados de los recubrimientos industriales líquidos, que secan mediante la evaporación del disolvente, la oxidación y la polimerización, son secados al aire libre cuando es impracticable un secado forzado o al horno, debido al gran tamaño de los artículos. Son un ejemplo los materiales de ferrocarril, barcos, camiones y remolques.

También se utiliza el secado al aire libre cuando la producción es demasiado pequeña para justificar la instalación de hornos, como ocurre en la mayoría de los talleres de repintado de automóviles o en algunas plantas de fabricación en las que solamente se emplean pequeñas cantidades de materiales de recubrimientos.

Los acabados en muchos tipos de sustratos, como el papel, la madera, los tableros de fibra y otros materiales porosos, pueden requerir un secado al aire libre o un secado forzado a temperaturas muy bajas, ya que si son

secados al horno, la expansión del aire y del vapor de agua atrapados debajo de la película podría causar ampollamiento.

Como el aspecto, la adherencia, la dureza y la duración requeridas para los acabados industriales son muy rigurosos, se debe tener mucho cuidado en la operación de la sala de secado. El aire que se introduce debe ser purificado para eliminar el polvo y la suciedad que se podrían adherir a las películas húmedas.

La temperatura del aire se debe mantener a una temperatura no menor de 20 °C, siendo preferible que sea entre 27 y 37 °C. Deberá haber suficiente espacio entre los artículos puestos a secar para permitir la circulación del aire mediante convección. Se debe introducir continuamente aire fresco templado para disipar los vapores del disolvente.

## 7.2 SECADO FORZADO.

El secado forzado en hornos de aire caliente, en los que el aire es calentado a temperaturas entre los 40 a 90 °C, se usa para acabados industriales de artículos porosos para acelerar el evaporamiento del disolvente, eliminar los riesgos de secado al aire libre, y conseguir que el acabado esté lo suficientemente duro para ser manejado en el tiempo previsto para el proceso de secado, independientemente de la temperatura y humedad atmosférica.

Para la mayoría de las maderas y artículos porosos la temperatura máxima suele ser de 70 °C. A temperaturas más altas suelen aparecer picaduras o ampollas, también tiene lugar deformaciones y resquebrajaduras, y las juntas encaladas se pueden despegar. Algunas veces se pueden usar temperaturas hasta de 90 °C en artículos pequeños y ligeros por medio de un secado previo y recubriéndolos mientras están calientes con un tapaporos penetrante antes de aplicar el recubrimiento final.

Una humedad adecuada es importante en el equipo de secado forzado, especialmente en los acabados de productos de madera. Si la humedad es demasiado baja, el cuarteado y la separación de las juntas se manifiesta a temperaturas mucho más bajas. Un intervalo de humedad relativa de un 25 a 26% es lo recomendado en cámaras de secado a temperaturas de 47 a 70 °C.

El vapor es una fuente conveniente, económica y segura de calor y

humedad. Algunos hornos tienen dentro serpentines de vapor y se inyecta aire frío en ellos para proporcionar una circulación de aire. El aire para otros tipos es calentado, purificado y humidificado en un acondicionador de aire especial fuera del horno.

Un horno convenientemente diseñado es muy importante. El primer requisito es una temperatura uniforme en todas las partes del horno.

En un horno bien diseñado la temperatura no debe variar en más de 5 °C de una parte a otra y los hornos deben estar equipados con aparatos automáticos para controlar la temperatura y la humedad. Deben tener una renovación parcial del aire que circula para evitar la acumulación de vapores de disolventes. La proporción depende de la cantidad de disolvente que se evapora en el horno. Aproximadamente se usa alrededor de 4 a 8 m<sup>3</sup> de aire fresco por litro de disolvente evaporado.

El calor radiante también se usa para secado forzado. Se emplea, por ejemplo, en las bancas de lámparas portátiles de rayos infrarrojos en los talleres de repintado de automóviles para acelerar el secado. Aunque indudablemente se puede llegar a temperaturas superiores a 90 °C, si se acerca mucho el banco a la pieza, lo más común son la temperaturas de 90 °C o menos.

Por lo general, no es conveniente secar al horno un acabado que ha sido formulado para un secado al aire libre, ya que la película puede resultar demasiado endurecida y su duración puede verse perjudicada por una oxidación progresiva.

### 7.3 SECADO EN HORNO.

La mayoría de los acabados industriales de alta calidad, que secan mediante la polimerización oxidativa y la polimerización por calor, además de la evaporación del disolvente, se secan al horno si el volumen de la producción es suficiente para justificar la instalación en hornos y los recubrimientos y los sustratos no son perjudicados por el calor.

El ahorro de tiempo es enorme, ya que por ejemplo, es posible formular esmaltes que se endurecen en unos pocos minutos a las temperaturas adecuadas. Los acabados por secado al horno son por lo general, usados en artículos metálicos lo suficientemente pequeños para poder ser colocados en

hornos, aunque se requieren temperaturas bajas si los artículos están fabricados por soldaduras.

También se pueden secar al horno acabados para plásticos, cerámica, cristal y otros materiales no porosos. Si la operación es demasiado pequeña para justificar un horno, pero si se requiere un rápido secado, se emplean recubrimientos industriales del tipo lacas.

Existen dos tipos principales de horno, de aire caliente y de calor radiante. Los hornos de aire caliente son los más comúnmente empleados y se adaptan a casi cualquier clase de secado. Los hornos de calentamiento radiante tienen una aplicación más limitada, pero son superiores a los hornos de aire caliente para algunos fines. Ambos tienen sus ventajas y desventajas, como se describirán a continuación.

### 7.3.1 SECADO EN HORNOS DE AIRE CALIENTE.

Estos hornos funcionan con aire caliente por el mismo sistema que los hornos de secado forzado descritos anteriormente. Puesto que llega a temperaturas más altas, los problemas de diseño de horno, control de temperatura y economía de combustible son mucho más complicados.

El aire usado en los hornos de aire caliente se inyecta mediante una tracción forzada y debe ser cuidadosamente filtrado para eliminar el polvo y la suciedad. Se deben inyectar alrededor de 8 m<sup>3</sup> de aire por cada litro de disolvente evaporado.

Las combustiones de gas, aceite y carbón toman el oxígeno del aire e introducen óxidos, agua y otros productos de combustión. En hornos de fuego directo, la llama está en el interior del mismo horno o en los conductos de aire conectados con él, y los productos gaseosos de la combustión se ponen en contacto con los acabados aún húmedos. Si el acabado no está formulado para secar adecuadamente en tales condiciones, puede mostrar resquebrajamiento por los gases, empañamiento y pérdida de brillo.

El aire en hornos indirectamente calentados, es precalentado mediante el contacto con conductos calientes similares en principio a los hornos de aire caliente usados para calentar edificios y, por lo tanto no contiene productos de combustión. Los hornos de calentamiento indirecto consumen más

combustibles, ya que parte del calor se pierde en el camino, pero eliminan el peligro de estropear el acabado como ocurre en los hornos de calentamiento directo.

Las temperaturas de secado más comunes varían de 120 a 150 °C aunque se intenta obtener secados a temperaturas más altas en menores tiempos para una producción más rápida. Se pueden formular algunos acabados que contienen pigmentos y vehículos estables al calor para un secado a 230 °C.

El secado, como se puede apreciar es función del tiempo y la temperatura. Sin sus limitaciones, es posible obtener secados aproximadamente equivalentes a temperaturas diferentes, variando el tiempo en el horno.

### 7.3.2 SECADO EN HORNOS DE CALOR RADIANTE.

Los hornos comunes en los que se secan acabados por contacto con el aire caliente, funcionan por el principio de la transferencia de calor mediante convección. La fuente de calor en los hornos de calor radiante, es energía radiante de las lámparas eléctricas de rayos infrarrojos. La energía radiante es absorbida parcialmente por el recubrimiento y parcialmente por el sustrato colocado en frente de la lámpara. La absorción de radiación se convierte instantáneamente en calor.

Un horno de calor radiante es un armazón metálico con lámparas de rayos infrarrojos adaptadas a éste. No se requiere aislamiento, calentadores de aire, aparatos para controlar la temperatura, o conductores de calor. El costo inicial y el espacio ocupado es mucho menor que el de un horno de aire caliente, puede ser transportado de un lugar a otro y las lámparas pueden ajustarse para variar la cantidad de calor.

El aire del horno se calienta algo por radiación de calor de las lámparas y de los artículos que se secan, pero nunca alcanza la temperatura de las piezas, porque no se calienta apreciablemente con energía radiante. Esta energía se convierte en calor solamente cuando los rayos chocan sobre una superficie opaca o traslúcida. Las cámaras de los hornos no se ponen demasiado calientes a pesar del hecho de no tener aislamiento alrededor del horno. Desde luego, el aire de las cámaras debe ser renovado frecuentemente para ventilar los vapores del disolvente liberado.

El secado en los hornos de calor radiante es rápido a causa de que el calor se produce en el punto exacto deseado sin consumir tiempo en pasar del aire al recubrimiento por convección. La temperatura real del recubrimiento a secar se determina raramente, ya que varía considerablemente, dependiendo de la distancia del objeto a las lámparas, del ángulo con que chocan los rayos, y la posición del objeto enfrente de las lámparas.

El secado por energía radiante se adapta mejor a los productos de metal de formas regulares y tamaños, tales como chapas y tubos. Algunos artículos de configuración irregular u objetos que varían grandemente en espesor de metal no se pueden secar satisfactoriamente en estos hornos, porque existe demasiada variación en el grado de secado del acabado en diferentes zonas.

Las acabados de colores diferentes, también curan a diferentes tiempos, ya que algunos, tales como el negro, absorben más el calor. El blanco necesita más tiempo, ya que refleja gran cantidad de calor que recibe, en lugar de absorberlo.

Los recubrimientos sobre superficies pulimentadas requieren un 20% más de secado que las superficies no pulimentadas, a causa de que las superficies pulimentadas reflejan algo de la energía radiante, aún a través de un recubrimiento opaco.



## CAPITULO VIII .- PREPARACION DE LAS SUPERFICIES.

Para que un recubrimiento industrial líquido sea eficaz, se requiere de un tratamiento previo y adecuado de las superficies a cubrir. Tal tratamiento puede realizarse de diferentes maneras, limpieza de la superficie, alisado de las superficies rugosas, transformación de la superficies excesivamente lisas en más ásperas y tratamientos químicos.

Estos métodos no son, como es natural, de la misma eficacia, dependiendo su aplicación, del tipo y tamaño de las superficies a tratar y de las exigencias impuestas en cuanto al estado de éstas se refiere.

### 8.1 PREPARACION DE LA SUPERFICIE POR LIMPIEZA.

Este tratamiento comprende la separación de materias extrañas, tales como suciedades, grasa, aceite, humedad y productos de la corrosión, que pueden afectar a la adherencia de los recubrimientos industriales líquidos aplicados. Algunos recubrimientos requieren una limpieza del sustrato mucho más completa que otros. Los diferentes tipos de sustratos se diferencian también ampliamente en la minuciosidad con que se debe limpiar para obtener las características adecuadas de los recubrimientos aplicados a ellos.

Los diversos métodos fundamentalmente diferentes de limpieza y alisado de superficies rugosas varían enormemente en costo y en el resultado final obtenido.

La selección del método para una superficie dada depende de su tamaño, situación, rugosidad, forma, lisura requerida y costo permisible. En general, cuanto más completa es la eliminación inicial de la rugosidad y de la cascarilla del sustrato, más larga es la vida de los recubrimientos protectores.

Es conveniente una limpieza más completa en ambientes corrosivos tales como ambientes con gran humedad, ácidos, álcalis y vapores químicos.

### 8.1.1 LIMPIEZA MEDIANTE OPERACIONES A MANO.

Bajo este encabezado se estudian la separación de restos de escoria, rebabas de fundición, cascarilla, óxido, fundente de soldadura, salpicaduras de soldadura y capas de recubrimientos viejos, con martillos para quitar óxidos, herramientas de golpear a mano especiales, operaciones de cepillado, lijado, lavado con agua o soluciones alcalinas para quitar polvo, salpicaduras de cemento y otras materias extrañas.

*El aceite y la grasa que pueda haber se quita con disolventes o emulsiones de agua y disolventes. Numerosos limpiadores y acondicionadores de superficies patentados se basan en el ácido fosfórico y en diversos fosfatos.*

*El ácido fosfórico ataca al hierro, formando fosfato de hierro que es insoluble, y una delgada película sobre la superficie retarda la corrosión posterior. Algunos limpiadores de ácido fosfórico deben eliminarse mediante un lavado, mientras que otros sólo requieren el secado con un trapo.*

Las operaciones manuales, evidentemente, son lentas, costosas y con frecuencia insuficientes. Se usan sólo en pequeños trabajos que no justifican equipo mecánico o en piezas de formas raras que no se adaptan a otros métodos de tratamientos.

### 8.1.2 LIMPIEZA MEDIANTE OPERACIONES CON HERRAMIENTAS MECANICAS.

Estas operaciones requieren el uso de herramientas de choque tales como cinceles movidos por motor y martillos descarilladores, rascadores rotatorios, rascadores de pistón simple o múltiple, discos de esmeril, cepillos de alambres rotatorios, lijadoras automáticas.

La limpieza y alisado con herramientas de motor, son útiles en ciertas clases de trabajo, a veces en combinación con operaciones manuales, aunque son también demasiado lentos e insuficientes para trabajos en gran escala. Las operaciones de limpieza, ya sea por operaciones manuales o mecánicas, se deben ejecutar con cuidado para evitar la formación de estrías en el sustrato, las cuales se ven a través del recubrimiento y pueden producir una formación de óxido prematura.

### 8.1.3 LIMPIEZA POR DECAPADO.

Ciertas piezas de acero que no son demasiado grandes para introducirse en tanques, se pueden limpiar de cascarilla y de óxido mediante una acción química llamada decapado. Existen diversos métodos diferentes, que si se ejecutan en forma adecuada, quitan la cascarilla y el óxido con un ataque mínimo sobre el metal puro.

Se emplea una solución de 5 a 10% de ácido sulfúrico de 60 a 80 °C, pero a medida que el ácido se convierte en sulfato ferroso, periódicamente se ha de añadir más para que permanezca constante el contenido de ácido en el tanque.

Después que se ha eliminado la cascarilla y el óxido del acero se lava a conciencia en agua caliente para eliminar todas las trazas de sulfatos. A este lavado le sigue, a veces, una inmersión en soluciones diluidas de ácido fosfórico o dicromato sódico para formar películas de inhibidores anticorrosivos de fosfato o cromato de fierro en la superficie del metal.

El decapado es esencialmente un proceso de taller, ya que el acero que se ha de limpiar debe llevarse a los tanques. No deja la superficie del acero lo suficientemente lisa para acabados brillantes, pero es satisfactorio para ciertos tipos de trabajos tales como las chapas de blindaje de los acorazados.

### 8.1.4 LIMPIEZA A LA LLAMA.

Este es un método de preparación de superficies de acero para el recubrimiento, pasando sobre la superficie a gran velocidad un soplete oxiacetilénico de alta temperatura. La mayor parte del óxido y de la cascarilla se desprende debido a las diferencias de coeficiente de dilatación comparado con el sustrato de acero.

La superficie se gratea a continuación para separar todo excepto la parte de cascarilla y de óxido perfectamente adherida, dejando una superficie caliente y seca a la cual se aplica la primera capa del recubrimiento antes de que se enfríe la superficie para obtener de esta manera los mejores resultados.

El limpiador de llama consiste en un mango hueco a través del cual pasan los gases combustibles a un colector en ángulo recto con el mango. El

limpiador de llama es más efectivo en una atmósfera húmeda, si el metal es propenso a humedecerse en su superficie o cuando es difícil de secar, como en la bodega de un barco. No elimina todo el óxido y la cascarilla y por esta razón raramente se obtienen los resultados de una operación de limpieza por chorro de arena si se realiza adecuadamente.

## 8.2 FORMACION DE RUGOSIDADES EN LAS SUPERFICIES LISAS.

Se podría sacar la conclusión de que para la obtención de las mejores características, los sustratos deben ser lo más lisos posibles. Esto no es así puesto que muchos recubrimientos industriales líquidos no se adhieren bien a los sustratos que son demasiado lisos, aun cuando estén perfectamente limpios.

La adherencia a sustratos limpios está influenciada por tres factores: el sustrato, su rugosidad, y el recubrimiento. Es más difícil adherir recubrimientos a unos materiales que a otros, a causa de las reacciones en la interfase y otros defectos. Casi todos los ingredientes, pigmentos, aceites, resinas, disolventes, etc., y sus proporciones pueden influir sobre esta propiedad, ya que está estrechamente asociada con otras características de la película, tales como la flexibilidad, coeficiente de dilatación térmica, impermeabilidad y al hinchamiento debido a la humedad.

Una ligera rugosidad del sustrato, aunque no lo suficiente como para afectar a la lisura de la superficie del recubrimiento, produce lo que se conoce como agarre mecánico, que con frecuencia es la causa del éxito o del fracaso de los acabados.

### 8.2.1 PREPARACION DE SUPERFICIES RUGOSAS POR MEDIO DE CHORRO DE ARENA.

En el caso de la preparación de superficies por chorro de arena, además de eliminar totalmente los productos de corrosión y suciedad presentes, el sustrato se hace más o menos rugoso. La fijación de un recubrimiento sobre una superficie así preparada es incomparablemente más fuerte que sobre otra no tratada.

El fundamento de la preparación de superficies por chorro de arena

implica el bombardeo de pequeñas partículas del material abrasivo a gran velocidad, sobre la superficie a limpiar. Las partículas pueden ser también perdigones o granalla fina de acero, o abrasivos sintéticos como carborundo o alúmina.

La dureza, tamaño y uniformidad de la arena utilizada dependen, tanto de las propiedades del sustrato, como de las exigencias impuestas al estado de la superficie, puesto que afectan a la rugosidad o la profundidad de agarre de la superficie.

Cuanto mayor es el tamaño de partícula, más profundas las huellas que pueden conducir y una profundidad de agarre excesiva para cuando se aplique el recubrimiento de superficie. En general, los abrasivos deben ser tan uniformes en tamaño de partículas como sea posible y no deben contener partículas grandes. El máximo tamaño de partícula es el que pasa por un tamiz de 16 mallas.

Las fuerzas impulsoras pueden ser aire comprimido, vapor, agua o discos centrífugos. El aire comprimido es el más comúnmente usado aun cuando se requieren compresores de aire de gran capacidad. Sin embargo, el polvo es un problema y si la operación se realiza al exterior en tiempo frío y humedad, puede haber condensación de humedad sobre la superficie a limpiar debido a que el aire que se expande desde la boquilla es de una temperatura más baja que la atmósfera que lo rodea.

Cuando se usa agua, ésta contiene un pequeño porcentaje de agentes químicos inhibidores de la oxidación, tales como el ácido crómico, el cromato o dicromato sódico. El chorro de agua reduce el polvo de la atmósfera, pero el polvo debe aún quitarse de la superficie cuando secan gotitas de agua que llevan. El vapor es una buena fuerza impulsora si se dispone de él con facilidad.

Los discos impulsores de abrasivo por centrifugación son útiles, aunque el desgaste de las partes móviles es un problema para el mantenimiento. Sin embargo, las boquillas se gastan rápidamente en cualquier clase de chorro a presión.

Los abrasivos gastados y el polvo pueden ser confinados en las operaciones de chorreado interiores en sistemas transportadores completamente cerrados o mediante el uso de cabinas de aspiración como en el pintado a pistola.

La recuperación del abrasivo, para usarlo de nuevo, es un problema sencillo en tales equipos.

A pesar de sus desventajas y su excesivo costo, el chorro de arena con aire comprimido se considera generalmente el método preferido de limpieza de estructuras de acero, tanques de aceite y gas, antes de recubrirlos.

Cualquier superficie exterior limpiada por chorro de arena se debe tratar o recubrir antes de que tenga lugar una oxidación posterior, de otra manera se pierde el beneficio de la limpieza.

### 8.3 LIMPIEZA POR TRATAMIENTO QUIMICO.

Los tratamientos químicos son las transformaciones de la superficie del sustrato, tales como la deposición de películas finas de óxido o fosfato para el control de la corrosión sobre los metales y los tratamientos para neutralizar el álcali libre en el yeso o colado fresco.

En muchos casos estos tratamientos químicos cambian la naturaleza química de las superficies y su rugosidad al mismo tiempo.

#### 8.3.1 LIMPIEZA CON DISOLVENTES ORGANICOS.

La limpieza con disolventes, es uno de los métodos de limpieza más antiguos, se puede emplear de diversas maneras para quitar el aceite y la grasa. La superficie se puede frotar con trapos empapados con disolventes de petróleo, tales como alcoholes minerales.

Una aplicación importante de la limpieza con disolventes es el desengrasado al vapor con disolventes clorados no inflamables, como el tricloroetileno o percloroetileno, para eliminar aceites, grasas y resinas solubles.

El equipo desengrasante consiste en un tanque proyectado para volatilizar el disolvente con el suficiente espacio libre por encima del líquido hirviente para la operación de limpieza. La parte superior del tanque por encima del espacio de trabajo, contiene un espacio condensador refrigerado por agua para impedir la pérdida de vapor.

El desengrasado con vapor se puede complementar con una acción de limpieza mecánica de pulverización o por inmersión del metal en el disolvente.

Sólo la limpieza con disolventes orgánicos no es satisfactorio cuando lo más importante es una buena durabilidad del recubrimiento. Sin embargo, es un método efectivo de limpieza cuando se usa antes de un tratamiento químico adecuado.

### 8.3.2 LIMPIEZA CON ALCALIS.

Los álcalis eliminan una diversidad de sustancias con la excepción de compuestos insolubles. La sosa cáustica y potásica son ejemplos de los limpiadores primitivos. Se han creado otras mezclas que incluyen el fosfato trisódico, polifosfatos, carbonato sódico, boratos y silicatos.

Se han añadido jabones, resinas y otros agentes sintéticos, tales como el sulfato laurílico sódico y los sulfonatos de alquil arilo. Por lo que se ha comprobado que la mezclas alcalinas que contienen detergentes son cinco veces más efectivas que los álcalis solos.

La acción de los limpiadores alcalinos se debe a su saponificación y a su acción emulsionante y coloidal. Los detergentes sintéticos mejoran las propiedades de mojabilidad de la solución alcalina al disminuir sus tensiones superficiales. Las superficies por este método pueden limpiarse por dos maneras, por inmersión en tanques y mecánicamente por pulverización.

Cualquier residuo que quede en la superficie causa la mala adherencia del recubrimiento. Por tanto, es muy importante enjuagar las piezas con mucha agua limpia después del tratamiento con álcali. El recubrimiento se debe aplicar inmediatamente después de la limpieza antes de que la superficie se corra.

Debido a la versatilidad y simplicidad de aplicación, los limpiadores alcalinos encuentran un uso considerable en la industria. Para que el recubrimiento dé buen resultado, lo mejor es utilizarlos antes de un tratamiento químico de la superficie.

### 8.3.3 LIMPIEZA POR EMULSION.

Los limpiadores emulsionantes consisten en un disolvente orgánico, como el queroseno, combinado con un agente emulsionante, tal como un jabón, de manera que la combinación se pueda aplicar por inmersión o por pulverización y son particularmente efectivas en la eliminación de los compuestos usados en el estirado de casi todos los metales.

Después del lavado queda una superficie aceitosa, la cual no es perjudicial si a continuación se le somete a un tratamiento químico antes de aplicar el recubrimiento.

### 8.3.4 LIMPIEZA POR ACIDOS.

Este método de limpieza comprende el uso de ácidos inorgánicos, tales como el fosfórico, combinado con disolventes de grasas, tales como alcoholes, y agentes humectantes que rebajan la tensión superficial.

Este limpiador se puede aplicar con un método de cepillado y enjuagado, así como por inmersión o pulverización. Eliminan la grasa y el óxido, así como otros productos de la corrosión en una única operación y deja un ligero depósito de fosfato en la superficie.

Este limpiador deja la superficie en condiciones de proporcionar una adherencia inicial del recubrimiento mejor que la que proporcionan los limpiadores álcalis o con disolventes, ya que existe formación de rugosidad. La limpieza ácida puede decirse que desempeña tres de las funciones más importantes antes mencionadas, limpieza, rugosidad y cambio de la composición química de la superficie para favorecer la inhibición de la corrosión.

Los limpiadores ácidos, la mayoría de los cuales se deben eliminar por lavado, se pueden aplicar por frotado, cepillado, inmersión y pulverización. Sin embargo, algunos se formulan de manera que bajo ciertas condiciones se les puede dejar sobre el metal.



### 8.3.5 RECUBRIMIENTOS DE FOSFATO.

Los recubrimientos de fosfato consisten en soluciones acuosas de fosfatos diácidos de zinc o manganeso, ácido fosfórico libre, agentes oxidantes y ciertos iones de metales pesados como el  $\text{Cu}^{2+}$ .

Cuando las piezas de hierro o acero se colocan en estas soluciones, diminutas pilas eléctricas producen iones ferrosos en las zonas anódicas y cargas negativas que reaccionan con iones hidrógeno libre en las zonas catódicas.

Esto reduce la concentración del ion hidrógeno en las capas de la solución próximas a las zonas catódicas de la superficie metálica y cambia en estas zonas los fosfatos diácidos solubles en fosfatos secundarios y terciarios.

Los procesos de recubrimiento con fosfato se pueden llevar a cabo por inmersión o por rociado. El tiempo de tratamiento necesario depende de la temperatura de la solución, de los aceleradores usados, de la cantidad de recubrimiento requerido, y del método de aplicación.

El método de limpieza usado antes de aplicar el recubrimiento de fosfato tiene una estrecha relación con sus características. Se aplica un producto limpiador de emulsión para mejorar la formación de un fino recubrimiento.

## CAPITULO IX .- METODOS DE APLICACION.

La aplicación correcta de los recubrimientos industriales líquidos, es uno de los requisitos fundamentales para producir recubrimientos protectores adecuados y decorativos, implica la selección del mejor método para aplicar los recubrimientos industriales líquidos de manera uniforme y con el espesor adecuado de la película.

Los responsables de esta operación deben tener un conocimiento operacional de las ventajas y desventajas de cada método para que se pueda seleccionar el más conveniente y económico. Con algunos tipos de recubrimientos el método es evidente u obligatorio, en otros la selección del método depende de varios factores.

Por ejemplo, en la aplicación de los recubrimientos para la construcción, la elección entre rodillo a mano, a brocha o pistola, depende del tipo de recubrimiento que se aplicara, del tipo de superficie, de su tamaño y situación, del aspecto deseado en el trabajo terminado.

El acabado industrial ofrece mayores oportunidades para la selección de métodos, equipos y detalles de operaciones, debiendo decidirse sobre si la producción justifica la instalación de un sistema transportador o si los artículos se acabarán uno a uno a mano.

Algunos métodos de aplicación, tales como la aplicación a pistola, por inmersión o por rodillo, se pueden utilizar con o sin transportador. El tipo de acabado superficial, el aspecto deseado, el tamaño, la forma, el peso y el número de piezas, y el espacio de las instalaciones y la mano de obra disponible, influyen en la elección del método de aplicación, la inversión en el equipo y los detalles de trabajo.

### 9.1 METODO DE APLICACION POR MEDIO DE BROCHA.

Esté es probablemente el método de aplicación de recubrimientos industriales líquidos más antiguo y todavía el más usado, ya que el equipo necesario es simple y relativamente barato.

Su realización adecuada depende en gran parte de la calidad de la brocha y de sus cerdas. Se hacen brochas para recubrir las superficies a mano,

en una amplia variedad de tamaños, estilos y calidades, dependiendo de los fines, las preferencias de los aplicadores de las diferentes partes del país, y el precio que el usuario desea pagar.

La mayoría de los recubrimientos para la construcción y conservación, recubrimientos para barcos, y algunos acabados industriales, se aplican con brocha, aunque más lento y más caro que los recubrimientos que se aplican por medio de pistola, tiene algunas ventajas.

Una brocha es más barata y fácil de transportar de un trabajo a otro, que una pistola pulverizadora, su compresor, y el resto del equipo necesario para cada operación.

La aplicación con brocha encierra menos peligro de manchar de recubrimiento zonas adyacentes que no deben ir recubiertas. Es más fácil la aplicación con brocha, que la aplicación a pistola para diferentes casos, tales como marcos de ventanas, molduras, pasamanos, rayas y letreros.

En el método de aplicación por medio de brocha, existe la aplicación con brocha mecánicamente, en recubrimientos de superficies, haciéndose brochas especiales para trabajar de acuerdo con los requisitos de la máquina a la que se incorporan.

Estas pueden ser rotatorias, fijas, con un movimiento de vaivén o pueden funcionar de otras maneras.

## 9.2 METODO DE APLICACION POR MEDIO DE PULVERIZACION.

El método de aplicación de los recubrimientos industriales líquidos por pulverización es el más usado después de la brocha. Se emplea mucho para recubrimientos de conservación cuando han de ser recubiertas grandes extensiones de superficies planas y hace posible un gran ahorro en el costo de mano de obra, con respecto al recubrimiento aplicado a brocha.

Esté método de aplicación es indispensable cuando se aplican las lacas, las cuales secan rápidamente para poderlas aplicar con brocha, y para la aplicación de esmaltes a artículos de grandes dimensiones que prácticamente no pueden ser acabados con cualquiera de los otros métodos de bajo costo.

## 9.2.1 PULVERIZACION POR MEDIO DE AIRE COMPRIMIDO.

En la aplicación de los recubrimientos por pulverización es necesario el siguiente equipo: un compresor de aire para suministrar aire comprimido, un dispositivo filtrante para quitar el polvo, la suciedad, el aceite y la humedad, y un tanque para almacenar el aire.

Para trabajos pequeños que requieren frecuentes cambios, el recubrimiento a aplicar se pone en un recipiente unido a la pistola y llega hasta el pulverizador mediante el vacío creado por el flujo de aire. Para trabajos mayores el recubrimiento se puede colocar en un recipiente cerrado separado, conectado a la fuente de presión con un tubo de goma y con otro a la pistola.

El recubrimiento es forzado hasta la pistola por la presión del aire. Para trabajos a gran escala, el recubrimiento puede ser suministrado a los diferentes puestos de pulverización por medio de conductos desde los tanques abastecedores centrales, y que están equipados con agitadores.

Todos los sistemas de aplicación de recubrimientos aplicados por pulverización están equipados con válvulas, reguladores de presión y medidores para controlar la presión del aire que se envía a las pistolas.

Las pistolas de pulverización en sí, es un aparato para transformar el chorro de recubrimiento en una fina neblina que puede recubrir cualquier objeto al que se dirija. Las proporciones del recubrimiento y aire deben ser ajustadas para tener una perfecta atomización del recubrimiento, con la menor cantidad de aire posible.

Algunas pistolas tienen dispositivos para poner en marcha y parar al mismo tiempo el recubrimiento y el aire. Existen muchos diferentes tamaños de pistolas y una gran variedad de boquillas que se acomodan a los diferentes tipos de recubrimientos y a las diferentes necesidades.

El recubrimiento aplicado por medio de pistola requiere de considerable destreza y experiencia por parte del aplicador. La viscosidad del recubrimiento, la presión del aire para la atomización y la fluidez, la selección del tipo adecuado de boquilla, y el mantenimiento, el movimiento, y accionamiento de la pistola para obtener películas tersas de grosor uniforme, son factores que influyen en la obtención de acabados satisfactorios por este método de aplicación.

La pulverización automática se ha convertido en un económico método de aplicación de los acabados industriales. Las pistolas pulverizadoras se fijan en su sitio, y los artículos a recubrir son llevados por medio de transportadores en los que algunas veces giran automáticamente. Las pistolas son accionadas electrónicamente o por algún otro medio a medida que pasa el trabajo.

### 9.2.2 PULVERIZACION POR MEDIO ELECTROSTATICO.

En la aplicación automática a pistola de algunos artículos, se puede recubrir más uniforme y reducir considerablemente la pérdida de recubrimiento mediante el uso del proceso electrostático, en el que se mantiene una diferencia de potencial de alrededor de 100,000 V entre las piezas a recubrir y las rejillas eléctricas.

Las partículas de recubrimiento mojado de las pistolas entran en el campo electrostático con el mismo potencial que el de las rejillas eléctricas y son repelidas por éstas y atraídas por la pieza a recubrir, de este modo la mayor parte del recubrimiento cae sobre la pieza en vez de perderse como neblina.

Es necesario, para algunos procesos, girar los artículos en el transportador y oscilar las pistolas automáticas para obtener un perfecto recubrimiento. Con la pulverización electrostática son necesarias campanas y aspiradoras para extraer los vapores disueltos y la pequeña cantidad de neblina de recubrimiento que no se deposita en la pieza.

Este proceso se puede aplicar a cualquier material que sea conductor eléctrico, y es necesario ajustar todos los factores como, la atomización y presión del fluido, deben ser más bajas que la pulverización ordinaria.

### 9.2.3 PULVERIZACION EN CALIENTE.

El precalentamiento de los recubrimientos industriales líquidos para reducir la viscosidad de la pulverización se ha convertido en un sistema muy común. Los recubrimientos del tipo esmaltes alquidáticos son precalentados entre 80 y 90 °C y las lacas a 80 °C, en calentadores eléctricos.

Por este medio es posible obtener una viscosidad del recubrimiento

adecuada para pulverizar con porcentajes de disolventes mucho menores. También permite mayores concentraciones de sólidos en los materiales a aplicar y por consiguiente un espesor mayor de la película.

### 9.3 METODO DE APLICACION POR INMERSION.

La inmersión es un método de bajo costo para aplicar recubrimientos industriales líquidos, en el cual los artículos que han de ser recubiertos, se sumergen completamente en el recipiente que contiene al recubrimiento líquido. No obstante, hay artículos de determinada forma que sólo pueden ser sumergidos en partes y debe dárseles la vuelta hasta quedar completamente recubiertos.

Para obtener acabados con una uniformidad satisfactoria de espesor de película y aspecto, es necesario una formulación y técnica de inmersión adecuadas, así como el cuidado del recubrimiento líquido en el recipiente.

Se usan recipientes de inmersión en todos los tamaños, con capacidades de hasta 20,000 lts. La parte expuesta a la atmósfera debe ser lo más reducida posible, para evitar la oxidación del recubrimiento y forme natas en la superficie.

Los recipientes de inmersión deben estar equipados con agitadores para evitar que los pigmentos se depositen, y deberán tener tapas de cierre hermético, para que cuando no se usen los recipientes, se tapen, evitando que se contamine y evitar la oxidación.

Si es posible, los artículos que se sumergen en estos recipientes deben estar colgados encima de ellos para escurrir el exceso de recubrimiento.

Las piezas deben sumergirse en los tanques muy lentamente para evitar las salpicaduras, la formación de burbujas de aire y la entrada de aire dentro del material líquido.

### 9.4 METODO DE APLICACION POR RODILLO.

La aplicación de recubrimiento por medio de rodillo a mano, es ahora muy usado por los aplicadores en el ramo de la construcción. Los rodillos se hacen de lana de oveja, fieltro u otro material absorbente.

Los rodillos más sencillos se impregnan de recubrimiento rodándolos

en un recipiente plano. Otros tienen un alimentador a presión como las pistolas de pulverizar. Algunas veces el recubrimiento se aplica de una manera burda con brocha y después se extiende con el rodillo, pero por lo regular se aplica directamente con el rodillo.

Los rodillos permiten una aplicación del recubrimiento con una mayor uniformidad en el espesor de la película, también eliminan las marcas de la brocha. La aplicación del recubrimiento por medio de rodillo es más rápido que con brocha y menos cansado, ya que hay rodillos dotados de mangos largos para evitar la flexión de los aplicadores.

La aplicación de recubrimientos por rodillo mecánico, es en principio similar al rodillo manejado a mano. Es un método muy usado para aplicar acabados a láminas de metal, papel, madera, tableros para recubrir paredes y otras superficies que sean planas.

El material, en láminas o paneles, se lleva a la máquina manualmente o por medio de transportadores. Los recubrimientos se pueden aplicar en ambos lados y en las orillas al mismo tiempo.

Los acabados de recubrimientos por el método de rodillo mecánico, puede aplicarse con viscosidades más altas que con otros métodos de aplicación y, por tanto, es posible una mayor concentración de sólidos, sin embargo es necesario hacer pruebas para no sobrepasar el límite de la viscosidad de aplicación.

Cuando se puede aplicar este procedimiento, la aplicación del recubrimiento por rodillo es rápido y económico, ya que existe una pérdida muy pequeña de material.

En una máquina de recubrimiento de papel, el material del recubrimiento se recoge mediante un rodillo de un tanque poco profundo y se extrae del rodillo mediante un cepillo que gira y que lo aplica al papel. Diferentes juegos de cepillos planos con movimiento alterno ayudan a repartir el recubrimiento uniformemente sobre la superficie, inmediatamente después de su aplicación.

**CAPITULO X .- RESUMEN DE RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES LIQUIDOS.  
PROPIEDADES Y APLICACIONES.**

<b>TIPO DE RECUBRIMIENTO</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>	<b>PROPIEDADES QUIMICAS</b>	<b>APLICACIONES</b>
Acrílicos	Resistencia a la intemperie, buena resistencia a la tensión y al impacto, resiste a la exposición de rayos UV, buena flexibilidad y adherencia a los metales.	Regular resistencia química, buena resistencia a la humedad, resiste a los ácidos, álcalis, y aceites.	Paneles decorativos y estructurales, domos vidriados, mosaicos translúcidos para pisos, ventanas, lacas para automóviles, tableros y circuitos.
Alquidáticos	Excelentes propiedades eléctricas, se adapta a flexibilidad o rigidez, excelente adherencia a metales, regular resistencia térmica.	Baja resistencia a la humedad, buena resistencia química, regular resistencia a la cámara salina, baja resistencia a los álcalis.	Aislamiento eléctrico, esmalte para automóviles, componentes eléctricos, esmaltes industriales y caseros.



Epóxicos.	Buenas propiedades de adhesión, buena resistencia al calor, excelentes propiedades eléctricas, buena flexibilidad, fuertes y resistentes.	Excelente resistencia química, excelente resistencia a la humedad.	Laminados, recubrimientos para estructuras y pisos industriales, aislamiento eléctrico, recubrimiento de paredes y recipientes en laboratorios, hospitales e industrias.
Fenólicos.	Estabilidad al calor, excelente adherencia a metales, resistencia al impacto, regular flexibilidad, resistencia a la abrasión y buena adhesión.	Resistencia a la corrosión química, resistencia a la humedad, resistencia a los ácidos.	Resinas de impregnación, balatas para frenos, componentes eléctricos, madera estructural, películas de horneado a alta temperatura, laminados, depósitos de almacenamiento.
Hule clorado.	Excelente adherencia a los metales, excelente flexibilidad, resistencia a la abrasión.	Excelente resistencia a la humedad, regular resistencia química, resisten a los ácidos, álcalis y aceites minerales.	Recubrimientos para tanques y albercas

Lacas	Alta resistencia al impacto, alta resistencia eléctrica, baja conductividad, regular resistencia a la abrasión.	Regular resistencia a la humedad y regular resistencia química.	Acabados para textiles y papel, acabados para madera, envases, tubos, acabados para automóviles.
Poliuretano	Regular resistencia a la abrasión, buena dureza, buenas propiedades eléctricas, buena flexibilidad, baja adherencia a metales, baja resistencia al calor..	Buena resistencia a la humedad, buena resistencia química.	Aislamiento en oleoductos y refinерías, estructuras en contacto con agua, acabados para muebles.
Silicones	Buena estabilidad térmica, y a la oxidación, excelente flexibilidad, excelentes propiedades eléctricas, inertes, resiste a la intemperie.	Excelente resistencia a la humedad y buena resistencia química.	Uso para resistencia al agua, uso en tubos de escape, en chimeneas, y en general como recubrimiento resistente al calor
Vinílicos.	Excelentes propiedades físicas, autoextinguible, excelente flexibilidad y adherencia a metales.	Buena resistencia a la humedad, buena resistencia química, a los ácidos, alcalis, grasas y aceites.	Impermeables, acabados para muebles, recubrimiento para tuberías y recubrimiento decorativo.

## CAPITULO XI .- CONCLUSIONES.

La gran variedad de recubrimientos industriales líquidos descritos en este trabajo, son fabricados para diferentes usos, y aunque no se describieron todos, existen en la actualidad muchos tipos de recubrimientos mucho más específicos, como los de alquitrán de hulla, de colofonia, de resinas poliamídicas, de resina aminicas, de poliéster, etc.

Es muy importante mencionar que los recubrimientos industriales líquidos han tenido un gran auge dentro de la industria, y que el Ingeniero Químico tiene una gran participación dentro de este ramo y por lo que debe de tener los conocimientos básicos para resolver los problemas relacionados con el tema.

También es importante aclarar que no solo existen los recubrimientos industriales líquidos, por lo que es necesario hacer un analisis de la conveniencia de usar un determinado tipo de recubrimiento, con base en costo, aplicación, durabilidad, resistencia al medio expuesto y a las necesidades mismas del usuario.

Como ya se mencionó es importante que se tenga un conocimiento de los tipos existentes más usados y que tienen como objetivo proteger todo tipo de superficies expuestas a los diferentes medios, ya sea atmosféricos, a exposiciones a humedad, a los ácidos, álcalis y productos químicos, ya sea por salpicaduras, derrames o por contacto continuo, o simplemente por aspecto decorativo.

Es por eso que en la actualidad se han desarrollado muchos tipos de productos y que han dado auge a un gran número de empresas en México que compiten en el mercado nacional e internacional en cuanto a calidad, servicio y precio de los distintos recubrimientos.

También se están desarrollando actualmente recubrimientos industriales líquidos que usen materias primas que no contaminen el medio ambiente, ya que se esta proponiendo eliminar el uso de materiales que sean contaminantes, como los solventes, fibras minerales y aditivos que contienen plomo, etc.

Es importante que el lector tenga presente que para que un recubrimiento industrial líquido sea eficaz, debe aplicarse de acuerdo con las recomendaciones de uso, su forma de aplicación, de preparación de la superficie y rendimiento que indique el fabricante en el envase o en la hoja técnica correspondiente.

Por último esta tesis pretende dar al usuario una guía para poder seleccionar y aplicar, en base a los métodos mencionados, el tipo de recubrimiento industrial líquido adecuado dependiendo de las especificaciones y propiedades de uso y manejo de los recubrimientos.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Blanco, A., Sánchez R., L. y Villegas, L. I. Tecnología de pinturas y recubrimientos orgánicos. Volumen I y II, 1ª edición. Editorial Química S. A. (México) 1985.
- 2.- Clauser, H. R., Fabian, R., Peckner, D., Riley, M. Diccionario de materiales y procesos de ingeniería. Editorial Labor S. A. (España) 1970.
- 3.- Parker, Dean H. Enciclopedia de la química industrial. Tecnología de los recubrimientos de superficie. Volumen VII. Ediciones Urmo S.A. (España) 1978.
- 4.- Austin, George T. Manual de los procesos químicos en la industria. Volumen II y III, 5ª edición. Editorial McGraw- Hill. (México) 1989.
- 5.- Dr. Luigi Piatti. Materiales de la Ingeniería Química. 1ª edición en español. Ediciones Urmo S. A. (España) 1973.
- 6.- Kirk, Raymond E., Othmer, Donald F. Enciclopedia de tecnología química. Volumen XII y XIV, 1ª edición en español. Editorial Hispanoamericana de México, D.F. (México) 1963.
- 7.- Annual Book of ASTM standards. Section 6 Paint, related coating, and aromatics. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA. (U.S.A.) 1988.
- 8.- Annual Book of ASTM standards. Section 6 Paint, related coating, and aromatics. American Society for Testing and Materials. Easton, MD. (U.S.A.) 1996.
- 9.- Payne, Fleming H. Tecnología de pinturas. Volumen II. Editorial Blume.
- 10.- Petróleos Mexicanos. Recubrimientos de protección anticorrosiva. Requisitos de calidad. Norma 4.132.01. 4ª edición. (México) 1982.

11.- *Petróleos Mexicanos. Recubrimientos de protección anticorrosiva. Muestreo y Pruebas. Norma 5.132.01. 4ª edición. (México) 1981.*

12.- *Ramírez Bonilla, C. Recubrimientos Anticorrosivos. Su selección, aplicación e inspección. (México), 1986.*

13.- *Uhlig, Hebert H., et all. Corrosion Handbook. John Wiley and sons inc. New York. ( U.S.A.)1984.*

14.- *Flinn, Richard A., Trojan, Paul K. Materiales de ingeniería y sus aplicaciones. 3ª edición. Editorial Mcgraw-Hill, Bogotá. (Colombia)1989.*

15.- *Barrow, Gordon M. Química-Física. Volumen I y II, 2ª edición. Editorial Reverté S. A. (España) 1968.*

16.- *Hopkins, A. A., et all. Gran enciclopedia práctica de recetas industriales y fórmulas domésticas. Volumen IV y V. Editorial Gustavo Gili de México S. A. (México) 1996.*