

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y TEXTIL**



**“DESARROLLO Y EVALUACION DE  
RECUBRIMIENTOS ARQUITECTONICOS A BASE  
DE RESINA ACRILICA ESTIRENADA”**

**INFORME DE INGENIERIA  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUIMICO**

**PRESENTADO POR:**

**NANCY CLAUDIA ORTEGA CADILLO**

**Promoción: 91 - I**

**Lima – Perú  
2007**

## **DEDICATORIA:**

A mis padres por el gran esfuerzo que realizaron para que yo alcance mis objetivos, a mi esposo y a mi querida hijita.

**AGRADECIMIENTO:**

Al Ing. Abel Vergara por su asesoría en la realización de este trabajo.

## INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ÓRGANO EMPRESARIAL.....	2
2.1 Nombre y razón social.....	2
2.2 Marca.....	2
2.3 Sector al cual pertenece.....	2
2.4 Actividad principal .....	2
2.5 Organigrama de la empresa.....	2
2.6 Unidades de producción.....	4
III. ACTIVIDAD PROFESIONAL.....	6
3.1 Relación profesional empleador.....	6
3.1.1 Condición.....	6
3.1.2 Cargo.....	6
3.1.3 Documentos probatorios de la actividad profesional.....	6
3.2 Trabajo profesional desarrollado.....	6
3.2.1 Actividades desarrolladas.....	6
3.2.2 Tiempo de prestación de servicios.....	7
IV. TÉRMINOS TÉCNICOS.....	8
4.1 Componentes de un recubrimiento.....	8
4.1.1 Pigmentos y cargas.....	8
4.1.2 Resinas.....	8
4.1.3 Aditivos.....	8
4.2 Conceptos básicos.....	8
4.2.1 Sustratos.....	9
4.2.2 Recubrimientos Arquitectónicos.....	9
4.2.3 PVC.....	11
4.2.4 PVCC.....	12
4.2.5 Espesor de película.....	13
V. MATERIAS PRIMAS.....	14
5.1 Cargas.....	14
5.1.1 Carbonato de calcio.....	16
5.1.2 Talco.....	18
5.1.3 Cuarzo.....	19
5.1.4 Baritina.....	19
5.1.5 Caolín.....	20
5.1.6 Mica.....	20
5.2 Pigmentos.....	21

5.2.1	Dióxido de titanio.....	21
5.2.2	Óxido de zinc.....	24
5.3	Resinas.....	25
5.3.1	Los monómeros más usados en la fabricación de resinas.....	26
5.4	Aditivos.....	29
5.4.1	Humectantes y dispersantes.....	30
5.4.1.1	Fosfatos.....	30
5.4.1.2	Dispersantes acrílicos.....	31
5.4.2	Espesantes o Modificadores Reológicos.....	32
5.4.2.1	Espesantes celulósicos.....	33
5.4.2.2	Espesantes acrílicos.....	34
5.4.2.3	Espesantes asociativos.....	34
5.4.3	Disolventes.....	36
5.4.3.1	Influencia de los disolventes en la pintura.....	37
5.4.4	Agentes de neutralización.....	38
5.4.5	Antiespumantes.....	38
5.4.6	Biocidas.....	40
VI.	PROCESO DE FABRICACIÓN.....	42
6.1	Equipos.....	42
6.1.1	Tamaño y posición del dispersador.....	43
6.1.2	Velocidad del dispersador.....	45
6.2	Proceso de fabricación.....	45
VII.	PRUEBAS DE LABORATORIO.....	47
7.1	Pruebas de la pintura.....	47
7.1.1	Prueba en líquido.....	47
7.1.1.1	Peso por galón.....	47
7.1.1.2	Viscosidad.....	48
7.1.1.3	Fineza.....	50
7.1.1.4	PH.....	50
7.1.1.5	Contenido de no volátiles.....	51
7.1.1.6	Estabilidad al almacenamiento.....	51
7.1.1.7	Estabilidad al recobro de la congelación...	52
7.1.2	Pruebas en película seca.....	52
7.1.2.1	Poder cubriente.....	52
7.1.2.2	Brillo.....	53
7.1.2.3	Nivelación.....	54
7.1.2.4	Resistencia al chorreo.....	55
7.1.2.5	Resistencia a la abrasión húmeda.....	55
7.1.2.6	Resistencia a la lavabilidad.....	57
7.1.2.7	Prueba de craqueo.....	58
7.1.2.8	Resistencia a la luz.....	58
7.1.2.9	Resistencia a la intemperie.....	58

7.2 Pruebas de la resina.....	59
7.2.1 Resistencia a la saponificación.....	59
7.2.2 Absorción de agua del polímero.....	59
7.2.3 Estabilidad al cizallamiento.....	60
7.2.4 Estabilidad a los electrolitos.....	61
VIII. RESINAS PARA SISTEMAS ACUOSOS.....	62
8.1 Fabricación de resinas.....	62
8.2 Características técnicas de la resina.....	62
8.2.1 Temperatura de transición vítrea y temperatura mínima de formación de película.....	62
8.2.2 Contenido de sólidos.....	64
8.2.3 Tamaño de partículas.....	64
8.2.4 Saponificación.....	66
8.2.5 Resistencia al agua.....	68
8.3 Clases de resinas.....	68
8.3.1 Resinas vinílicas.....	68
8.3.2 Resinas vinil- acrílicas.....	69
8.3.3 Resinas acrílicas – estirenadas.....	69
8.3.4 Resinas acrílicas puras.....	69
IX. DESARROLLO DE FORMULACIONES.....	71
9.1 Técnicas.....	71
9.2 La norma vigente para pintura a base de látex.....	73
9.2.1 Características en la práctica.....	73
9.2.1.1 Para pinturas interiores.....	73
9.2.1.2 Para pinturas exteriores.....	73
9.3 Criterios técnicos para la formulación de pinturas....	74
9.3.1 La resistencia a la abrasión húmeda.....	74
9.3.2 Poder cubriente.....	75
9.3.3 La reología.....	76
9.4 Formulación de pinturas.....	78
9.5 Evaluación técnica de resultados.....	84
9.5.1 Absorción de agua.....	84
9.5.2 Resistencia a la abrasión húmeda.....	85
9.6 Evaluación económica.....	86
9.7 Aportes.....	87
9.8 Conocimientos empleados.....	87
X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
10.1 Conclusiones.....	89
10.2 Recomendaciones.....	90
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	91

XII. APÉNDICE.....	92
12.1 Apéndice A	
La Norma Técnica Peruana 319.216.....	92
12.2 Apéndice B	
Métodos para evaluación de propiedades.....	94
12.3 Apéndice C	
Documentos probatorios de la actividad profesional...	102

## RESUMEN

El presente informe, enfoca el trabajo realizado en una empresa fabricante de pinturas, en el área de investigación y desarrollo, en la línea arquitectónica.

En esta línea las pinturas tienen como resina o ligante, un polímero sintético emulsionado en agua, conocido comúnmente como látex. Por eso también esta línea se conoce como pinturas a base de látex.

El tema central de este trabajo es el desarrollo de formulaciones a base de resinas acrílicas estirenadas, y su respectiva evaluación técnica y económica.

Estas resinas tienen mejor comportamiento técnico que las tradicionales resinas vinil acrílicas.

Los recubrimientos desarrollados con este tipo de resinas tienen mayor resistencia al ensuciamiento, menor absorción de agua, mayor resistencia a la alcalinidad del cemento, mayor resistencia a los rayos ultravioleta y mayor resistencia a la saponificación de la pared, propiedades que hacen que el recubrimiento tenga mayor tiempo de vida útil.

A la vez se definirá las propiedades de las materias primas, y como influyen estas en las propiedades finales del producto final. También se indica el proceso de fabricación y los ensayos necesarios para evaluar la pintura.

Finalmente se detallará las exigencias y los criterios técnicos que se deben tener en cuenta para formular este tipo de recubrimiento.

También es importante indicar que para la realización de este informe fue necesario el empleo de muchos de los conocimientos adquiridos en la universidad, y otros tantos aprendidos en la línea industrial.



## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

Los recubrimientos, para la línea arquitectónica, han tenido un gran avance en estos últimos años, impulsado principalmente por desarrollos técnico de las empresas químicas proveedoras de las materias primas.

Entre las edificaciones que nos rodean encontramos paredes que están conformadas de una variedad de materiales de construcción, de diferentes épocas y para diferentes usos. Es por eso que estas pinturas deben presentar una diversidad de propiedades, siendo principalmente, la resistencia a la alcalinidad y humedad del cemento, y la resistencia dañina de la intemperie y del medio ambiente.

Nuestro país está atravesando por un auge de la construcción civil, de carácter social, donde se está trabajando con sistemas de construcción no tradicional, como por ejemplo, las de placas auto recuperables. Por estos sistemas de construcción, se ha desarrollado recubrimientos que dan buen acabado, económicos y que cumplan las propiedades antes mencionadas.

Las actividades profesionales que he desarrollado, las llevé a cabo en producción y laboratorio de Investigación y Desarrollo de la empresa SOPRIN S.A.C. a lo largo de 6 años. Mi experiencia, es lo que presento, en este trabajo, esperando que sea de gran utilidad para toda persona que lo consulte.

## **CAPITULO II: EL ORGANO EMPRESARIAL**

En este capítulo se describe el órgano empresarial, donde se indica los datos generales de la empresa.

### **2.1 Nombre y Razón Social**

SOPRIN S.A.C.

Av. Santa Anita N° 542 – Chorrillos – Lima –Perú.

### **2.2 Marca**

Majestad

### **2.3 Sector al cual pertenece**

Industria Química

### **2.4 Actividad Principal**

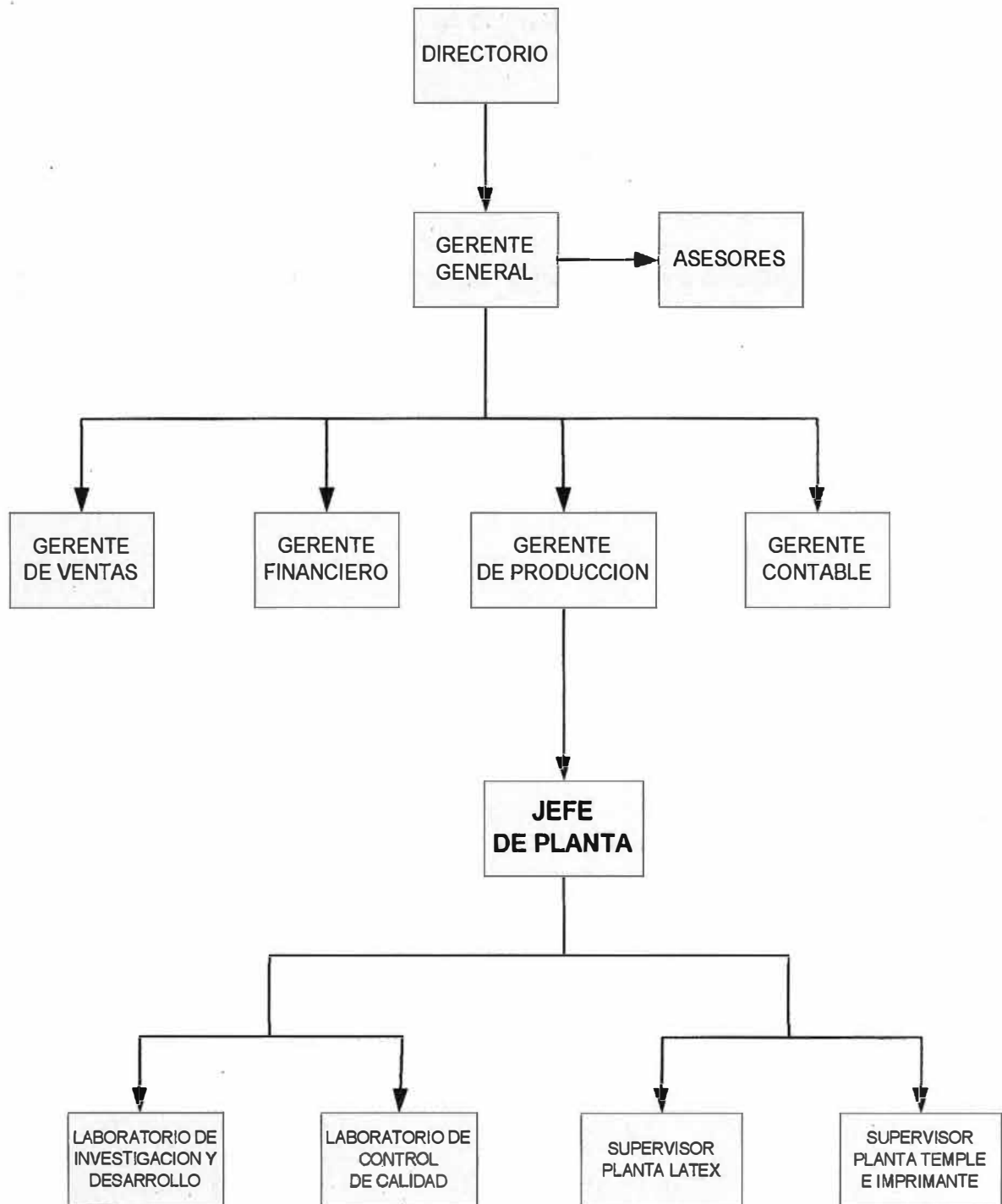
SOPRIN S.A.C. inicia sus labores el 15 de Mayo del 2000, con la marca Majestad, con la misión de fabricar y comercializar pinturas y recubrimientos para el uso arquitectónico. Esta empresa fue presidida por la empresa Industrial Majestad S.R.L. que lideró la fabricación de temples e imprimantes por más de 30 años.

Los productos fabricados por SOPRIN S.A.C. son bases (imprimantes), pastas murales, selladoras y pinturas para el acabado.

### **2.5 Organigrama de la Empresa**

El organigrama de la empresa es el que se muestra en el diagrama 2.1

Diagrama 2.1: ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



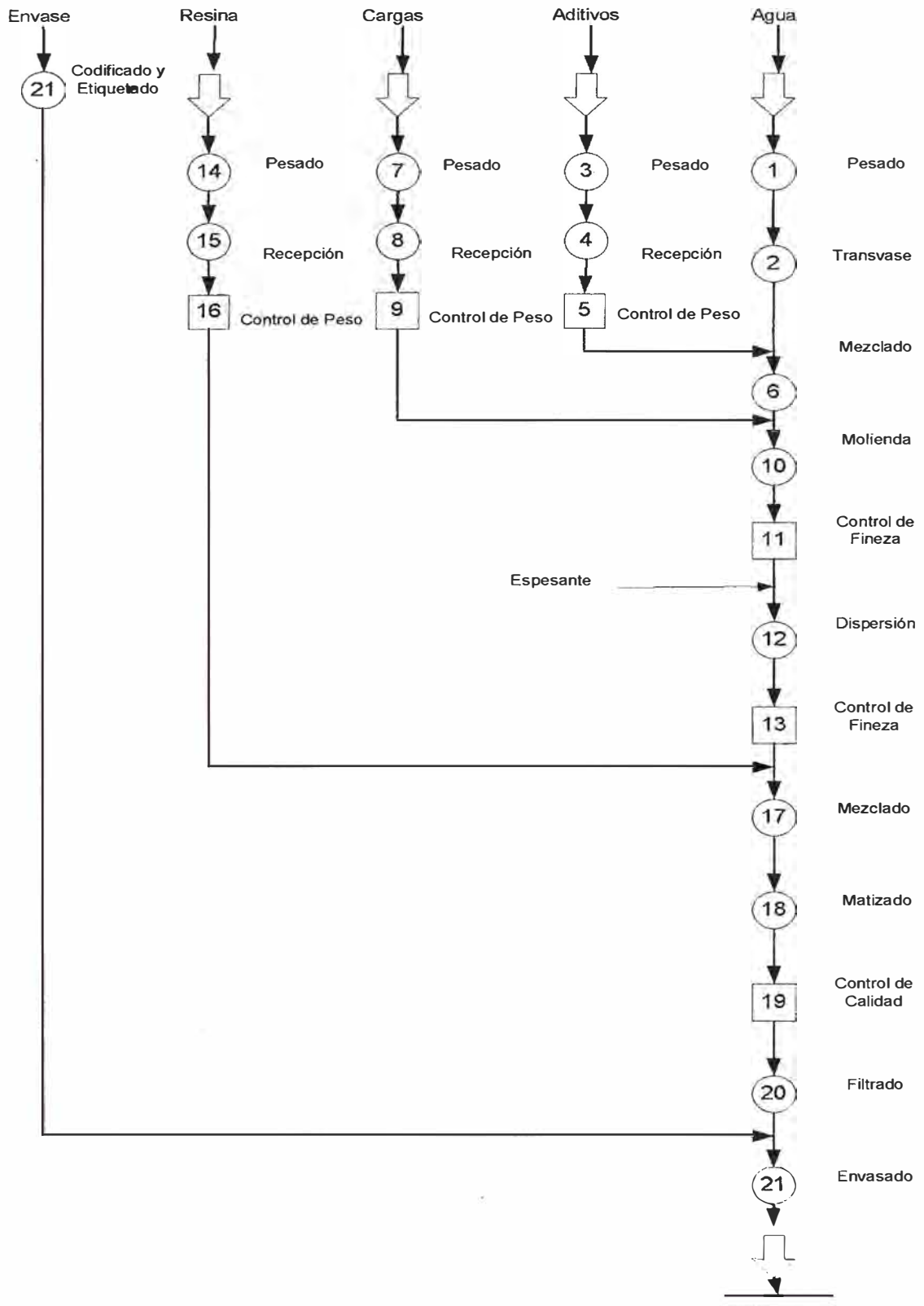
## **2.6 Unidades de Producción**

Soprin S.A.C. consta de tres líneas de producción

- Línea látex
- Línea de Pinturas base solvente
- Línea de Temple e Imprimante

De acuerdo al tema del presente informe solo se detallará el diagrama de proceso de fabricación de la línea látex., en el diagrama 2.2.

Diagrama 2.2: DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE PINTURA LÁTEX



## **CAPITULO III: ACTIVIDAD PROFESIONAL**

Este capítulo consta de dos partes, en la primera parte se indica la relación existente entre el profesional y la empresa, y en la segunda parte se describe el trabajo profesional desarrollado.

### **3.1 Relación Profesional – Empleador**

#### **3.1.1 Condición**

Empleado

#### **3.1.2 Cargo**

Jefa de planta y control de la Producción

#### **3.1.3 Documentos Probatorios de la Actividad Profesional**

Se adjunta Constancia de Trabajo en el Apéndice C.

### **3.2 Trabajo Profesional Desarrollado**

#### **3.2.1 Actividades Desarrolladas**

Entre las principales actividades desarrolladas son las siguientes:

- Planeamiento y control de la producción.
- Desarrollo de nuevos productos de acuerdo a los planes y/o proyectos trazados, los cuales fueron definidos por Gerencia de Ventas, Marketing, o Gerencia de Producción.
- Evaluación y definición de los parámetros de cada producto nuevo desarrollado, y así también la elaboración de su respectiva hoja técnica.
- Evaluación de las materias primas alternas o sustitutas de los estándares.
- Solicitar a los proveedores muestras de materias primas para nuevos desarrollos.
- Evaluación periódica de productos de la competencia.

- Brindar apoyo al área de logística, para la adquisición de materias primas alternas.
- Apoyar al área de Servicio Técnico, brindando asesoría de campo a los clientes que lo solicitan.
- Supervisar, dando las pautas necesarias, en el caso de producción de nuevos productos.
- Capacitar a los vendedores y al personal de atención al cliente.
- Recomendar y/o absolver consultas y/o reclamos de clientes.

### **3.2.2 Tiempo de prestación de servicio**

Tiempo por prestación de servicios: 2 años

Desde Mayo del 2000 hasta Mayo del 2002.

Tiempo por planilla: 4 años y 8 meses

Desde Mayo del 2002 hasta la actualidad.

## **CAPITULO IV: TERMINOS TECNICOS**

### **4.1 Componentes de un recubrimiento arquitectónico**

#### **4.1.1 Pigmentos y cargas**

Materiales sólidos orgánicos e inorgánicos finamente divididos, que son parte de la película final, cuyo fin principal es dar color y opacidad a las pinturas.

#### **4.1.2 Resinas**

Llamado también aglutinante y ligante, es el componente que aglutina los pigmentos y cargas y mantiene unidas las partículas, y determina la adherencia sobre el sustrato. Permanece en la película final, luego de evaporarse el agua en la que estaba disperso.

Confiere a la pintura propiedades como: brillo, flexibilidad, durabilidad, resistencia a la intemperie, resistencia química etc.

#### **4.1.3 Aditivos**

Materiales que se agregan en las formulaciones, generalmente en pequeñas cantidades para lograr un fin específico. Los principales aditivos son: dispersantes, humectantes, antiespumantes, biocidas, niveladores y coalescentes.

### **4.2 Conceptos Básicos**

A continuación detallaremos los términos necesarios para el entendimiento de este informe como son sustrato, recubrimiento arquitectónico, PVC, PVCC y espesor de película.



### 4.2.1 Sustrato

Entendemos como sustrato a la superficie del material que vamos a recubrir con pintura o con recubrimiento texturizado. Los sustratos pueden ser minerales, metales, madera, etc.

En la línea arquitectónica los sustratos minerales son los principales a recubrir y sus características principales de estos es su porosidad y su poder absorbente, de ahí su clasificación:

- Sustratos no porosos

Entre estos se menciona la piedra, ladrillos vitrificados y lozas. Estos sustratos son de un acabado liso y generalmente no van a ser cubiertos. Pero si se tiene la necesidad de recubrirlos hay que prever problemas de adherencia.

- Sustratos porosos

Como el concreto, el hormigón, la mampostería y los empastes o masillas plásticas. Estos sustratos permiten una gradual penetración de altas cantidades de líquidos o en suspensión, al aplicar la pintura o el recubrimiento, como son la resina (ligante) y cargas finas, y así se obtiene una fuerte adherencia entre el sustrato y el recubrimiento.

### 4.2.2 Recubrimientos Arquitectónicos

Son todos los materiales que van a recubrir las paredes de las edificaciones y que tienen que cumplir diversas funciones arquitectónicas como la estética y protección de estas.

En las paredes del exterior se aplican para proteger contra influencias dañinas de la intemperie y del medio ambiente, así como también para darle un efecto estético.

En las paredes del interior, se recubren estas básicamente para darle el efecto de decorativo. También en algunos casos se recubre para respetar mejor una exigencia de higiene y limpieza (hospitales).

Se diferencian básicamente dos tipos de recubrimientos arquitectónicos:

### **Recubrimientos minerales**

Son los empastes y enlucidos acuosos a base de arcilla, yeso y cal. Estos recubrimientos se usan como preparados de las paredes para nivelar la superficie y formar el sustrato para un acabado arquitectónico final, sobre la cual va ir la pintura.

Hay que tener en cuenta que para aplicaciones en el exterior, los materiales minerales presentan una permeabilidad al vapor, y esto es un factor favorable; pero a su vez, la absorción capilar de agua es muy alta, de manera que este tipo de recubrimiento sin un tratamiento hidrórepelente, no sería recomendable para ese tipo de aplicación.

### **Recubrimientos plásticos**

Son las pinturas y recubrimientos texturizados, que contienen un ligante orgánico sintético en forma de un polímero en dispersión acuosa, llamado comúnmente resina.

En la actualidad se dispone de dos grupos importantes de resinas, que son las resinas vinílicas y las resinas acrílicas, que tienen como característica principal su alto poder ligante.

Entre las pinturas y recubrimientos texturizados la principal diferencia es la cantidad de sólidos en su formulación y por consiguiente la cantidad de material que van a dejar sobre el sustrato, luego de ser aplicados.

### **Pinturas**

Se entiende como pintura una capa de material protector y decorativo de máximo  $300 \text{ g/m}^2$  <sup>(1)</sup> de material aplicado con pincel o rodillo.

Los componentes básicos de esta pintura son las cargas, pigmentos y resina.

### **Texturas**

Es una capa de material de aproximadamente entre  $1$  a  $3 \text{ kg/m}^2$  <sup>(1)</sup> que se aplica con espátula o cualquier otro instrumento que permita hacer relieves.

#### **4.2.3 Concentración en Volumen de Pigmento (PVC)**

Las características de comportamiento de una pintura están reguladas por las relaciones volumétricas entre pigmento y resina.

Dicha relación determina propiedades tales como brillo, tiempo de secado, nivelado, viscosidad etc. Esta relación se denomina *concentración en volumen de pigmento* y se expresa por la siguiente fórmula:

$$\text{PVC en \%} = \frac{\text{Suma de los volúmenes de las cargas y de los pigmentos}}{\text{Volumen del polímero} + \text{Volumen de cargas y pigmentos}} 100\%$$

---

<sup>(1)</sup> Norma DIN 18550-1

Donde el volumen del polímero, es solamente el volumen de la resina sólida, éste más volumen de cargas y pigmentos equivale a la suma del material seco. Entonces el PVC también indica el porcentaje en volumen de pigmentos y cargas que quedan en la pintura aplicada y seca.

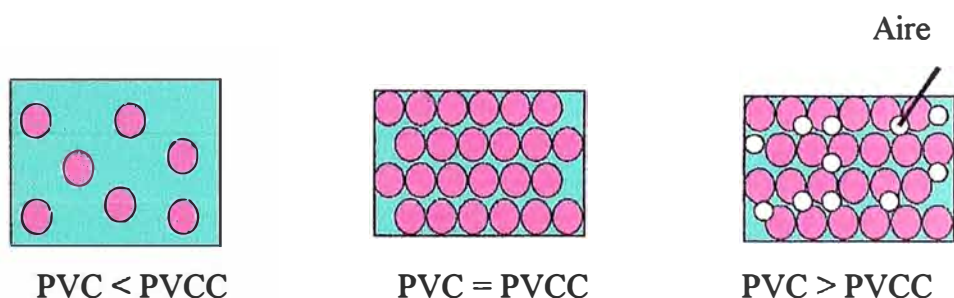
#### 4.2.4 Concentración Crítica en volumen de Pigmentos (PVCC)

Es el punto donde se encuentran los pigmentos y las cargas perfectamente compactadas y cubiertas con resina sin exceso alguno (ver figura 4.1). Definir para cada sistema el PVCC es importante porque al pasar este límite cambian abruptamente muchas propiedades de la pintura, como son, el poder cubriente, la porosidad, la tensión de la película, etc.

Valores por debajo del PVCC, significa que existe una fase continua de resina en la que están inmersos las cargas y los pigmentos (ver figura 4.1). Estas formulaciones poseen una alta cohesión entre pigmentos y cargas y son de alta impermeabilidad.

Valores por encima del PVCC, significa que la cantidad de resina no alcanza para formar una fase continua de la pintura, y en el sistema hay espacio que da cabida de aire (ver figura 4.1). Estas formulaciones son de acabado mate y de poca cohesión y son porosos.

Figura 4.1: CONCENTRACIONES CRITICAS



#### **4 2.5 Espesor de película**

Es el espesor de material que deja cualquier pintura o recubrimiento texturado al ser aplicada sobre un sustrato. Este espesor generalmente se expresa en mils, que equivale a una milésima de pulgada o en micrones ( $\mu\text{m}$ ) que equivale a una milésima de milímetro.

## CAPITULO V: MATERIAS PRIMAS

Las materias primas de una pintura son las siguientes:

- 1.- Componentes sólidos, que son uno o varios pigmentos que definen el aspecto decorativo y las cargas que forman el cuerpo de la pintura.
- 2.- El componente líquido, es el ligante plástico en forma de dispersión que tiene la función de aglomerar los componentes sólidos entre si y de adherirlos al sustrato.
- 3.- Los aditivos, sirven para la fabricación, para la aplicación y por último para dar algunas propiedades adicionales a la pintura.

### 5.1 Cargas

Son los materiales minerales inertes micronizados a diferentes mallas (M 200 – M 400 – M 600). Su composición química y sus características son de mucha importancia para las propiedades del producto final. La denominación “carga” puede sugerirnos materiales de relleno sin importancia técnica. Para evitar esta mala interpretación se ha introducido la denominación extendedores (extender).

Las cargas y los pigmentos se diferencian entre sí por su índice de refracción. Este es para las cargas menores a 1.7 (según la norma ISO 3262 e ISO 787-18) y por lo tanto su contribución al poder cubriente, especialmente al poder cubriente en húmedo, y al color del material es bajo.

Para poder definir la influencia técnica de las cargas en el producto final es básico conocer la estructura morfológica, la granulometría y la absorción en aceite de estas cargas. La suma de estos criterios define el comportamiento de un recubrimiento y con ello características como:

- \* Viscosidad y fluidez de la pintura,
- \* Formación de grietas al secado,

- \* Poder cubriente,
- \* Acabado superficial mate, satinado o brillante,
- \* Porosidad y permeabilidad al agua y al gas carbónico,
- \* Resistencia a la abrasión húmeda.

Las propiedades físicas y químicas de las cargas tienen una influencia grande en las propiedades de los recubrimientos. A continuación en la tabla 5.1 se resumirá algunas de ellas.

Tabla 5.1: CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE LAS CARGAS

<b>Características de las cargas</b>	<b>Influencia en su aplicación técnica</b>
Composición química	Inercia y compatibilidad con dispersiones, resistencia a la intemperie y a la acidez de la lluvia, resistencia a microorganismos.
Granulometría de la carga	Influye el PVC y el PVCC, la reología, consumo de dispersante, compactación y porosidad, poder cubriente, aspecto acabado, el brillo, el ensuciamiento, permeabilidad al vapor de agua.
Morfología de la partícula	Reología, consumo de dispersante, porosidad, resistencia a la intemperie y a la acidez de la lluvia.
Peso específico	Influye el PVC, el asentamiento y en los costos.
Índice de refracción	De importante influencia en el poder cubriente.
Color	Blancura y la nitidez del color de los pigmentos.
Ph	La estabilidad de la dispersión de las cargas, resistencia a microorganismos, comportamiento a la intemperie.
Dureza Mohs	Resistencia a la abrasión.

Las cargas naturales son las materias primas más abundantes dentro de la formulación de recubrimientos. Dentro de la gran diversidad de cargas predominan en primer lugar la calcita y luego el talco y el cuarzo.

Su uso masivo en la industria es por la fácil disponibilidad en cantidades grandes con una calidad homogénea y bajo costo.

En la siguiente tabla 5.2 detallaremos las principales cargas usadas en la industria de pinturas.

Tabla 5.2 LAS CARGAS NATURALES MÁS USUALES EN PINTURAS <sup>(2)</sup>

Cargas	Composición química	Formula química	Morfología	Peso Específico	Dureza Mohs
Creta	Carbonato de calcio	CaCO <sub>3</sub>	Amorfa	2.7	1.5-2.5
Calcita	Carbonato de calcio	CaCO <sub>3</sub>	nodular	2.7	3
Dolomita	Carbonato de calcio	CaMg(CO <sub>3</sub> )	nodular	2.7	3.5-4
Talco	Silicato de magnesio	.2MgO.4SiO <sub>2</sub> .Mg(OH) <sub>2</sub>	laminar	2.75	1-1.5
Cuarzo	Silice o bióxido de silicio	SiO <sub>2</sub>	nodular	2.65	7
Baritina	Sulfato de bario	BaSO <sub>4</sub>	nodular	4.25	2.5-3.5
Caolín	Silicato de aluminio	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).(SiO <sub>2</sub> ) <sub>1-2</sub>	laminar	2.6	2-2.5
Mica	Silicato de aluminio potasio y magnesio	Bastante compleja	muy laminar	2.85	2-2.5

A continuación se detallará las principales cargas utilizadas en la industria de pinturas.

### 5.1.1 Carbonato de calcio

Es la carga más usada en este campo industrial. El carbonato de calcio es un mineral muy abundante en la naturaleza que se encuentra en diferentes estructuras morfológicas.

---

<sup>(2)</sup>Hojas Técnicas de la Compañía Minera Agregados Calcárcos



Hay que diferenciar según su estructura morfológica en material amorfo denominado creta y materiales cristalinos de carácter nodular denominado calcita y mármol.

### **Creta**

La creta, también denominada tiza, es un carbonato de calcio de estructura amorfa. A diferencia del carbonato de calcio cristalino la creta tiene una dureza baja y un color generalmente amarillento.

Por su estructura amorfa y porosa tiene una alta absorción de agua y de resina. Esta característica alarga el tiempo de secado y reduce el poder ligante de la resina.

En pinturas generalmente no es conveniente usar creta. El producto tiene una importante aplicación en empastes, masillas y en algunos recubrimientos.

### **Calcita y mármol**

Es el carbonato de calcio de origen orgánico cristalizado por causa de la presión de capas geológicas. Según el grado de cristalización se habla de calcita o de mármol.

La calcita y el mármol forman partículas nodulares de una morfología rómbica. De esto se deduce un consumo reducido de dispersante, con baja viscosidad, sin efectos perjudiciales en la reología y una buena compactación. El peso específico es de 2.7. Con respecto a la blancura hay variaciones en el mercado, pero generalmente se encuentran con mayor de 90% y con un índice de refracción de 1.56 a 1.6. El pH en agua es de 9. En general, la calcita tiene buena compatibilidad con las dispersiones y buena resistencia a la intemperie.

## **Dolomita**

Es una variación del carbonato de calcio en el cual se encuentra el calcio parcialmente sustituido por magnesio. Tiene mayor dureza y por consiguiente mayor resistencia a la intemperie que la calcita. Por esta razón encuentra aplicación en productos para fachada.

### **5.1.2 Talco**

Es un material natural-hidrosilicato de magnesio de composición química  $2\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$ .

El cristal del talco se presenta como si se trata de un libro de láminas finas, donde cada página y en forma de sándwich contiene una capa de magnesio hidratado entre dos capas de sílice. Según el yacimiento se encuentran materiales con blancura de hasta de 95%. En agua presenta un pH de 7.6 y una polaridad dieléctrica por lo cual se orientan las partículas perpendicularmente entre ellas. Por eso aumentan la viscosidad y la viscosidad aparente en los materiales acuosos.

Por ser inerte y estable química y biológicamente, el talco puede ser mezclado en numerosos productos orgánicos sin degradarlos.

Dentro del balance de las cargas en pinturas y recubrimientos el talco tiene una participación importante pero siempre minoritaria. Encontramos generalmente entre 10 y 25% de talco en las fórmulas. Por sus características proporciona en pinturas acuosas los efectos siguientes:

- Control de la reología, mejorando la estabilidad y reduciendo la sedimentación.
- Aumenta la consistencia de las pinturas plásticas.
- Ofrece un alto poder cubriente y reduce la tendencia a fisuras, mejorando su lijabilidad y efecto mateante.

- Aumenta la durabilidad de las pinturas particularmente al exterior, y mejora la adherencia a sustratos lisos.
- En pinturas satinadas quiebra el brillo en forma más pronunciada que cargas nodulares.
- En pinturas de PVC bajo reduce la permeabilidad de agua, mientras que en pinturas y recubrimientos de PVC alto aumenta la porosidad y la permeabilidad al vapor de agua.

### 5.1.3 Cuarzo

En general se ofrecen harina de cuarzo y granulados. Su consumo es notablemente más reducido que el de los carbonatos.

Por su morfología nodular y resistencia química son aptos para la formulación de recubrimientos, y por su dureza los recubrimientos resistentes a la abrasión. En comparación con los carbonatos, los cuarzos presentan una reducida opacidad a los rayos ultravioleta (uv). Por eso se trata de evitarlos en pinturas para fachada.

Los granulados se utilizan para dar estructuras en los recubrimientos texturizados.

### 5.1.4 Baritina

Disponemos para la formulación de pinturas y recubrimientos de baritinas micronizadas y de baritinas sintéticas. La fórmula química del sulfato de bario es  $BaSO_4$  y su peso específico es de 4.2 a 4.4 valores que dependen de su pureza. Los cristales de baritina son nodulares rómbicos e inertes. Su resistencia química y su muy poca solubilidad en agua predestinan las baritinas para recubrimientos a la intemperie, especialmente en impermeabilizantes. Las propiedades principales de las baritinas son:

\* Índice de refracción bajo.

- \* Reflejan la radiación uv y protegen por lo tanto los productos orgánicos en el recubrimiento.

- \* Absorción de aceite extremadamente baja.

- \* pH neutro.

Hay baritinas naturales micronizadas en diferente grado de blancura (hasta de 95%) y granulometría desde 3  $\mu\text{m}$ . En las pinturas, la baritina se utiliza como un extendedor de pigmento sustituyendo una parte del dióxido de titanio y reduciendo así el costo de la formulación o como una carga funcional, por ser inerte, mejora la resistencia a los agentes atmosféricos, ácidos, etc. Al incorporar baritina como carga en las formulaciones de pintura hay que tener muy en cuenta su alto peso específico.

La baritina sintética, tiene un tamaño de partícula de 0.7  $\mu\text{m}$ , un índice de refracción de 1.64, y una blancura de aproximadamente de 98%. Es importante tener en cuenta la pureza de 99% de  $\text{BaSO}_4$ , que implica ser exento de cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), un componente muy abrasivo para los equipos de producción.

### **5.1.5 Caolín**

El caolín es un silicato de aluminio de estructura laminar flexible y de color blanco. Los caolines naturales tienen mayor poder cubriente que el talco. El carácter laminar es más pronunciado que el talco. Sirven para estabilizar la distribución de pigmentos y se utiliza para matear.

### **5.1.6 Mica**

Es un mineral natural compuesto básicamente de silicato de potasio y de aluminio, de estructura muy laminar, flexible y

microscópicamente transparente. El mineral es de alta resistencia a la intemperie y de buena resistencia a la abrasión.

Por su estructura laminar y flexible es una excelente carga para evitar grietas. Su aplicación es muy indicada para pinturas y recubrimientos texturados de fachada.

## **5.2 Pigmentos**

Pigmentos son sustancias finas cristalinas con índice de refracción mayor a 1.7, de un color definido, cuyo uso está orientado a definir el tono de color del producto terminado. Los pigmentos minerales son, según su importancia en la industria de pinturas: el dióxido de titanio, los óxidos de hierro micronizados. Para completar la gama de colores se introducen pigmentos orgánicos especialmente el color azul. Al evaluar pigmentos orgánicos hay que tener en cuenta su estabilidad en el sistema que se usa.

### **5.2.1 Dióxido de titanio**

En la industria de pinturas predomina ampliamente el color blanco. En menor escala se aplican recubrimientos de colores pastel y muy escasamente se aplican colores intensos o pinturas de tono lleno.

El bióxido de titanio, popularizado como dióxido de titanio, es un producto de gran consumo en la industria de pinturas y por su costo, de un factor importante en las formulaciones, es el clásico pigmento blanco hasta hoy insuperable y sin sustitución en sus propiedades de pigmento.

Por su morfología diferenciamos dos tipos del pigmento dióxido de titanio:

### **Anatasa**

Es de una morfología, menos densa que el rutilo, con un índice de refracción de solo 2.55. Además su reactividad fotoquímica es notablemente mayor que la del rutilo, por lo que se descarta su uso en fachadas. En interiores puede ser usada, pero generalmente conviene aprovechar el mayor poder cubriente del pigmento rutilo.

### **Rutilo**

Es el pigmento blanco preferido en la industria de recubrimientos por su alto índice de refracción de 2.75 y, por lo tanto tiene un excelente poder cubriente en seco y en húmedo. En general, el dióxido de titanio es un material inerte y de muy alta estabilidad a la intemperie.

El titanio posee una reactividad fotoquímica de importancia por medio de la cual los rayos de luz solar (los rayos uv) en un ambiente húmedo producen un cambio del  $O_2$  al ozono  $O_3$ , aumentando fuerte el poder oxidante, degradando a los polímeros de la resina y produciendo tizado, así como atacando los pigmentos orgánicos. Para reducir esto la industria de pigmentos las provee con un tratamiento superficial que consiste en recubrir la partícula del dióxido de titanio para uso exterior con  $ZrO_2$  y  $Al_2O_3$ , reduciendo así la actividad dañina.

Para uso en interiores este efecto no es de mayor importancia. Para interiores se recubre el dióxido de titanio con  $SiO_2$ , con lo cual se disminuye el contenido del  $TiO_2$  y se bajan los costos de la materia prima. Con este recubrimiento se obtiene un mayor rendimiento del pigmento, dado que se obtiene una partícula más grande en la cual el  $SiO_2$ , sirve de distanciador entre las partículas el pigmento.

## Dióxido de titanio en pinturas

Las dos funciones primordiales del dióxido de titanio en pinturas son el destacar la tonalidad blanca de la pinturas y el de proveerlas con un poder cubriente, especialmente durante su aplicación.

El *poder cubriente* de un sistema aumenta con la diferencia entre los índice de refracción de los componentes.

Mientras se aplica una pintura al agua tenemos el sistema húmedo en el cual el poder cubriente se define por:

*agua/dióxido de titanio* con los índice de refracción 1.33/2.70 (con una diferencia importante de 1.37), y

*agua/carga* con un valores de 1.33/1.4 a 1.6 (con una diferencia sólo de 0.07 a 0.27).

Es decir, que el poder cubriente de las pinturas en el momento de aplicación solamente se define por el índice de refracción del dióxido de titanio en diferencia al índice de refracción del agua, mientras que en contacto con agua las cargas no aportan poder cubriente.

Una vez que seca la pintura remplazamos agua por aire y encontramos la siguiente situación:

*Aire/dióxido de titanio* con valores 1.0/2.7 (con la diferencia de 1.7).

*Aire/carga* con valores de 1.0/1.4 a 1.6 (con la diferencia de 0.4 a 0.6).

Esto significa que el poder cubriente es más pronunciado en la pintura seca que en la pintura húmeda. Este efecto se conoce como poder cubriente en seco (*dry-hiding*) al cual aporta no solo el dióxido de titanio sino también las cargas.

Otro importante criterio del pigmento es su granulometría, define la intensidad de reflectancia de la luz y con ella su blancura. Para el dióxido de titanio el valor óptimo está entre 0.2 y 0.4  $\mu\text{m}$ . Aglomeraciones de pigmentos reducen notablemente el grado de reflectancia, de ahí la importancia de usar dispersantes eficientes y

de cargas apropiadas para estabilizar la dispersión de dióxido de titanio.

Es también importante tener en cuenta el alto peso específico del dióxido de titanio, que en el caso de rutilo puro tiene un valor de 4.2 y que según su tratamiento superficial puede disminuir a 3.6. Por esto tiene el dióxido de titanio poca influencia en PVC de pinturas y por lo tanto aumenta su influencia en el costo.

### **5.2.2 Óxido de zinc**

Su ingrediente básico es el ZnO, y se produce por una oxidación del metal de zinc (proceso francés) o directamente del mineral (proceso americano).

Se obtienen diferentes tipos que difieren en color, tamaño de partícula, forma y absorción de aceite. El tamaño de partícula con el máximo poder cubriente e intensidad es de 0.2-0.3  $\mu\text{m}$  que tiene un índice de refracción de 2.03.

En cantidades limitadas de óxido de zinc con el dióxido de titanio brinda propiedades convenientes como:

- Reduce la decoloración y el amarillento en pinturas blancas.

- Absorbe los rayos uv y reduce la actividad fotoquímica del titanio, previniendo la degradación de la pintura.

- Actúa como fungicida, minimizando la contaminación con hongos en zonas húmedas.

En conclusión el óxido de zinc se debe usar como un aditivo y no como un pigmento principal.



### 5.3 Resinas

Resinas o ligantes plásticos en dispersión. Para el mercado de recubrimientos se utilizan las dispersiones de homopolímeros vinílicos, copolímeros vinílicos y los copolímeros acrílicos.

Las dispersiones copian el principio del látex natural, en el cual un polímero de isopropeno se encuentra emulsionado en agua.

En el caso de dispersiones plásticas, se trata de polímeros sintéticos que están dispersos en gotas microscópicas y estabilizadas por coloides protectores o emulsionantes.

- Dispersiones con coloides protector

El coloide protector es una macromolécula soluble en agua formando un gel que le proporciona a la dispersión la estabilidad coloidal. Los más usuales son los derivados sintéticos de la celulosa y sintéticos como el alcohol polivinílicos. Estos geles estabilizan las partículas de polímero que son generalmente a base de un homopolímero o un copolímero de acetato de vinilo. Los coloides protectores estabilizan las dispersiones contra electrolitos y les proporcionan un tiempo abierto (open time) a los productos. Pero también la solubilidad en agua de los coloides protectores es una propiedad que perdura en el proceso de filmación y se le transfiere a los productos fabricados con ellos. Otro inconveniente del coloide protector es que su hidrofilia permanece en la dispersión y se le transfiere a los recubrimientos arquitectónicos. Esto ha sido superado por dispersiones con emulsionantes.

- Dispersiones con emulsionantes

Los emulsionantes son el sistema estándar que se emplea para las dispersiones acrílicas y en las dispersiones vinílicas modernas.

Emulsionantes son tensoactivos productos orgánicos con un final hidrofílicos y un final hidrofóbicos en la molécula. En general, se compone el sistema de un emulsionante aniónico con otro no iónico. Un importante grupo de emulsionantes muy usados y eficaces son el tipo alquifenoletoxilados llamados APEO están siendo sustituidos por haberse detectado su toxicidad en el sistema ecológico.

Las dispersiones estabilizadas con emulsiones son relativamente sensibles a electrolitos de valencia 2 y 3, como por ejemplo las sales de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$  que se encuentran en cargas contaminadas. Los emulsionantes también son responsables por la sensibilidad de las dispersiones a los ácidos.

Durante el proceso de secado y filmación del polímero se separan los emulsionantes del polímero, quedando atrapados en el film del producto terminado. Estos emulsionantes dan una hidrofilia inicial al recubrimiento pero son extraídos al rehumectarse los productos. El agua transporta los emulsionantes a la superficie y el recubrimiento aumenta su carácter hidrofóbico.

Solamente en escasas situaciones climáticas adversas puede conducir esta extracción conjunta con la de los espesantes a la mancha de caracol, que es la deposición transparente, brillante, de los productos extraídos sobre la huella que deja la gota de agua que los extrajo de la pintura sobre el sustrato.

Las emulsiones son responsables por la inconveniente tendencia de las dispersiones a formar espuma. Para contrarrestarla se dispone de numerosos antiespumantes y su uso es indispensable.

### **5.3.1 Los monómeros más usados en la fabricación de resinas.**

El tipo de monómero que componen los polímeros y su participación porcentual definen en gran parte las propiedades de las resinas. La estructura básica de los polímeros para pinturas, parte de la

combinación de un monómero rígido y un monómero blando para obtener una dureza definida del polímero.

El monómero se considera blando o rígido según la temperatura de transición vítrea  $T_G$  (La definición de  $T_G$ , se encuentra en el capítulo 8.2.1).

Los valores más usuales de  $T_G$ , de los monómeros blandos y rígidos son:

La temperatura de transición de homopolímeros	
Homopolímero de:	$T_G$ en °C
Estireno	+ 107
Metilmetacrilato	+ 105
Acetato de vinilo	+ 42
Acrilato de n-butilo	- 43
Acrilato de 2-Etilhexilo	- 53

A continuación indicaremos los monómeros más usados en la fabricación de las resinas.

### **Acetato de vinilo**



Se utiliza solo en la fabricación de homopolímeros PVA muy conocidos, como la cola blanca para trabajos de madera. El film o la película seca de dispersiones PVA se caracteriza por la dureza, por una alta absorción de agua de hasta 100% si se sumerge 24 horas y por su baja resistencia a la alcalinidad, formando en un proceso de saponificación el alcohol polivinílico que es soluble en agua.

En dispersiones plásticas los copolímeros de PVA se encuentran preferentemente combinados con ésteres del ácido acrílicos y con VeoVa.

Dependiendo de la magnitud volumétrica del segundo monómero se mejoran la resistencia a la saponificación y se reduce la absorción de agua.

### **Monómeros acrílicos y metacrílicos**

*Ésteres de los ácidos acrílico  $H_2C=CH-CO-OR$*

*y metacrílico  $H_2C=C(CH_3)-CO-OR$*

Son ésteres de los ácidos acrílicos y metacrílicos, se usan en pequeños porcentajes como monómeros auxiliares en casi todas las dispersiones. Tienen la función de estabilizar y proteger la dispersión contra fuerzas de cizallamiento durante su manipulación.

Los ésteres de los ácidos acrílicos, tienen una participación muy importante en la composición de dispersiones plásticas por presentar una gran variación y por tener propiedades muy apropiadas. Los ésteres más usuales son ésteres de ácido acrílico con alcohol n-butilo (acrilato de n-butilo) y con 2- etilhexilalcohol (acrilato de 2-etilhexilo).

Estos monómeros forman la base de las dispersiones acrílicas. Combinándose ésteres acrílicos entre sí o en combinación con ésteres metacrílicos se obtienen las llamadas dispersiones acrílicas puras. Combinación de ésteres acrílicos con estireno son dispersiones acrílicas estirenadas.

Los monómeros acrílicos otorgan en general al film del polímero una resistencia a la saponificación, reduciendo la sensibilidad al agua y una resistencia a la intemperie.

### **Estireno**

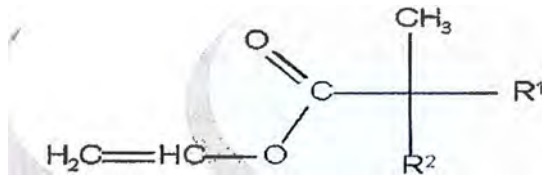


El monómero de estireno, en combinación con monómeros acrílicos, es un componente importante en las dispersiones para pinturas

plásticas, El estireno es el que otorga al polímero su rigidez y evita la pegajosidad bajo presión (resistencia al blocking) y su fuerte poder ligante, así como su alta resistencia al agua. El monómero y los polímeros derivados del estireno son muy resistentes a la saponificación y contribuyen esencialmente al brillo de la superficie de los productos terminados.

Los polímeros con estireno tienen tendencia a descomponerse con los rayos uv, amarillan y pierden el poder ligante ocasionando un tizado de los recubrimientos.

### Veova



R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> contienen grupos alquilo

Es otro monómero importante basado en éster vinílicos de diferentes ácidos versáticos (ácidos orgánicos de cadena larga ramificada). Se caracteriza por una alta resistencia a la saponificación y alta hidrofobia.

## 5.4 Aditivos

Los aditivos son tan indispensables en la formulación de recubrimientos, cumplen una función específica y son las que intervienen en menor cantidad en la formulación. Los más importantes son:

- humectantes y dispersantes,
- espesantes y modificadores de reología,
- disolventes y coalescentes,

agentes de neutralización,  
antiespumantes,  
biocidas,  
otros aditivos:

- inhibidores de la corrosión,
- metales reticulantes,
- absorbedores de uv,
- blanqueadores ópticos,

#### **5.4.1 Humectantes y dispersantes**

La función de humectantes y dispersantes en la formulación de recubrimientos consiste en incorporar las cargas y los pigmentos en el sistema acuoso, optimizar la dispersión y estabilizarla. Los productos de uso masivo en la industria son los fosfatos y los poliacrilatos.

A diferencia de emulsionantes y otros tensoactivos y surfactantes es importante que los humectantes y dispersantes a utilizar no tengan influencia en la tensión superficial del sistema, y como consecuencia no sean perjudiciales, con la tendencia a la formación de espuma.

##### **5.4.1.1 Fosfatos**

Para humectar eficazmente las cargas se utilizan principalmente sales de sodio o potasio de oligómeros del ácido fosfórico que usualmente se abrevia como polifosfato.

Los fosfatos son productos que se derivan por condensación de las sales del ácido ortofosfórico  $H_3PO_4$ . Las cadenas que así se forman se denominan oligómeros.

En general, los oligómeros del ácido fosfórico tienen la tendencia a saponificar en el medio alcalino de la pintura y reducirse hasta monofosfato, perdiendo su contribución de estabilizante y corriendo el peligro de formar sales cristalinas de fosfato de calcio.

Por eso es recomendable emplear el polifosfato de sodio de cadena media.

Una importante propiedad de los polifosfatos entra en función al fabricar recubrimientos con aguas duras. Las sales de metales alcalino-térreos tienen una acción negativa a la estabilidad de las dispersiones (resina), especialmente a las dispersiones estabilizadas con emulsionantes.

Las sales más frecuentes en aguas duras son sales de calcio, magnesio, hierro y aluminio. Los polifosfatos forman con estos iones complejos firmes y los secuestran del sistema acuoso, evitando así su influencia negativa. Para cumplir con este efecto basta de un 0.03 a 0.1% en peso del polifosfato en relación al peso de cargas y pigmentos.

#### **5.4.1.2 Dispersantes Acrílicos**

Los dispersantes más convenientes son la sal sódica y la sal amoniacal de un poliacrilato como lo ofrecen muchos proveedores. Los poliacrilatos estabilizan la dispersión de cargas y pigmentos por su carga electrostática negativa y por su recubrición estereométrica. Es conveniente evitar un exceso de dispersante porque puede producir la mancha del caracol en fachadas y reducir la resistencia al frote en húmedo en pinturas de interior.

El peso molecular de los dispersantes acrílicos es una característica de importancia para definir sus propiedades.

En cadenas muy cortas con peso molecular pequeño predomina el carácter emulsionante. En cadenas más largas de las convenientes predomina el carácter de coloide protector, y creciendo aun más el peso molecular del polímero se obtienen los espesantes acrílicos.

Los dispersantes acrílicos se suelen neutralizar con amoníaco o con sodio. En la práctica se dará preferencia a la sal amoniacal, porque al secar los recubrimientos se evapora el amoníaco, quedando como residuo el poliacrilato ácido, que es menos susceptible al agua que las sales y que a su vez puede acomplejar el calcio libre en el sistema. Los productos sódicos contribuyen con el sodio a una pronunciada hidrofilia.

La dosificación de dispersantes acrílicos esta orientada a la suma de los índices de aceite de los productos a dispersar. En general, usaremos aproximadamente un 0.2% de dispersante con relación al peso de cargas y pigmentos.

Un sistema de dispersante muy eficiente en recubrimientos es la combinación de: 0.05 partes en peso de polifosfato de sodio y 0.2 partes en peso de dispersante poliacrílico de amonio.

#### **5.4.2 Espesantes o Modificadores Reológicos**

Estos aditivos no solamente aumentan la viscosidad del sistema, sino modifican el perfil reológico de estas. Es decir la variación de la viscosidad según el grado de cizallamiento a que estén sometidas.

A continuación presentaremos los sistemas de espesantes más usuales.



#### 5.4.2.1 Espesantes celulósicos

Se obtienen a partir de la celulosa gracias a una reacción química controlada con diversos agentes químicos.

En la industria de recubrimientos encontramos en uso una serie de espesantes celulósicos como:

- Hidroxietilcelulosa	HEC
- Metilcelulosa	MC
- Metilhidroxietilcelulosa	MHEC
- Metilhidroxipropilcelulosa	MHPC
- Hidroxipropilcelulosa	HPC
- Carboximetilcelulosa	CMC

#### **Hidroxietilcelulosa**

HEC es el que en el mercado predomina. Son productos de buena solubilidad en agua fría y caliente. HEC destaca por su hidrofilia que brinda a diferencia de los otros derivados de la celulosa. Las ventajas que ofrece el Cellosize HEC son:

- Alta eficiencia en el almacenamiento.
- Bajo contenido de no solubles o de fibras en suspensión.
- Naturaleza no iónica.
- Facilidad de disolución.
- Excelente desarrollo y aceptación de colores.
- Uniformidad de producción.
- Excelente compatibilidad química.
- Alta resistencia a la abrasión húmeda.

Algunos productos son tratados especialmente y presentan una solubilidad retardada de hasta 10 minutos, de manera

que evitan la formación de grumos insolubles muy indeseables en el proceso de fabricación. Para optimizar la solubilidad, se ajusta el pH y/o se aumenta ligeramente la temperatura del agua.

#### 5.4.2.2 Espesantes acrílicos

Los espesantes acrílicos son dispersiones ácidas de copolímeros acrílicos y metacrilatos con un alto porcentaje de monómeros ácidos. Al aumentar el pH y cambiar el medio ácido en un medio alcalino el polímero en la mezcla de la dispersión se hincha y se disuelve en agua desarrollando un gel con fuerte poder de espesamiento. Esta propiedad es intrínseca y reversible, por lo que estos espesantes confieren una permanente susceptibilidad al agua, de manera que se usará en pequeñas cantidades y preferentemente en aplicaciones de interior.

#### 5.4.2.3 Espesantes asociativos acrílicos y poliacrílicos

Estos espesantes asociativos llamados asociativos han ampliado notablemente las posibilidades para ajustar la reología de sistemas acuosos. Por acción de los espesantes asociativos se puede controlar precisamente la viscosidad del sistema en los diferentes rangos de cizalla.

Los espesantes asociativos se componen de un polímero sintético hidrofílico de estructura lineal o ramificada soluble en agua en el cual una cantidad definida de unidades terminan con un grupo hidrofóbico y lipofílico.

El polímero puede ser un poliuretano etoxilado, un poliacrilato aniónico, un poliéster o una celulosa modificada hidrofóbicamente.

Este efecto espesante es complejo y variable en toda la escala de cizalla que esté expuesto el material, por eso hablamos de modificadores de reología. Por eso es importante entender el mecanismo de espesamiento para tener la reología deseada.

Estos espesantes se caracterizan básicamente por la interacción de grupos hidrofóbicos entre sí y con los otros componentes del sistema. De aquí el nombre genérico de espesantes asociativos.

Las interacciones moleculares las agrupamos:

- Por agrupaciones de los grupos hidrofóbicos del espesante entre sí, se forma una red que abarca toda la fase acuosa y genera un espesamiento pseudoplástico bastante resistente a la cizalla y aumentando el límite de fluidez.
- Por su asociación muy fuerte entre los grupos hidrofóbicos del espesante con las partículas de dispersión se incorporan y fijan estas partículas de polímero en la red del espesante y homogeniza la mezcla de las emulsiones.
- La asociación del espesante con otros componentes del sistema como son las cargas y pigmentos incrementan aunque en menor escala el efecto del espesante y disminuye el cizallamiento.
- Disolventes y electrolitos disminuyen la tendencia hidrofóbica de los grupos terminales e influyen la fuerza de espesamiento en el sistema.

### 5.4.3 Disolventes

Los disolventes cumplen una función importante en la formulación de recubrimiento y su comportamiento depende de su presión de volatilidad, su carácter hidrofílico y su miscibilidad con agua. Los disolventes más usuales en las formulaciones de pinturas se clasifican en tres grupos:

- **Disolventes Coalescentes**

Son aditivos indispensables para la formación de película de dispersiones con una temperatura mínima de formación de película mayor a la temperatura ambiente (TMFP). Los coalescentes son disolventes orgánicos hidrofóbicos que separan la fase acuosa de la fase orgánica de la dispersión y plastifican parcialmente al polímero. Se les conoce también como plastificantes temporales, porque se evaporan a corto plazo después del secado de las dispersiones. Los principales coalescentes son: butilglicol, butildiglicol, aguarráz, etc.

- **Disolventes no Coalescentes**

Son disolventes de un pronunciado carácter hidrofílico que los obliga a quedar en la fase acuosa, aumentando el tiempo abierto (open time) del recubrimiento. Los principales disolventes no coalescentes son: etilenglicol, propilenglicol etc.

- **Disolventes Plastificantes**

Al igual que los disolventes coalescentes bajan la TMFP de las dispersiones, pero tienden a quedarse atrapados en el polímero por meses y años, modificando la dureza en forma permanente de la resina. Otro inconveniente es que aumentan la tendencia a fijar la suciedad en las pinturas. Su empleo de estos disolventes esta limitada a usos muy específicos. Los representantes típicos de estos disolventes son: dibutilftalato, dioctilftalato, etc.

Según la norma Eco Label para Europa, define a los coalescentes como disolventes con un punto de ebullición menor a 250°C; y como plastificantes a disolventes con punto de ebullición mayores a 250°C.

#### 5.4.3.1 Influencia de los disolventes en la pintura

Las principales propiedades que aportan los disolventes son las siguientes:

- *Influyen en el tiempo de secado de un recubrimiento*

Disolventes hidrofílicos, ascienden a la superficie del recubrimiento durante la aplicación y reducen la velocidad de evaporación del agua, prolongando el open time del recubrimiento.

- *Evitan la formación de piel durante el secado*

Es un efecto similar pero más pronunciado que el descrito anteriormente. Para evitar un secado superficial se incorporan disolventes pesados miscibles con agua.

- *Favorecen un secado parejo desde el interior hacia la superficie del recubrimiento*

Este efecto es la consecuencia del anterior: evitando un secado superficial con disolventes miscibles en agua se logran un secado parejo desde abajo hacia arriba, dejando tiempo a los componentes para que se acomoden en la estructura prevista.

- *Evitan formación de fisuras en pinturas de capas gruesas y enlucidos.*

Los disolventes coalescentes hacen de los polímeros más dóciles evitando tensiones durante el proceso de formación de película y así se evita fisuras y grietas en capas gruesas.

Las fisuras y grietas se presentan en el recubrimiento de capa gruesa, donde se seca muy rápido o si se seca formando película superficial y queda el agua atrapada en el interior. Para evitar estos percances se usan disolventes hidrofílicos, que retardan el secado, como se ha explicado en los párrafos anteriores.

#### **5.4.4 Agentes de neutralización**

Todo recubrimiento se debe neutralizar y ajustar el pH a un medio alcalino, para ello se utiliza una base fuerte como; amoníaco, aminas, hidróxido de sodio.

La necesidad de esto es por las siguientes ventajas:

- El látex tiene una mayor estabilidad.
- La hidratación de la celulosa es mejor, lo cual permite un mayor desarrollo de la viscosidad.
- Previene el crecimiento de hongos y mohos.

#### **5.4.5 Antiespumantes**

La formación de espumas en la fabricación, en la manipulación y en la aplicación de recubrimientos plásticos es un efecto indeseado y perjudicial. Demora la producción, dificulta el envasado y provoca irregularidades en el acabado.

La formación de espuma es un inconveniente inevitable en trabajos con recubrimientos plásticos. Se origina principalmente por efecto de los tensoactivos, los humectantes y dispersantes en el proceso de fabricación, especialmente al dispersar las cargas y el dióxido de titanio. Las dispersiones de polímeros contribuyen con sus tensoactivos a la producción de espumas.

La espuma es una burbuja macroscópica no presenta mayor problema y es fácil de deshacer. Más problema presenta la microespuma que se forma en el dispersador de alta velocidad, por ser muy estable.

Pero también durante la aplicación de rodillo o con pistola se produce una espuma fina no muy estable, para lo cual se emplean antiespumantes apropiados. Generalmente son antiespumantes minerales con un toque de silicona para evitar efectos indeseados sobre la superficie del acabado, tales como la formación de cráteres y ojos de pez.

- La química de los antiespumantes

La química de los antiespumantes es muy diversa y se formulan partiendo de múltiples conceptos. En general tienen una acción fuerte y directa sobre la tensión superficial del agua y sobre las burbujas de aire, correctamente, sobre la interfase de aire/líquido que rodea las burbujas y que está formada por los tensoactivos.

- Clases de antiespumantes

Según su composición se diferencian en antiespumantes minerales y ácido grasos de un costo reducido, pero no muy eficientes. Antiespumantes de aceites de silicona y de productos compuestos por hidrocarburos fluorados por su tensión superficial muy baja con una propiedad antiespumante óptima.

Dentro de los antiespumantes siliconados se distinguen unos con poca silicona, de mejor compatibilidad en sistemas acuosos, y otros de fuerte composición de silicona, con una propiedad antiespumante muy eficaz.

- **Métodos de uso**

Ya que los antiespumantes no son solubles en agua y requieren de una distribución microscópica para desarrollar su eficacia, es importante definir el momento oportuno para su dosificación.

Los antiespumantes de fuerte composición de silicona se emplean para destruir la espuma formada por el dispersador de alta velocidad (cowles) y para prevenir la formación de nueva espuma bajo la fuerte cizalla del cowles. Para tal efecto se agregan antes de las cargas finas en la premezcla de productos líquidos. Dado que el proceso de dispersión de cargas estos antiespumante se gastan, trabajando de esta forma se evita que en el producto acabado se presenten cráteres y ojos de pez típicos para este tipo de antiespumantes.

Los antiespumantes con poca silicona son muy útiles para liberar el aire atrapado del sistema acuoso y facilitar que la espuma que se produce nuevamente durante el bombeo, el envase o durante la aplicación llegue a la superficie y se destruya. Este tipo de antiespumante se dosifica al final del proceso.

#### **5.4.6 Biocidas**

La mayoría de productos modernos en base acuosa contienen muchos de los componentes esenciales para la vida microbiana, y por ello, un amplio rango de formulaciones industriales en base acuosa requiere protección contra la contaminación y el deterioro provocado por los microorganismos.

Las pinturas plásticas son uno de los productos susceptibles de sufrir contaminación pues proporcionan condiciones ideales para el crecimiento de bacterias y hongos debido a las materias primas que contienen y a la manera en que se fabrican y son utilizados. Los efectos que el crecimiento microbiano puede ejercer en una pintura son varios, entre los que destacamos principalmente pérdida de



viscosidad, cambios de pH, formación de gases, malos olores, decoloración y crecimiento visible en superficie.

El amplio rango de microorganismos encontrados en formulaciones acuosas determina la utilización de una gran variedad de conservantes o biocidas. Sin embargo, muchos biocidas son menos efectivos contra hongos que contra bacterias y viceversa y, por tanto, es importante asegurar que las recomendaciones que los fabricantes de biocidas den a sus clientes estén basadas en resultados reales mediante pruebas industriales. Sin embargo existe actualmente un grupo de biocidas considerados como los más efectivos para la protección en envase, y estos son los productos basados en la estructura de la isotiazolin-3-ona.

Para la protección en film de pinturas de exterior contra una contaminación por hongos y/o algas, se dispone en el mercado de una serie de productos apropiados y autorizados para tal aplicación. Su dosificación debe ser adecuada y los productos deben presentar una muy baja solubilidad al agua, resistencia a los rayos uv y a la alcalinidad de los recubrimientos, para permanecer en la película y garantizar una eficacia prolongada. Debido a las propiedades especiales requeridas para la protección de recubrimientos exteriores contra la contaminación por hongos y algas, la combinación de biocidas más efectiva para esta aplicación frecuentemente es la de al menos dos sustancias. Los biocidas más usuales para este tipo de protección son los octilisotiazolona, como fungicida, y derivados de triazina como alguicida.

## CAPITULO VI: PROCESO DE FABRICACION

Todas las pinturas látex son formuladas primero en el laboratorio, donde se hacen las respectivas evaluaciones técnicas y económicas, luego son llevados a nivel de planta.

### 6.1 Equipos

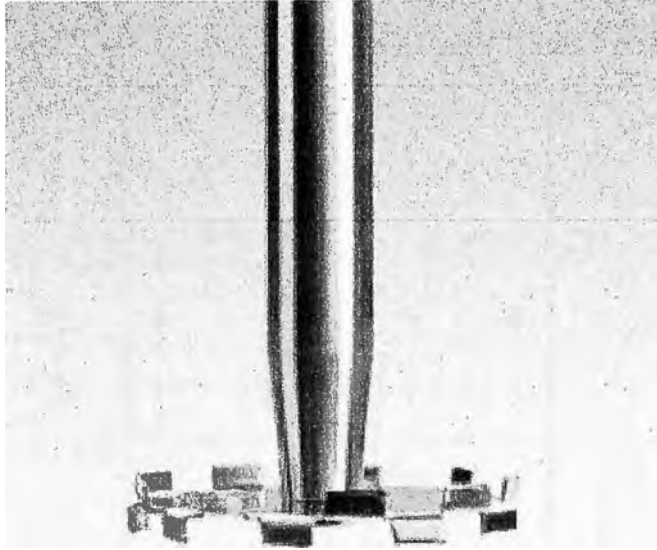
En la fabricación de pinturas látex se utilizan los dispersadores o agitadores de alta velocidad, tipo cowles. El uso de estos equipos es principalmente por dos factores:

- La presencia en el mercado de pigmentos de alta calidad, micronizados o con tratamiento de superficie que no necesitan de un molino para obtener sus partículas primarias.
- La facilidad de obtener productos terminados en una sola operación, ya que estos equipos pueden premezclar y dispersar a la vez.

Estos equipos constan de un disco dispersor de alta velocidad de estructura circular, cuyos bordes tienen forma de dientes de cierre, sostenido por un eje vertical, centrado dentro de un “batch” de forma cilíndrica. El diseño clásico presenta dientes doblados alternados hacia arriba y hacia abajo y a 90°. Como se muestra en la figura 6.1.

Los dientes no tienen filo y contrariamente a la primera impresión, estos no realizan la dispersión de los pigmentos, sino esta es hecha por la superficie del disco; por el rápido cambio de dirección y la acción de corte, tomando la pasta de pintura violentamente desde el centro del vórtice hasta los extremos, donde el movimiento de la pasta es más lenta. Esto da origen a la formación de fuertes fricciones del material con material, las cuales producen una verdadera dispersión hidráulica.

Figura 6.1: DISCO DISPERSOR



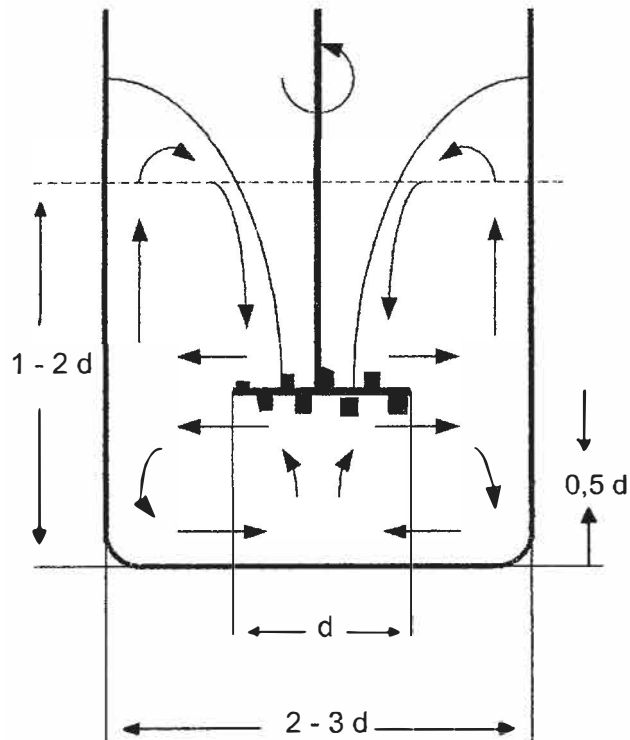
### 6.1.1 Tamaño, posición del dispersor

El diseño del equipo está directamente relacionado con las características del dispersor. Su ubicación en el tanque de agitación, las medidas geométricas del cilindro, la distancia dispersor-paredes, dispersor-fondo y altura máxima y mínima del dispersor, se calcula en función del diámetro  $D$  del dispersor. Se recomienda las siguientes relaciones:

- El diámetro del disco agitador debe ser aproximadamente,  $1/2$  a  $1/3$  del diámetro del recipiente.
- La distancia entre el disco agitador y el fondo del recipiente debe ser la  $1/2$  a  $1/3$  del tamaño del diámetro del agitador.
- La altura del llenado debe estar entre 1 a 2 veces el diámetro del agitador.

Tal como se muestra en la figura 6.2

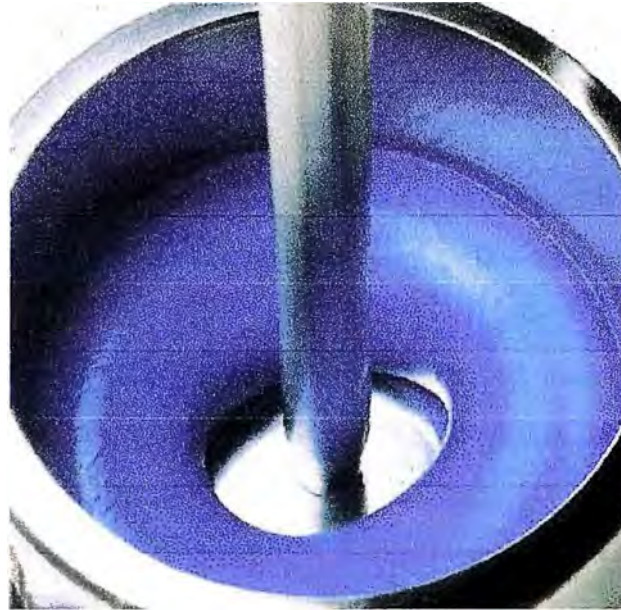
Figura 6.2: PROCESO DE DISPERSIÓN



Si se trabaja con estas medidas se va conseguir una operación correcta, produciéndose una circulación en forma de rosca, sin que se produzcan salpicaduras ni burbujas y con la formación de un vórtice en cuyo centro debe ser visible parte de la zona plana del dispersor sujeta al eje como se muestra en la figura 6.3.

Otras recomendaciones es que el “batch” debe estar libre de baffles y ángulos muertos, con el fondo cóncavo y cantos biselados.

Figura 6.3: FORMACIÓN DEL VÓRTICE



### 6.1.2 Velocidad del dispersor

Experimentalmente se ha demostrado que la velocidad periférica para conseguir una óptima dispersión es de 4000 a 5000 pies/min o su equivalencia de 1200 a 1500 m/min.

Las RPM que debe transmitir el motor también está en función del diámetro del dispersor por la siguiente fórmula:

$$\text{RPM} = \frac{V_p}{3.14 \times D}$$

$V_p$  = velocidad periférica en m/min

$D$  = Diámetro del dispersor en m

### 6.2 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación de pinturas látex se divide básicamente en tres etapas y el control estricto de cada una de éstas es la clave para obtener un producto de óptima calidad.

La primera etapa es la preparación de solución dispersante, la segunda etapa es la dispersión de los pigmentos y la tercera etapa es el completado o reducción.

Para preparar la solución dispersante se utiliza agua donde se agrega los aditivos dispersantes, humectante, biocidas y la mitad de la dosificación del antiespumante; todos estos ingredientes se mezclan a baja velocidad por unos cinco minutos.

Para la segunda etapa se utiliza el dispersador con alta velocidad periférica donde se incorporan las cargas y pigmentos por orden de absorción de agua, de la más alta a la más baja. Luego de asegurarnos que todo se haya dispersado adecuadamente se agrega el espesante, el cual forma aglomerados de pigmentos, espesante y agua. Es aquí que parte del agua de la pasta de molienda emigra para disolver el espesante, por lo que se debe también dispersar hasta conseguir una pasta homogénea y con la fineza requerida. Seguidamente se agrega el regulador de pH y la otra parte del antiespumante. Con esto se termina la segunda etapa.

La tercera etapa se realiza a baja velocidad y puede hacerse en el mismo equipo, o puede evacuarse la pasta de molienda a otro equipo dispersador o mezclador donde se realiza el completado del lote.

Aquí se agregan los agentes coalescentes que se incorporan bien antes de agregar la resina látex, el cual es el último componente en agregar, y con esto la pintura esta lista para la etapa del matizado o igualación del color a un estándar establecido, esto se logra utilizando pastas concentradas de color que van a dar el toque final para que la pintura tenga el tono deseado. En esta etapa no se deben producir altos esfuerzos de corte porque comprometen la estabilidad mecánica de la resina.

## **CAPITULO VII: PRUEBAS DE LABORATORIO**

En todo desarrollo de una pintura se necesita confirmar las propiedades finales de esta. Para ello se realizan diferentes análisis o pruebas, que a continuación se detallarán. También indicaremos los ensayos principales que se deben realizar a la resina. Todas estas normas en su mayoría están establecidas según la ASTM (American Society for Testing and Materials), o la ISO (Internacional Organization for Standartization).

### **7.1 Prueba de la pintura**

#### **7.1.1 Prueba en líquido**

Estas pruebas que se realizan a las pinturas se refieren a aquellas que se toman al producto en sí, antes que sean aplicados sobre una superficie y formen un film.

##### **7.1.1.1 Peso por galón**

Más que una prueba es una medida de control que se le hace a la pintura en el laboratorio, te determina si existen fallas en la composición de la pintura y a la vez te indica los rangos de envasado al final en la planta de producción, de tal forma que se asegure una calidad y cantidad constante. La forma como se realiza esta medición se encuentra definida en la norma ASTM D1475-85.

Figura 7.1: PICNÓMETROS



Foto de <http://www.byk-gardner.com>

### 7.1.1.2 Viscosidad

La viscosidad equivale a la inercia que presenta un líquido a una fuerza externa de cizallamiento. Para las pinturas látex, estos valores dependen del equipo usado, pero los generalizados son el viscosímetro Stomer, cuyos resultados se expresan en unidades Krebbs (KU), y el viscosímetro ICI tipo cono y plato, cuyos resultados se expresan en centipoises. Ambos miden las viscosidades de la pintura pero en situaciones diferentes, el primero nos brinda datos de cómo se va a comportar la pintura, cuando una vez aplicada empieza a formar película (cizallamiento bajo), mientras el segundo indica como se comportará la pintura durante la aplicación (cizallamiento alto).

Solo para las pinturas látex la viscosidad de presentación o venta esta normada a un rango de 90-110 KU (Norma Indecopi 318-216).



Figura 7.2: VISCOSÍMETRO STORNER DIGITAL

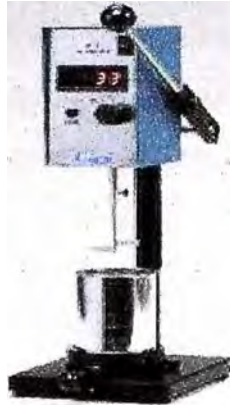


Figura 7.3: VISCOSÍMETRO STORNER CON ESTROBOSCOPIO



Fotos de <http://www.byk-gardner.com>

### 7.1.1.3 Fineza

Para lograr una buena calidad de una pintura, y a su vez la estabilidad en el tiempo, se debe asegurar una dispersión óptima de todos los componentes hasta lograr una fineza llamada “molienda”. Para medir este parámetro de fineza se usa un instrumento llamado Grindómetro que está graduado y permite una visualización del grado de dispersión, y para ello siguen las pautas de la norma ASTM D1210-79.

Figura 7.4: GRINDÓMETRO HEGMAN



Fotos de <http://www.elcometer.com>

### 7.1.1.4 PH

Para asegurar una buena calidad de la pintura, referente a su viscosidad y estabilidad en el tiempo, debemos asegurarnos que el pH de esta se encuentre entre 8.0 y 9.5, porque en este rango se hidrata mejor la celulosa, tiene una mejor estabilidad el látex y se previene el crecimiento del moho. Esta prueba se realiza en un phmetro de buena precisión.

Figura 7.5: PHMETRO DE MESA CON SENSOR DE TEMPERATURA.

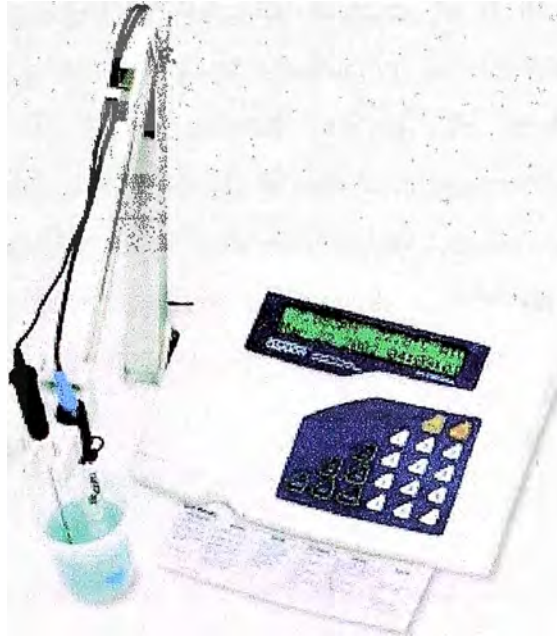


Foto de <http://www.byk-gardner.com>

#### 7.1.1.5 Contenido de no volátiles

Esta prueba consiste en colocar la muestra en un recipiente metálico y calentarlo a 105° C durante 3 horas (generalmente es una estufa), al cabo del cual se calcula el porcentaje de sólidos que permanecen con respecto al peso inicial de la muestra. Esta prueba es útil, pues es una medida de cómo se ha desarrollado el proceso de fabricación de una pintura en la planta.

#### 7.1.1.6 Estabilidad al almacenamiento

Esta prueba se realiza normalmente de manera acelerada, y consiste en colocar la pintura en un envase durante 2 semanas a 50° C (por lo general en una estufa) y observar al final si existen cambios en la viscosidad, precipitación de pigmentos, formación de sueros y/o

formación de coágulos. Se considera una muestra con buena estabilidad, si la viscosidad no varía más de un 15% con respecto a la viscosidad del material original. Si la muestra almacenada en estufa presenta alguna separación, se determina el esfuerzo para lograr la homogeneidad original del material. Se considera aceptable, si el material se deja homogenizar fácilmente.

Esta prueba nos permite determinar cual será el comportamiento de la pintura si estuviera almacenada a temperatura ambiente durante aproximadamente un año.

#### **7.1.1.7 Estabilidad al recobro de la congelación.**

Consiste en variar la temperatura de la pintura entre la temperatura ambiente y  $-5^{\circ}\text{C}$  (aunque las normas indican valores de temperaturas más bajos, pero para el caso de nuestro país es bastante aceptable). Con esta prueba se realizan observaciones del grado de coagulación y sedimentación además de los cambios en la viscosidad, que están relacionados íntimamente con la calidad de las materias primas usadas y el adecuado balance de estos.

### **7.1.2 Pruebas en película seca**

Estas pruebas, como su nombre lo indica, son pruebas que se realizan a la pintura una vez seca o formando el film y brindan datos importantes de cómo cumplen su función una vez aplicada.

#### **7.1.2.1 Poder Cubriente**

Mide la habilidad de una película para ocultar u oscurecer una superficie sobre el cual ha sido aplicada uniformemente.

La pintura se aplica sobre un papel o cartulina no absorbente que posee una zona blanca y otra negra a un espesor de 3 mils. Se deja secar el aire durante 24 horas y se mide la reflectancia en ambas zonas. Los resultados se expresan como relación de contraste, la cual esta dado por la reflectancia de la zona negra sobre la blanca.

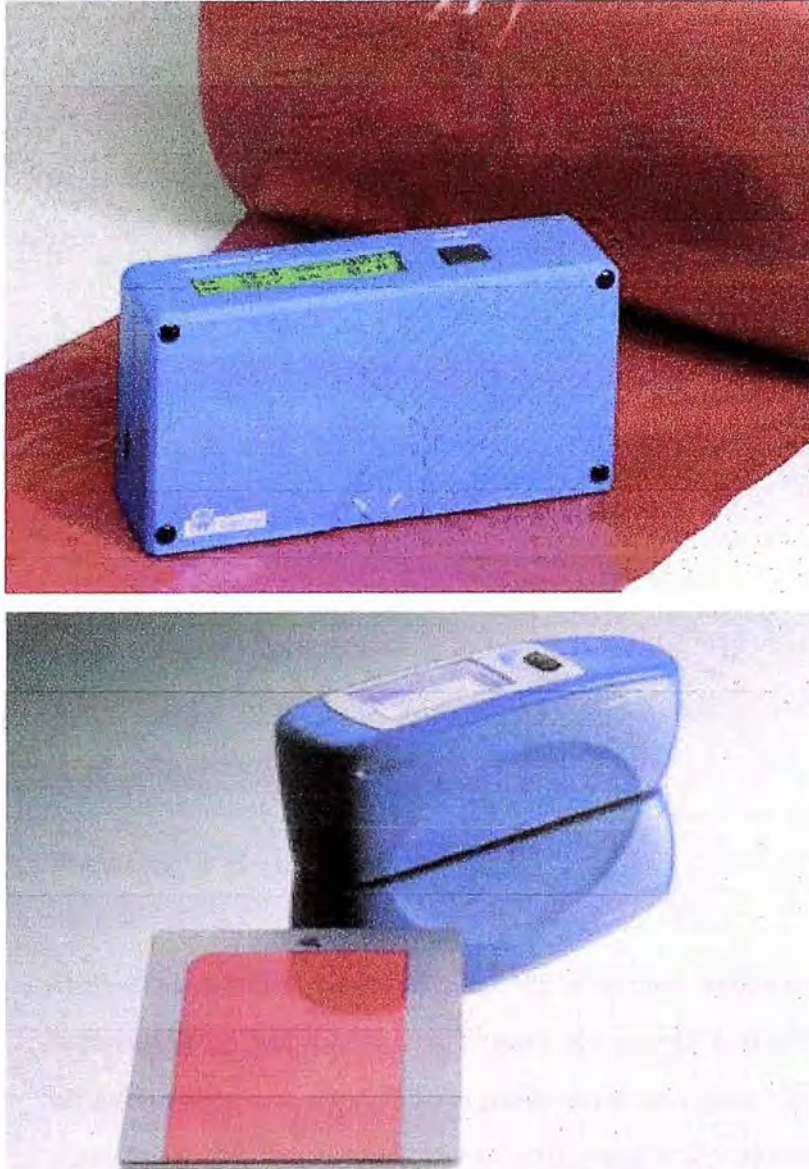
Figura 7.6: APLICACIÓN DE UNA PINTURA PARA MEDIR EL PODER CUBRIENTE



#### 7.1.2.2 Brillo

La pintura se aplica sobre una superficie lisa usando un aplicador, que permite dejar una película de 7 mils de espesor, se deja secar por una hora aproximadamente y se mide el brillo usando un medidor tipo Gardner (glossmeter) a un ángulo de incidencia de  $60^\circ$ . Los resultados se reportan en unidades de brillo.

Figura 7.7: MEDIDORES DE BRILLO (GLOSSMETER)



### 7.1.2.3 Nivelación

Es la medida de la habilidad de una pintura en no dejar irregularidades en la superficie, tales como surcos producidas por la brocha, o el rodillo. La observación se puede hacer de las pruebas de brochabilidad o usando el método indicado en la norma ASTM D2801-69, y que brinda la posibilidad de cuantificar esta propiedad.

Figura 7.8: APLICADOR QUE NOS PERMITE CUANTIFICAR LA NIVELACIÓN DE UNA PINTURA.

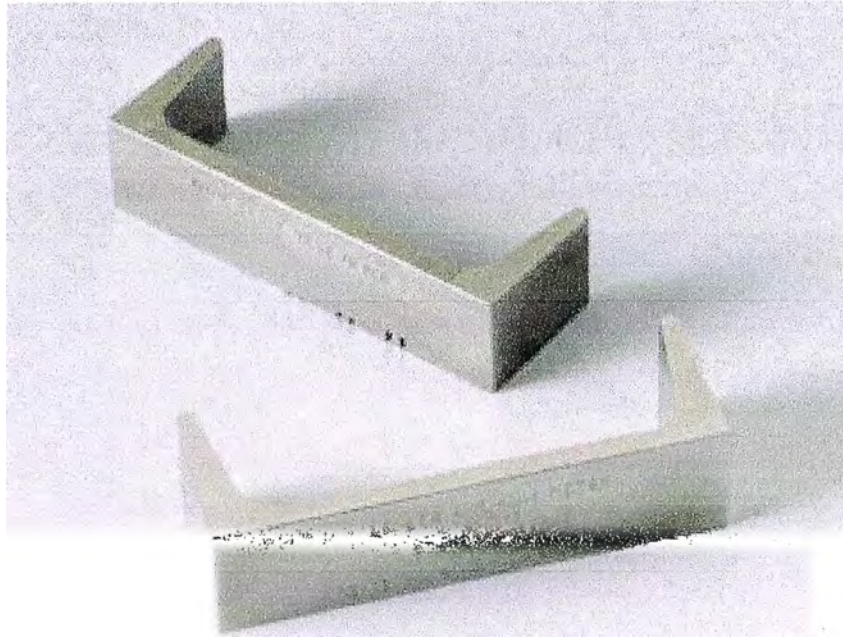


Foto de <http://www.byk-gardner.com>

#### 7.1.2.4 Resistencia al chorreo

Con esta prueba se determina el máximo espesor que puede soportar la aplicación de una pintura sin que se forme “lagrimas” o chorreo sobre una superficie vertical. Este de espesor máximo de la pintura servirá luego como parámetro o especificación de la misma. En esta prueba se utiliza la norma ASTM D4400-84.

#### 7.1.2.5 Resistencia a la abrasión húmeda

Es una prueba principal que se realiza a la película de pintura, ya que los resultados dependen de la formulación, materias primas usadas y del proceso de fabricación. Se realiza en un equipo llamado “Gardner Washability Machina”. Consiste en realizar frotos con una escobilla hasta el momento que se rompa la película

de pintura. Sus resultados se reportan en ciclos de trabajo de la máquina. Se sigue exactamente las pautas de la norma ASTM D2486-79.

Figura 7.9: EQUIPO COMPLETO PARA MEDIR LA ABRASIÓN HÚMEDA

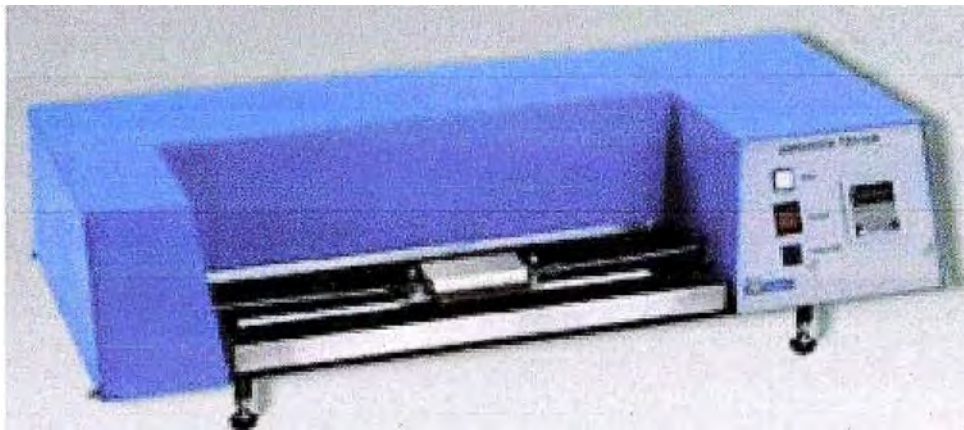


Foto de <http://www.byk-gardner.com>

Figura 7.10 ACCESORIOS DEL EQUIPO ANTERIOR (ESCOBILLA, PORTA ESCOBILLA, Y LÁMINA DE CAUCHO)

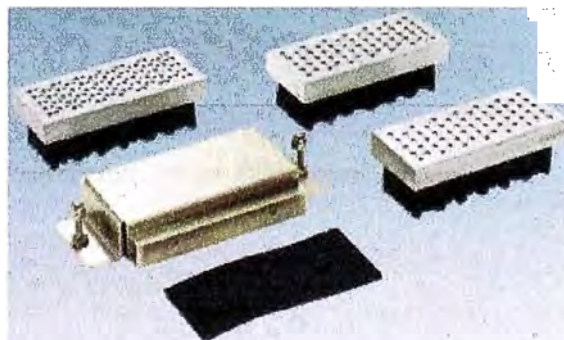


Foto de <http://www.byk-gardner.com>



Figura 7.11: FORMA COMO DEBE QUEDAR LA PELÍCULA DE PINTURA LUEGO DE REALIZAR LA PRUEBA DE ABRASIÓN HÚMEDA

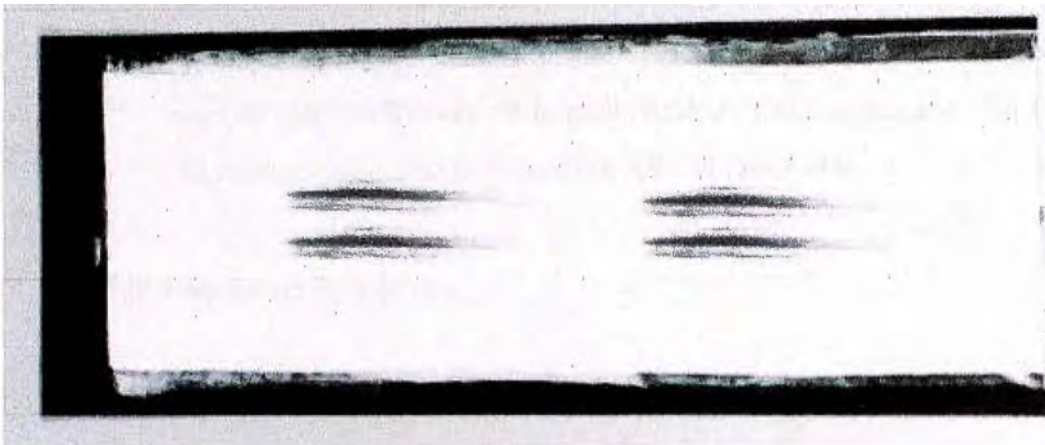


Figura 7.12: ACCESORIOS (MARCO DE AJUSTE Y MORDAZAS)



Fotos de <http://www.byk-gardner.com>

#### 7.1.2.6 Resistencia a la lavabilidad

Esta prueba se lleva a cabo en el mismo equipo usado para la abrasión húmeda, y consiste en medir el número de ciclos necesarios para remover manchas. Esta prueba se realiza siguiendo las pautas de la norma ASTM D3450-80. Con esta prueba se definen que pintura es más lavable en relación que otras.

#### **7.1.2.7 Prueba de Craqueo**

Esta prueba es muy útil para determinar la calidad de una pintura látex especialmente para exteriores. Con este método se puede apreciar como se va comportar una pintura en uso, como grietas que se pueden formar en la superficie de altos espesores. Para ello se siguen las pautas de la norma ASTM D661-44.

#### **7.1.2.8 Resistencia a la luz**

Esta prueba se puede realizar en dos semanas. La primera en forma acelerada, usando un equipo especial que emite rayos uv, donde se exponen paneles pintados y permiten observar el comportamiento básicamente de los pigmentos usados dentro de una formulación.

La segunda manera es aplicar paneles con pintura, tapando la mitad del área con un papel negro y dejando la otra mitad libre, y así se dejan en exposición normal a la intemperie para que les de directamente los rayos del sol y observar si existe un efecto al cabo de varios meses.

#### **7.1.2.9 Resistencia a la intemperie**

En esta prueba se observan las características de la película de pintura al aplicar sobre una pared exterior, y que esta expuesta al ambiente. Siendo una prueba que tomará un tiempo mínimo de 3 a 6 meses a condiciones normales.

Con esta prueba podemos definir también varias de las pruebas definidas y así apreciar la calidad de una pintura.

## **7.2 Prueba de la resina**

En este trataremos de una serie de métodos para evaluar y determinar las propiedades técnicas de una resina.

### **7.2.1 Resistencia a la saponificación**

Dado que los sustratos minerales en la construcción civil en un medio húmedo son alcalinos es indispensable que los recubrimientos sean resistentes a la saponificación.

El método consiste en agregar a la resina una cantidad definida de álcali y por medio de una titulación se define el consumo del álcali para la saponificación.

### **7.2.2 Absorción de agua del polímero**

Esta prueba se realiza sumergiendo una película del polímero en agua desmineralizada por un tiempo definido a temperatura ambiente.

Es importante tener en cuenta que la absorción es un proceso de difusión, y por tanto la absorción del polímero presentará un gradiente microscópico de la superficie hacia el interior de la película. Por consiguiente es importante definir un espesor del film. La Norma ISO 62, en que se basa este ensayo, indica que este debe ser de ser de 12 mils.

El porcentaje de absorción de agua nos da la diferencia de peso entre la película de resina después y antes de haber sido sumergido.

La absorción de agua de la resina es un índice de impermeabilidad al agua del producto acabado, que es el recubrimiento, y consecuentemente es un criterio fundamental para pinturas para exterior.

### 7.2.3 Estabilidad al cizallamiento

En esta prueba se busca confirmar que el esfuerzo realizado no deteriora la calidad de la resina. Se observa la temperatura, la viscosidad y la ausencia de grumos. La presencia de grumos o un cambio brusco de la viscosidad demuestran una inestabilidad de la resina.

El ensayo consiste que a 100 gr. de resina se agregan 100 gr. de carbonato de calcio y se agita durante 30 min. a 2 800 a 3 000 RPM en el cowles.

Figura 7.13: DISPERSADOR DE LABORATORIO. EQUIPO VERSÁTIL DE VELOCIDADES DE 100 RPM HASTA 5000 RPM



Foto de <http://www.byk-gardner.com>

#### **7.2.4 Estabilidad a los electrolitos**

Este es un ensayo orientativo y el ingeniero formulador deberá ajustar las condiciones a sus necesidades.

Consiste en agregar a 50 gr. de resina, bajo constante agitación lenta, 25 ml. de cloruro de calcio en solución acuosa al 20% y se observa inmediatamente el comportamiento de la mezcla. La presencia de grumos indica una insuficiencia de la dispersión a la estabilidad a los electrolitos. La observación se repite a los 30 minutos de agitación.

## **CAPITULO VIII: RESINAS PARA SISTEMAS ACUOSOS**

Para las formulaciones de pinturas se han utilizado dispersiones poliméricas de diferente tipo de composición. En forma general podemos clasificar en 4 tipos de resina: Los homopolímeros vinílicos, los copolímeros vinílicos, los copolímeros acrílicos estirenados y los acrílicos puros.

### **8.1 Fabricación de Resinas**

Como se ve en la fig. 8.1 en un primer paso se emulsionan en un tanque de mezcla los monómeros en agua con participación de los emulsionantes y otros aditivos y se prepara así una o varias pre-emulsiones.

En un segundo paso se dosifica la pre-emulsión y el catalizador en el reactor con agua, donde se polimerizan los monómeros. Esta reacción ocurre dentro de las micelas de la pre-emulsión estabilizadas por los emulsionantes. Así se obtiene una dispersión ácida.

Luego se filtra la dispersión ácida para extraer grumos de polímero no emulsionado y se pasa a un recipiente donde se ajustan las especificaciones. En este tercer paso se ajusta el pH generalmente con amoniaco o con aminas y se ajusta el contenido de sólidos. En algunos casos se adicionan componentes auxiliares y otros aditivos como el antiespumante y el conservante.

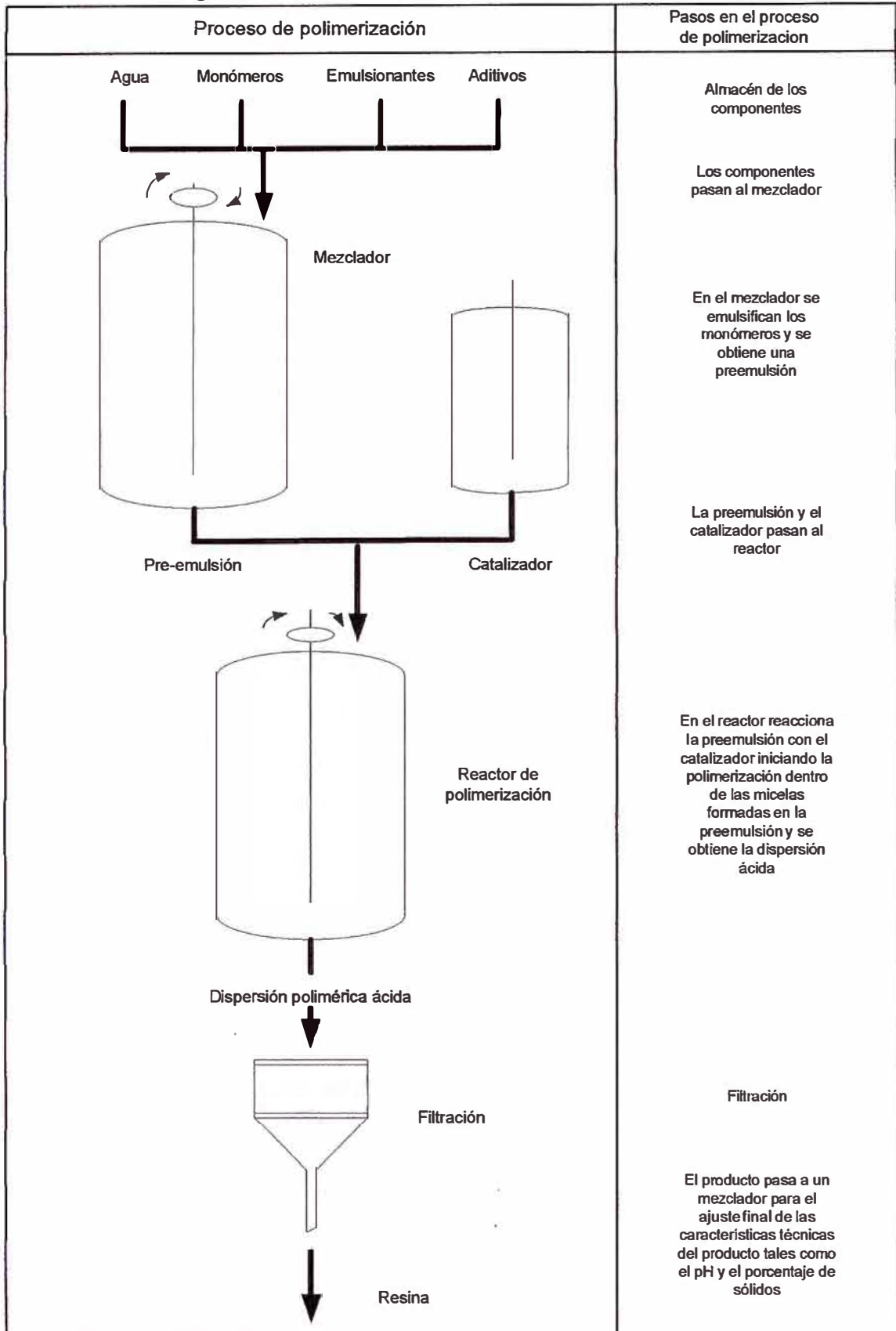
### **8.2 Características técnicas de la resina**

A continuación detallaremos las características fisicoquímicas de las resinas.

#### **8.2.1 Temperatura de transición vítrea ( $T_G$ ) y temperatura mínima de formación de película (TMFP)**

La temperatura de transición vítrea  $T_G$  de un polímero, indica la temperatura en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) por debajo del cual el polímero

Figura 8.1: POLIMERIZACION DE LA RESINA



ro seco es sólido y por encima del cual el polímero es líquido.

La temperatura de formación de película TMFP, de una resina (dispersión polimérica), está a unos grados por debajo de  $T_G$ . Esto es debido a que el agua y los emulsionantes de la dispersión plastifican el polímero y bajan el  $T_G$  unos tantos grados centígrados.

A temperatura por debajo TMFP se encuentra el polímero solidificado en cada partícula, y al secarse la dispersión, no presenta proceso de formación de película y el polímero se muestra en forma de polvo y no puede difundir o fluir de una partícula a otra, quedando sin ninguna característica ligante.

Se debe producir y aplicar la pintura por encima de la TMFP, para garantizar una óptima formación de película, transparente, homogénea y con todas sus propiedades ligantes.

### **8.2.2 Contenido de sólidos**

Se define según la Norma ISO 3551 que indica que los sólidos de las dispersiones poliméricas es la suma de la masa del polímero, de los estabilizadores y de los aditivos no volátiles, como son las sales inorgánicas.

### **8.2.3 Tamaño de partículas**

Esta característica define muchas propiedades de la resina y su comportamiento en la aplicación técnica.

El tamaño de la partícula, define la cantidad y requisito total de emulsionantes en la dispersión porque a través del tamaño se valora la magnitud de la superficie de las partículas.

Partículas más finas tienen mayor poder ligante, por que en un mismo volumen existen más de estas. También partículas finas



tienden a secar más rápido y a formar una película más homogénea y brillante que las partículas gruesas.

Las dispersiones acrílicas estirenadas tienen un tamaño de partícula de aproximadamente  $0,15\mu\text{m}$  y como consecuencia la dispersión tiene un aspecto blanco azulado. Dispersiones vinilacrílicas tienen un tamaño de partículas de aproximadamente  $1\mu\text{m}$  (7 veces más grande que las acrílicas) y tienen un color blanco como la leche.

El menor tamaño de partícula de las resinas acrílicas estirenadas se aprovecha principalmente en formulaciones de imprimantes que evitan la aparición del salitre ya que por su menor tamaño penetran más en el sustrato, como se muestra en la figura 8.2.

Figura 8.2: SALITRE EN UNA PARED PINTADA

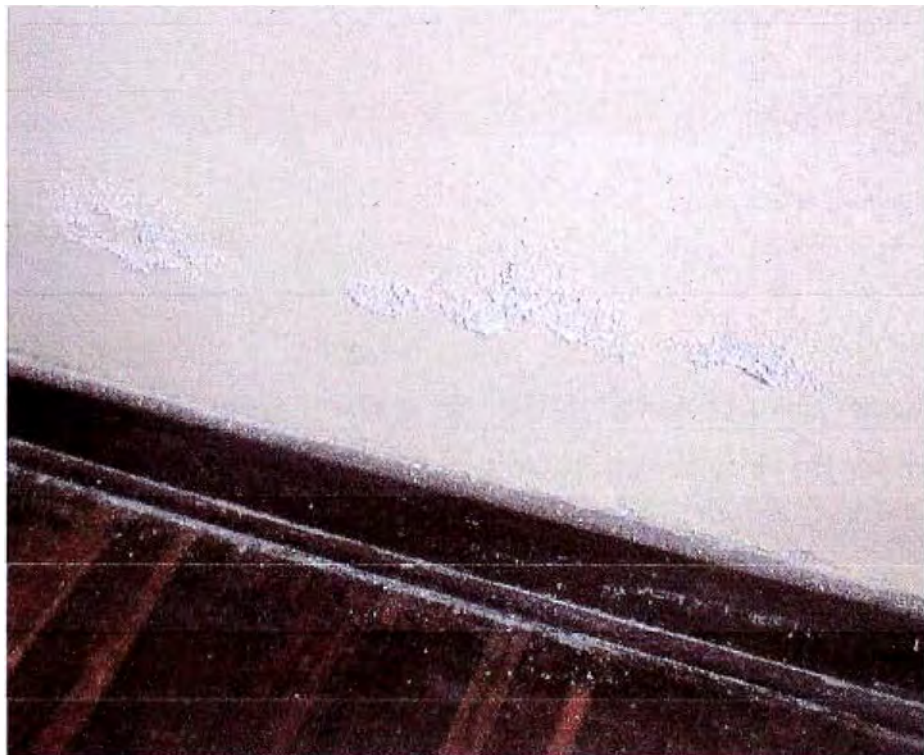


Figura 8.3: DAÑOS DEL SALITRE EN UNA PARED



#### 8.2.4 Saponificación

La resistencia a la saponificación es una exigencia de la resina porque los recubrimientos se aplican sobre sustratos altamente alcalinos como son el cemento y la cal, con valor de pH mayor de 12.

La alcalinidad del sustrato saponifica los ésteres que se encuentran en las cadenas laterales del polímero.

La susceptibilidad a la saponificación está correlacionada con efectos estéricos de las moléculas. Cuando más grandes son los ácidos y los alcoholes que forman el éster, más difícil es la saponificación. Así podemos ordenar la susceptibilidad:

Según el ácido:            acetato >> acrílico    > metacrílico  
 Según el alcohol:        etanol >> n-butanol > t-butanol

Por consiguiente, saponifican los polímeros a base de acetato de vinilo rápidamente en un medio húmedo alcalino como en las fachadas expuestas a la lluvia, formándose alcohol polivinílico y ácido acético, dos sustancias solubles en agua. La saponificación del polímero se efectúa en la zona alcalina de contacto entre el recubrimiento y el sustrato. Por consiguiente la degradación del polímero vinílico en esta zona de anclaje, conduce al desprendimiento del recubrimiento como se muestra en la figura 8.4. Esto se evita con dispersiones acrílicas y especialmente con resinas acrílicas estirenadas.

Figura 8.4: SAPONIFICACIÓN DE UNA PARED

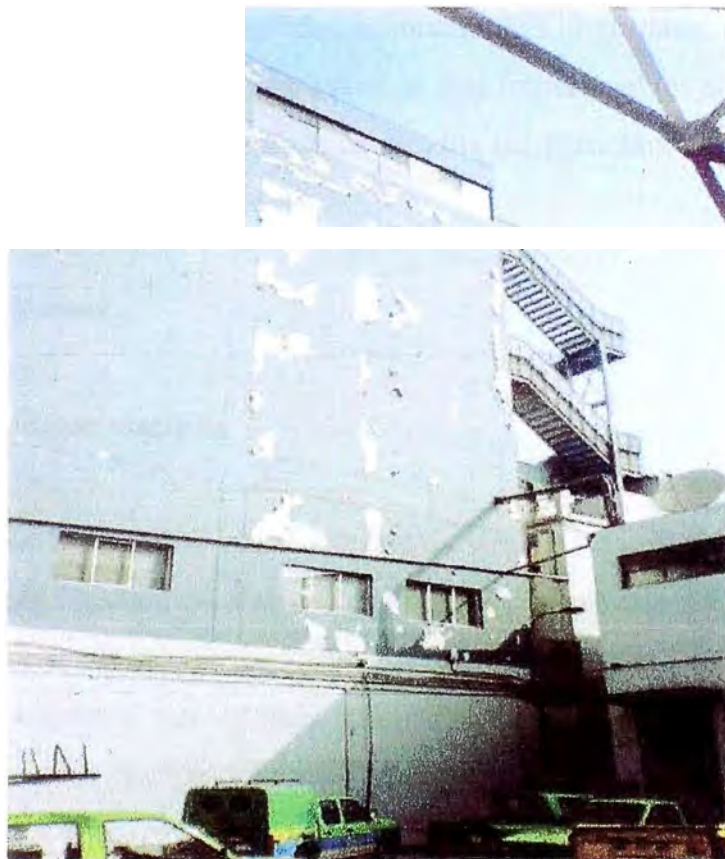


Foto de fachada de la Compañía Telefónica del Perú

### **8.2.5 Resistencia al agua**

La absorción de agua es una característica muy importante para la formulación de pinturas porque el agua incluida en el polímero degrada sus propiedades. La evaluación de esta propiedad es de acuerdo a la Norma DIN 53479.

Los polímeros con alta absorción de agua pierden sus propiedades mecánicas, especialmente en procesos cíclicos de sequedad y humedad, quedando sin poder ligante los pigmentos y cargas produciéndose el desprendimiento de la pintura.

Para pinturas interiores se busca resinas de baja absorción de agua, para evitar la pérdida a la resistencia de abrasión húmeda. En pintura de exterior esta propiedad es mucho más importante, porque se busca trabajar con resinas que sean lo más impermeables al agua. También una alta absorción de agua origina un ensuciamiento prematuro de las pinturas en el exterior.

## **8.3 Clases de resinas**

### **8.3.1 Resinas vinílicas**

Son homopolímeros de acetato de vinilo, que utilizan para fabricar la cola blanca para trabajos de madera. Su película seca se caracteriza por su dureza, por una alta absorción de agua del 100% si se sumerge 24 horas y por su baja resistencia a la alcalinidad formando en el proceso de saponificación alcohol polivinílico, que es soluble en agua.

### **8.3.2 Resinas vinil-acríticas**

Para fabricar dispersiones para pinturas, los copolímeros del acetato de vinilo se combinan con ésteres de ácidos acrílicos. Dependiendo de la magnitud volumétrica del segundo monómero se mejoran la resistencia a la saponificación y se reduce la absorción al agua.

### **8.3.3 Resinas Acrílicas -estirenadas**

Es un copolímero basado en el acrilato y el estireno, estabilizadas con emulsionantes y polimerizadas con diferentes tecnologías, que ofrecen una gama de productos estándar y especialidades para cubrir las exigencias del mercado de recubrimientos.

Su desarrollo empezó en la década del 60, posterior al desarrollo de las resinas acrílicas puras, por la necesidad de buscar una dispersión que mejorara las propiedades técnicas de las dispersiones vinílicas y a su vez sea más económica que las dispersiones acrílicas en ese momento.

Este tipo de dispersión se caracteriza por tener una alta resistencia a la saponificación, baja absorción de agua, que garantiza una mínima retención de la suciedad.

Otra propiedad es el alto poder ligante que le hace dominar en el mercado de pinturas de interior, especialmente en las pinturas económicas, consiguiendo una elevada resistencia al frote húmedo con una baja proporción de ligante.

### **8.3.4 Resinas Acrílicas puras**

Son dispersiones de polímero cuyo monómero son ésteres de ácidos acrílicos y metacrílicos.

Su uso principal es aplicaciones con bajo PVC, como pinturas de alto brillo (esmaltes acrílicos al agua), barnices para madera y en pinturas de colores intensos con pigmento orgánicos.

Un resumen de las propiedades de todas las resinas se encuentran en el siguiente cuadro:

Tabla 8.1: CLASES DE RESINAS

	1 <sup>a</sup> .	2 <sup>a</sup> .	3 <sup>a</sup> .	4 <sup>a</sup> .
EXIGENCIAS AL LIGANTE	PVA HOMOPOLIMERO	PVA COPOLIMERO	ACRILICOS ESTIRENADOS	ACRILICOS PUROS
RESISTENCIA AL AGUA	--	--	++	++
RESISTENCIA A LA SAPONIFICACION	--	-	++	++
RESISTENCIA A LA ABRASION	--	-	++	++
TAMAÑO PARTICULA	++	++	+	+
RESISTENCIA LUZ U.V.	+	+	++	++

Fuente: Hojas Técnicas de BASF Peruana S.A.

--: muy bajo

-: bajo

+: alta

++: muy alta

## **CAPITULO IX: DESARROLLO DE FORMULACIONES**

En este capítulo se describe en forma detallada el trabajo realizado en el laboratorio de investigación y desarrollo para obtener productos de mejor comportamiento, que va desde el diseño de la fórmula, hasta la culminación del proyecto.

### **9.1 Técnicas**

Para el éxito de un proyecto de investigación y desarrollo se debe tener una secuencia de trabajo, como:

- Se debe saber las características del producto que se va a desarrollar y las propiedades de las materias primas que involucran en su elaboración. Adicionalmente se diseñan formatos y programas que sirven de herramientas y permiten optimizar trabajo y tiempo.

- Diseñar la fórmula tentativa, en base a la experiencia y concepto, luego de una evaluación, donde los resultados de esta no son satisfactorios, se tendrá que realizar un rediseño, y así sucesivamente, hasta llegar a la formulación con las características buscadas. En esta etapa es imprescindible el uso de los formatos creados, donde se va a registrar los resultados de los ensayos, que nos va a permitir llevar un orden en el trabajo. Las evaluaciones de las propiedades deben hacerse de acuerdo a las normas establecidas como son la ASTM, ISO etc.

- Evaluación en campo, es la última prueba del trabajo de laboratorio, para ello se busca una área representativa donde se aplica la pintura y se observa su comportamiento en el tiempo esta prueba nos da resultados reales, por que es

el medio donde va estar expuesta la pintura, pero generalmente el tiempo destinado para los proyectos son menores que los requeridos para esta prueba.

- Cuando ya se ha establecido la fórmula con las características buscadas, se procede a la evaluación económica, para ello utilizaremos los programas elaborados para ese fin, donde ingresando la fórmula nos permite obtener rápidamente los costos de ésta, y ver si está dentro de el costo estimado. Si el costo no está en el rango permitido, se tendrá que volver ha empezar el trabajo de desarrollo, hasta encontrar, el punto de equilibrio entre calidad y costo, de acuerdo al requerimiento solicitado.

- Luego que la evaluación económica sea favorable, se procede a llevar el proyecto a escala industrial, para ello tenemos que establecer la metodología del proceso. Aquí se indica el orden de adición de las materias primas, la forma de realizar cada etapa de elaboración de la pintura. También se especifica cuales son las propiedades de la pintura, que deben ser evaluadas por el departamento de control de calidad.

- Finalmente es llevar el proyecto a escala industrial. Para ello hay que tener presente las dimensiones de los equipos, la potencia de los motores, determinar la viscosidad de la pasta de molienda, para lograr la dispersión en un tiempo adecuado y no excesivo.

- Obviamente por ser un producto nuevo, se necesita una supervisión estricta en todas las etapas del proceso para que se sigan las pautas indicadas y así asegurar una calidad optima de los lotes siguientes.



## **9.2 La norma vigente para pinturas a base de látex**

La Norma Técnica Peruana 319.216 (ver Apéndice A), define los requisitos que deben tener las pinturas para interior y exterior. Esta norma clasifica a la pintura en 4 grupos, principalmente diferenciándolos por la resistencia a la abrasión húmeda. El tipo I exige que los ciclos de abrasión húmeda sean mayores que 1500, el tipo II que se encuentren entre 1500 y 900 ciclos, el tipo III entre 900 y 400 ciclos, y el tipo IV entre 400 y 100 ciclos.

### **9.2.1 Características en la práctica**

Como se ha mencionado la Norma Técnica Peruana (NTP) 319.216 no diferencia entre una pintura para interior y exterior, pero en la práctica es necesario esta diferencia y otras características para cada caso.

#### **9.2.1.1 Para pinturas interiores**

- Poder cubriente en húmedo y seco.
- Buena extensibilidad y reducido salpicado en superficies horizontales.
- Fácil aplicación con brocha o rodillo.
- Nivelación aceptable y uniformidad del color.
- Alta permeabilidad al vapor del agua (permeabilidad).
- Alta resistencia al frote húmedo.
- Muy competitivo en precio.

#### **9.2.1.2 Para pinturas exteriores**

A parte de las mencionadas para interiores, la pintura para exteriores necesita tener las siguientes propiedades:

- Baja absorción de agua.

- Alta resistencia a los rayos uv.
- Baja tendencia al ensuciamiento prematuro.

### **9.3 Criterios Técnicos para las formulaciones de Pinturas**

Generalmente las formulaciones de pintura en el Perú están por encima del PVCC, por que nos permite obtener productos con precios más accesibles al consumidor final. Esta exige que la resina tenga un máximo poder ligante, lo que brinda preferentemente las dispersiones acrílicas estirenadas.

#### **9.3.1 La resistencia a la abrasión húmeda**

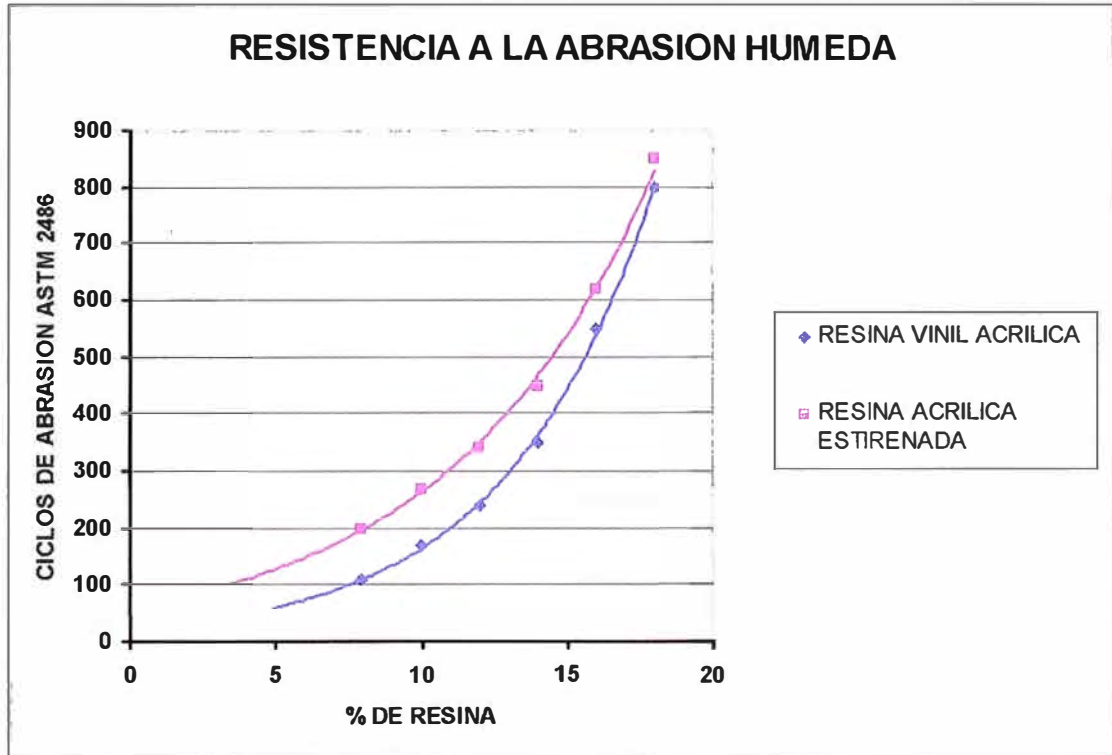
Es una de las características principales que define la calidad de una pintura, principalmente para licitaciones de carácter privado o público, donde se exige obtener al ingeniero formulador, el máximo de ciclos, al costo mínimo posible.

Los criterios generales que influyen en los ciclos de abrasión húmeda son los siguientes:

- Buscar trabajar con resinas de alto poder ligante.
- Ajustar la fórmula con pocas cargas finas y laminares.
- Evitar exceso de humectantes y dispersantes.
- Trabajar con un mínimo de espesantes, evitando especialmente espesantes acrílicos y CMC y favoreciendo HEC.
- Formular con un contenido de sólidos mayor a 55 % para evitar exceso de espesantes.

Es obvio que aumentando el contenido de resinas se obtiene mayor frote húmedo como muestra el siguiente gráfico:

Gráfico 9.1: RESISTENCIA A LA ABRASIÓN HÚMEDA



Las formulaciones para este gráfico fueron desarrolladas con resinas *acrílica estirenada* y *vinil-acrílica*, y los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Desarrollo de la empresa SOPRIN SAC; donde podemos observar que para cumplir la NTP necesitamos trabajar con un mínimo de 4% de resina acrílica estirenada y 8% de resina vinil-acrílica.

### 9.3.2 Poder cubriente

Tenemos que diferenciar el poder cubriente de una pintura al ser aplicada, es decir, en húmedo, y la de la pintura una vez seca.

El poder cubriente en húmedo lo define casi exclusivamente la cantidad de dióxido de titanio en la formulación y su distribución. Por eso es inevitable el uso de dióxido de titanio. Con silicato de aluminio y otras cargas seleccionadas se puede aportar al poder cubriente del pigmento.

El poder cubriente en seco (dry hiding), resulta de la diferencia de índice de refracción de pigmentos, cargas y resinas con relación al aire que los rodea. Mayor información hemos detallado en el capítulo 5.2.1.

Es importante tener en cuenta que el pigmento es tan eficiente como efectiva haya sido su dispersión. Para ello debemos dosificar suficientemente el dispersante y dispersar las aglomeraciones de pigmento lo mejor posible. Debemos observar si el dispersante cumple su función de evitar la refloculación del pigmento.

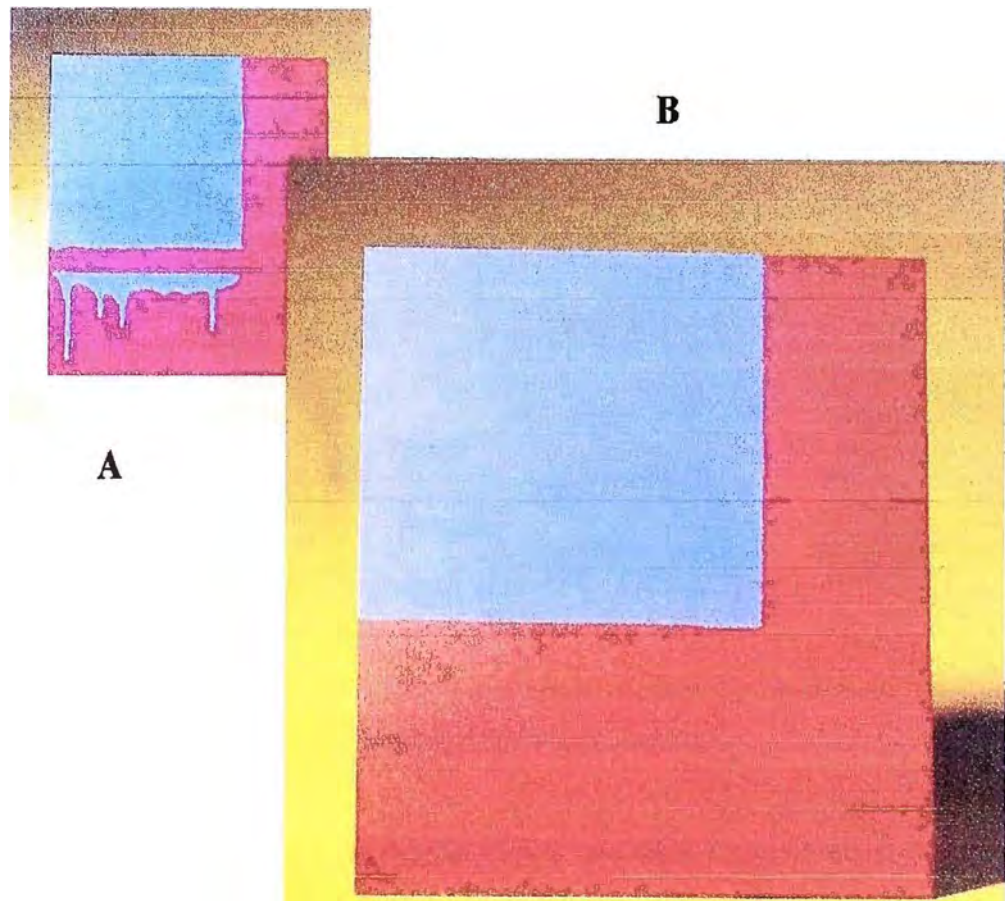
El poder cubriente se mide según la Norma ISO 2814. A través del contraste de la reflexión de la luz de una pintura aplicada sobre una cartulina de contraste. La diferencia del contraste en blanco y negro debe ser mayor del 98%.

### **9.3.3 La reología**

Los costos de la materia prima nos obligarán a no recurrir a productos sofisticados para ajustar la reología según las exigencias mínimas. Sin embargo, con los pocos productos accesibles podemos lograr una reología aceptable.

La polaridad de unas cargas laminares dispersadas en agua, se dejan aprovechar para generar un reología apropiada con una viscosidad aparente alta y una tixotropía que son deseadas en las pinturas, porque facilitan la aplicación y evitan descolgados o la formación de lágrimas en aplicaciones verticales.

Figura 9.1: COMPARATIVO DE LA REOLOGÍA DE LA PINTURA  
(DESCUELGUE)

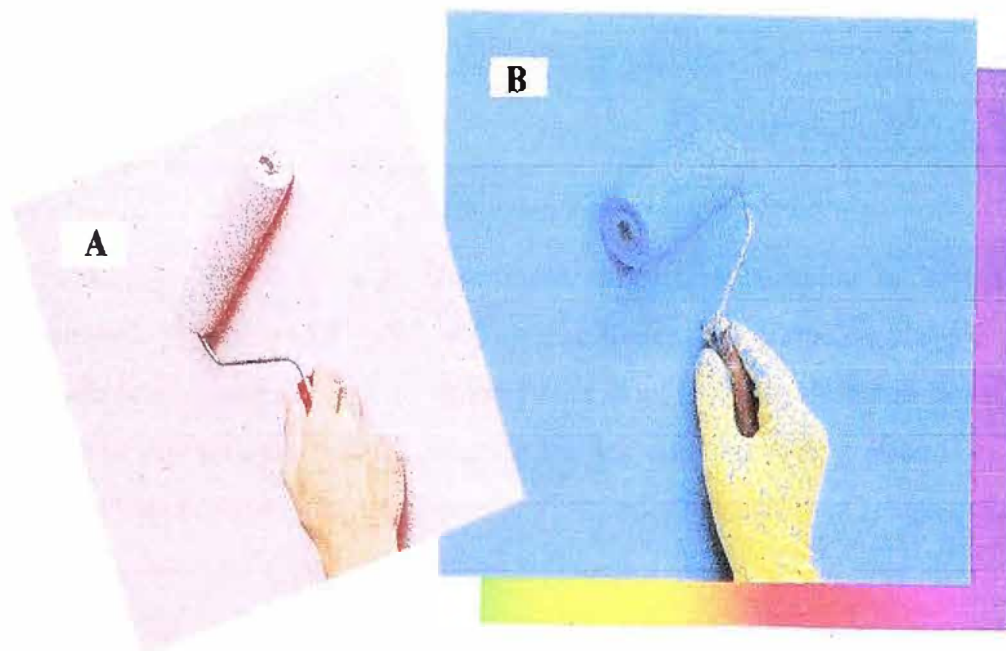


*A: Pintura con mala reología, existe el descolgado o chorreado en la aplicación.*

*B: Pintura con buena reología, permite hacer recorte sin producir descolgados.*

Los espesantes celulósicos usuales como los HEC aportan una pseudoplasticidad en la reología con un valor alto de viscosidad aparente, que equivale a la viscosidad en reposo, es decir, a baja fuerza de cizalla (low shear); pero a alta fuerza de cizalla (high shear) baja la viscosidad. Para subir la viscosidad a alta fuerza de cizalla, y así mejorar la transferencia de pintura a la pared y evitar el salpicado en la aplicación con rodillo (ver figura 9.2), usaremos espesantes asociativos poliuretánicos (HEUR). Es común combinar el 60% de HEC con un 40% de HEUR en peso seco.

Figura 9.2: COMPARATIVO DE LA REOLOGÍA DE LA PINTURA  
(SALPICADURA)



*A: Pintura con espesantes celulósicos y espesantes asociativos poliuretánicos.*

*B: Pintura solo con espesante celulósico (existe salpicaduras).*

En la práctica, ni toda la teoría ni los costosos viscosímetros pueden reflejar la compleja realidad que vive el pintor al aplicar la pintura con brocha o con rodillo. Por eso es necesario el ensayo en campo en una superficie vertical de por lo menos un metro cuadrado.

#### 9.4 Formulación de pinturas

Tomando en consideración los criterios técnicos desarrollados en 9.3, a continuación presentaremos dos formulaciones de pintura modelo: una con resina vinil acrílica (F1) y otra con resina acrílica estirenada (F2), cabe mencionar que los demás ingredientes y el proceso de fabricación son similares.

Las resinas de las formulaciones F1 y F2, son las estándar que se utilizan actualmente en la fabricación de pinturas, y los datos de las resinas utilizadas, son las siguientes:

Cuadro 9.1: PROPIEDADES DE LAS RESINAS

	TIPO DE RESINA	ABREVIATURA	TMFP (°C)	% Absorción de agua
F1	Vinil - Acrílica	VA	8 - 10	50
F2	Acrílica - Estirenada	AS	18	8

Fuente: Hojas Técnicas de BASF Peruana S.A.

Las formulaciones F1 y F2 son económicas, pero que cumplen la norma técnica peruana vigente (NTP 319.150), ya que tienen 150 ciclos de abrasión húmeda cada una., y estarían en el grupo IV de esta. El logro de estos ciclos de abrasión es por un adecuado balance de los ingredientes (ver gráfico 9.4). En F2 vamos aprovechar adicionalmente el alto poder ligante de la resina AS, que nos otorga mayores ciclos de abrasión con menor contenido de esta.

Para hacer posible los siguientes cuadros se ha creado un programa aplicativo usando el entorno Microsoft Office Excel en el cual se ingresó para cada materia prima los siguientes datos: cantidad, costo, % de sólido y densidad (cuadros 9.2 y 9.4). Los valores de porcentaje de sólido y densidad se obtuvieron de sus respectivas hojas técnicas, en caso contrario se estimó en laboratorio. Los sólidos de acuerdo a la norma NTP 319.150, y la densidad utilizando el picnómetro, de acuerdo a la Norma ASTM D1475-85.

En los cuadros 9.2 y 9.4, por el proceso que realiza el programa se obtiene para F1 y F2 la siguiente información:

Costo por kilo.

Peso por galón.

Costo por galón.

En los cuadros 9.3 y 9.5, que utiliza la data de los cuadros 9.2 y 9.4 calcula para F1 y F2 respectivamente, la siguiente información:

Porcentaje (%) de sólido en peso

Porcentaje (%) de volátiles en peso.

Porcentaje (%) de sólido en volumen.

Porcentaje (%) de volátiles en volumen.

PVC.

Cuadro 9.2: FORMULACION A (F1)

Materia Prima	kg	\$/kg	% de sólidos en peso	Densidad en kg por Gln.	% de sólidos en volumen	Costo por producto	kg / densidad (volumen )
Agua	240	0.02	0	4	0	4.800	60.000
Antiespumante	1	2.8	0.3	3.4	0.25	2.800	0.294
Dispersante	3	1.45	0.3	4.239	0.25	4.350	0.708
Humectante	1	2.3	0.3	4	0.25	2.300	0.250
Biocida	1.35	3.8	0.3	4.353	0.25	5.130	0.310
Hexametafosfato	0.5	2.35	1	4	1	1.175	0.125
Coalescentes y glicoles	3	1.85	0.1	4	0	5.550	0.750
Regulador de PH	0.3	7.4	0.1	4	0.1	2.220	0.075
Espesante Celulósico	3	6.65	1	4.545	1	19.950	0.660
Resina vinil acrílica	60	1.4	0.5	4.1	0.46	84.000	14.634
Carbonato de Calcio	195	0.096	1	10	1	18.720	19.500
Talco	30	0.271	1	10.2	1	8.130	2.941
Dióxido de Titanio	30	2.9	1	15	1	87	2.000
Silicato de Aluminio	10	1.4	1	7.57	1	14	1.321
<b>Total en Kilogramo</b>	578.15					260.125	103.568
<b>Total Kilogramo con merma</b>	560.806						100.461
				<b>Costo por kilo</b>	0.464		
<b>Rendimiento en galones</b>	100						
<b>peso por galón</b>	5.608						
<b>costo por galón</b>	2.601						



Cuadro 9.3: FORMULACIÓN B (F1)

MATERIA PRIMA	kg/100kg	Sólidos en peso	Volátiles en peso	costo por ingrediente	Gln	Sólidos en volumen
Agua	41.512	0.000	41.512	0.830	10.378	0.000
Antiespumante	0.173	0.052	0.121	0.484	0.051	0.013
Dispersante	0.519	0.156	0.363	0.752	0.122	0.031
Humectante	0.173	0.052	0.121	0.398	0.043	0.011
Biocida	0.234	0.070	0.163	0.887	0.054	0.013
Hexametafosfato	0.086	0.086	0.000	0.203	0.022	0.022
Coalescente	0.519	0.052	0.467	0.960	0.130	0.000
Regulador de PH	0.052	0.005	0.047	0.384	0.013	0.001
Espesante Celulósico	0.519	0.519	0.000	3.451	0.114	0.114
Resina vinil acrílica	10.378	5.189	5.189	14.529	2.531	1.164
Carbonato de Calcio	33.728	33.728	0.000	3.238	3.373	3.373
Talco	5.189	5.189	0.000	1.406	0.509	0.509
Dióxido de Titanio	5.189	5.189	0.000	15.048	0.346	0.346
Silicato de Aluminio	1.730	1.730	0.000	2.422	0.228	0.228
	100.000	52.017	47.983	44.993	17.914	5.825

%de sólidos en peso	52.017
%de volátiles en peso	47.983
%de sólidos en volumen	32.517
%de volátiles en volumen	67.483

PVC=	76.498
% RESINA	10.378

Cuadro 9.4: FORMULACION A (F2)

Materia Prima	kg (ingredientes de la formulación)	(costo) \$/kg.	% de sólidos en peso	Densidad en kg por Gl.	% de sólidos en volumen	Costo por producto	Volumen (kg/densidad)
Agua	252	0.02	0	4	0	5.040	63.000
Antiespumante	1	2.8	0.3	3.4	0.25	2.800	0.294
Dispersante	3	1.45	0.3	4.239	0.25	4.350	0.708
Humectante	1	2.3	0.3	4	0.25	2.300	0.250
Biocida	1.35	3.8	0.3	4.353	0.25	5.130	0.310
Hexametafosfato	0.5	2.35	1	4	1	1.175	0.125
Regulador de pH	0.3	7.4	0.1	4	0.1	2.220	0.075
Espesante Celulósico	3	6.65	1	4.545	1	19.950	0.660
Coalescentes y glicoles	2.25	1.5	0.3	4	0.25	3.375	0.563
Resina acrílica- Estirenada	45	1.45	0.5	4.096	0.513	65.250	10.986
Carbonato de Calcio	200	0.096	1	10	1	19.200	20.000
Talco	30	0.271	1	10.22	1	8.130	2.935
Dióxido de Titanio	30	2.9	1	15	1	87	2.000
Silicato de Aluminio	10	1.4	1	7.57	1	14	1.321
<b>Total en Kilogramo</b>	579.4					239.920	103.227
<b>Total Kilogramo con merma (3%)</b>	562.018						100.130
					<b>Costo por kilo</b>	0.427	
<b>Rendimiento en galones</b>	100						
<b>peso por galón</b>	5.620						
<b>costo por galón</b>	2.399						

**Cuadro 9.5: FORMULACION B (F2)**

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>kg/100kg</b>	<b>Sólidos en peso</b>	<b>Volátiles en peso</b>	<b>costo por ingrediente</b>	<b>GI</b>	<b>Sólidos en volumen</b>
Agua	43.493	0.000	43.493	0.870	10.873	0.000
Antiespumante	0.173	0.052	0.121	0.483	0.051	0.013
Dispersante	0.518	0.155	0.362	0.751	0.122	0.031
Humectante	0.173	0.052	0.121	0.397	0.043	0.011
Biocida	0.233	0.070	0.163	0.885	0.054	0.013
Hexametáfosfato	0.086	0.086	0.000	0.203	0.022	0.022
Regulador de PH	0.052	0.005	0.047	0.383	0.013	0.001
Espesante Celulósico	0.518	0.518	0.000	3.443	0.114	0.114
Coalescentes y glicoles	0.388	0.116	0.272	0.582	0.097	0.024
Resina acrílica- Estirenada	7.767	3.883	3.883	11.262	1.896	0.973
Carbonato de Calcio	34.518	34.518	0.000	3.314	3.452	3.452
Talco	5.178	5.178	0.000	1.403	0.507	0.507
Dióxido de Titanio	5.178	5.178	0.000	15.016	0.345	0.345
Silicato de Aluminio	1.726	1.726	0.000	2.416	0.228	0.228
	100.000	51.538	48.462	41.408	17.588	5.505

% de sólidos en peso		51.538
% de volátiles en peso		48.462
% de sólidos en volumen		31.298
% de volátiles en volumen		68.702

PVC=	82.321
% Resina =	7.767

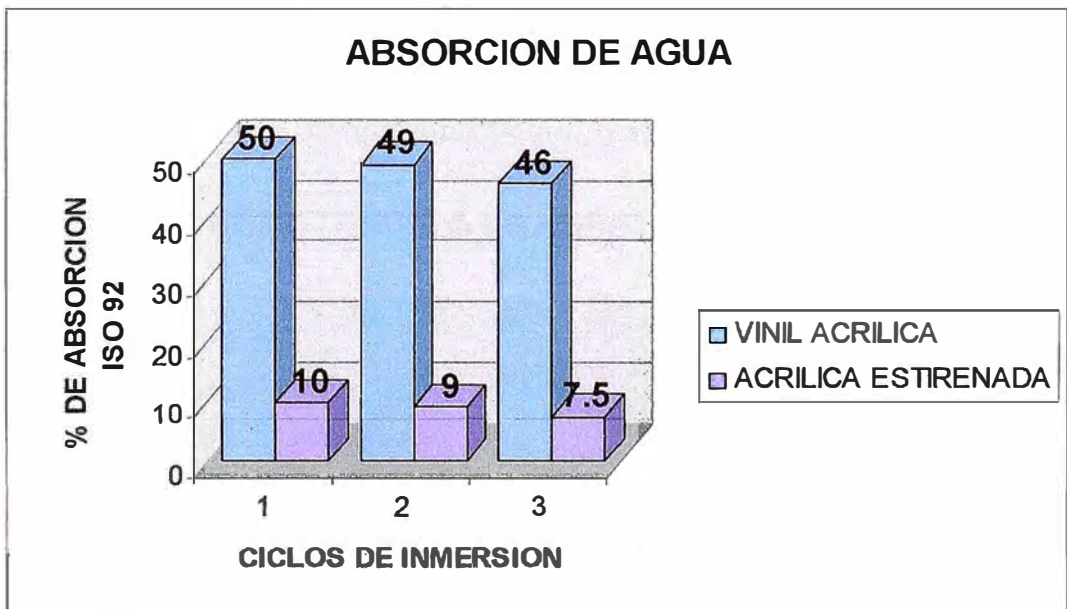
## 9.5 Evaluación técnica de resultados.

Los resultados de las evaluaciones de las formulaciones F1 y F2, de todos los ensayos nombrados en el capítulo 7 son muy similares a excepción de las dos siguientes pruebas: absorción de agua y resistencia al frote húmedo que analizaremos.

### 9.5.1 Absorción de agua.

En el gráfico siguiente 9.3 se comparan los valores de absorción de agua de las formulaciones F1 y F2, respecto a los ciclos de inmersión. Cabe mencionar que un ciclo de inmersión, según la norma ISO 62, se refiere a sumergir la película de pintura 24 horas en agua, pesar, dejar secar durante 48 horas a 50 ° C y volver a pesar.

Gráfico 9.3: ABSORCIÓN DE AGUA

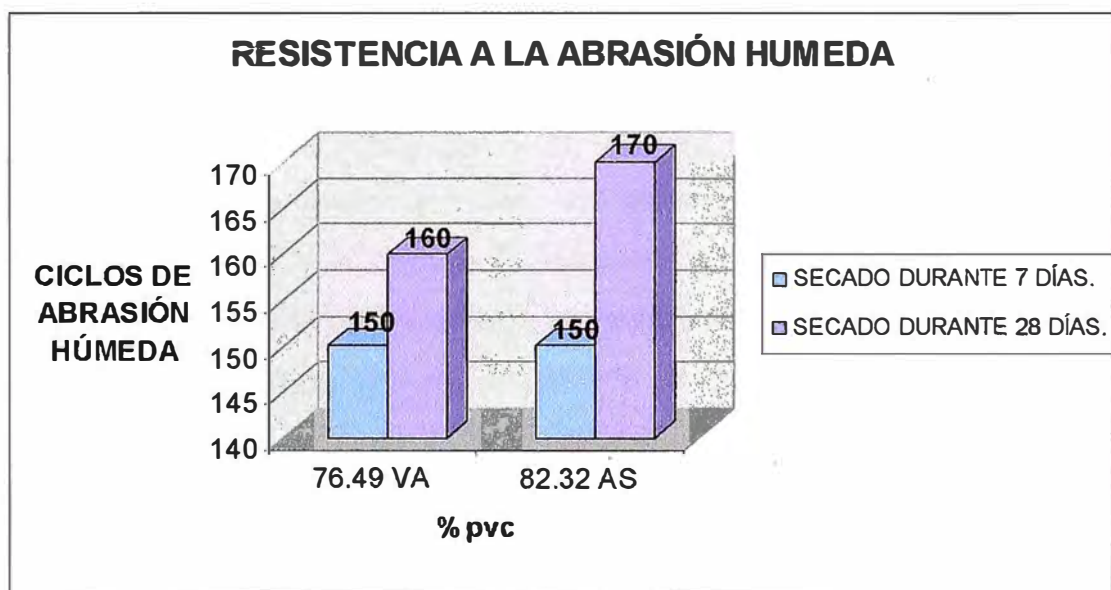


En el gráfico anterior se observa claramente que los valores, de absorción de agua, son menores para F2, para todos los ciclos. También que los valores de absorción de agua de las pinturas fabricadas con ambas resinas disminuyen con el número de ciclos. Esta es la explicación por lo cual las pinturas para fachadas aumentan su resistencia al agua de la lluvia con el tiempo que llevan aplicados. La reducción relativa para la F2 es de 20% aproximadamente y para la F1 es de 8%. La inmersión de agua repetida hidrofobiza a la pintura con AS más intensamente que a las pinturas con VA.

### 9.5.2 Resistencia a la abrasión húmeda

En el siguiente gráfico 9.4 se compara los valores de los ciclos de abrasión húmeda para las formulaciones F1 y F2 a los 7 días de secado de la película (norma ASTM D2486); y los 28 días de secado la película. Los valores de PVC se obtienen de los cuadros 9.3 y 9.5 para F1 y F2 respectivamente.

Gráfico 9.4: RESISTENCIA A LA ABRASIÓN HÚMEDA



Con la F2, con PVC de 82.32% (cuadro 9.5), a los 7 días de secado, se obtiene 150 ciclos de abrasión húmeda, comparable con la F1 con un PVC de 76.49% (cuadro 9.3).

Se puede concluir que, para obtener los mismos ciclos de abrasión húmeda se necesita menor % de resinas acrílicas estirenadas en las formulaciones que las resinas vinil acrílicas.

Las dos formulaciones a los 28 días, tienen mayores ciclos de abrasión húmeda, esta es porque a los 7 días todavía no se logra la evaporación total de los coalescentes, y por lo tanto los polímeros son blandos y no desarrollan la resistencia mecánica exigente. Este efecto perjudica principalmente a las resinas AS, como se observa en el gráfico anterior donde el incremento de este parámetro es de 13.3% (170 ciclos), comparado con la pintura con VA que es del 6.6% (160 ciclos).

## **9.6 Evaluación Económica**

Para este análisis, nos fue necesario el diseño del programa que se muestra en los cuadros 9.2 y 9.4, donde ingresando las cantidades de materia prima, nos permite obtener rápidamente el costo por kilo de la fórmula evaluada. Esta herramienta nos permite conocer si los ensayos que realizamos están dentro de las tolerancias del costo prefijado.

Del cuadro 9.2 obtenemos para F1 el costo por galón de 2.601 dólares; y del cuadro 9.4 obtenemos el costo por galón para F2 de 2.399 dólares. Dependiendo de la estructura de costos de cada empresa, esta diferencia a favor en el costo por galón para F2, otorgaría a esta hasta un 10% de ahorro en el precio de venta, que en el mercado de pinturas económicas es muy significativa.

Finalmente podemos concluir que F2, cumple con las exigencias de la Norma técnica peruana 319.216, y a la vez tiene un precio competitivo, adecuado para el mercado actual de pinturas.

## 9.7 Aportes

El aporte mayor en esta empresa, fue la creación de un departamento de investigación y desarrollo, y para ello tuve el apoyo logístico y económico de la gerencia.

Esta inversión ya tiene resultados por que nuestros productos se encuentran en la mayoría de autoservicios y en importantes obras de construcción civil.

En este informe sólo se ha referido a un desarrollo, pero fueron varios no solo en formulaciones sino también en proceso.

Uno de los aportes importante en planta fue, el ajuste de las pailas, ejes, y el disco dispersor, a las dimensiones recomendadas, consiguiéndose con esto, un ahorro del tiempo de dispersión de 1 hora y 20 minutos a 40 minutos. Complementario a estas, se hicieron modificaciones en el proceso de fabricación, como las siguientes: se redujo el porcentaje de agua inicial y la forma de incorporar el espesante celulósico, se recomendó esta incorporación en dos partes. Todo esto condujo a obtener un producto final, con mayor cubrimiento (mejor desarrollo del dióxido de titanio), y con mejor textura (mejor dispersabilidad de las cargas y menor incorporación de espuma).

Otro aporte fue en la línea de pinturas económicas, se trabajó con espesantes celulósicos de mayor grado de viscosidad, lo que permitió un ahorro de dicho producto en las formulaciones del 17%, que en el costo final de la formulación representa un ahorro del 4.5%. Este ahorro se produjo sin la necesidad de sacrificar propiedades exigidas para este tipo de pinturas.

## 9.8 Conocimientos Empleados

La actividad profesional realizada en este tipo de industria de pinturas, requiere el empleo de muchas de las materias estudiadas en la universidad.

- **Química Orgánica I y II**  
Nos permite entender la estructura química de la resina, pigmentos, de los agentes reológicos, sus posibles reacciones entre ellos y las propiedades que van a brindar al producto final.
- **Físico Química I y II**  
Para comprender las propiedades de la pintura, como la viscosidad, tensión superficial, tamaño de partículas de los pigmentos y cargas, densidad, pH, tensión de vapor de los diferentes solventes.
- **Materiales Industriales**  
Existen diferentes tipos de sustratos tales como: cemento, madera, fierro, acero, etc., que van ha ser recubiertas con pintura. El conocimiento de sus características fisico-químicas de cada uno de ellos, es importante para elegir la pintura adecuada y su correcta aplicación..
- **Laboratorios Operaciones Unitarias**  
Cuando se incursiona en el área de Desarrollo hay una estrecha relación con planta (producción), donde se utilizan procesos de dispersión, molienda, destilación, etc. y ahí se hace necesario aplicar los conocimientos de esta materia.
- **Planeamiento y Control de la Producción**  
Los conocimientos de optimización de tiempos de las diferentes unidades de producción y las técnicas adecuadas de planeamiento en todo trabajo de planta son muy necesarios.
- **Costos y Presupuestos**  
Nos ayudan a desarrollar la estructura de costos y sustentar el costo-beneficio de nuestras formulaciones.
- **Seguridad e Higiene Industrial**  
Estos conocimientos nos permiten estructurar procedimientos de trabajo seguro para el personal y el medio ambiente, obligándonos a utilizar equipos de protección personal adecuada para cada etapa del proceso.



## **CAPITULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **10.1 Conclusiones**

La única forma de que las empresas estén a la vanguardia, respecto a la competencia es invertir y trabajar en Investigación y Desarrollo; tal como se demuestra en este informe que se ha conseguido el desarrollo de una pintura económica, pero que cumple las exigencias de la NTP que está vigente en este momento. Y por lo mismo puede ser presentada en cualquier licitación pública o privada.

La resina acrílica estirenada nos permite disminuir la cantidad de resina en las formulaciones, como la realizada en F2, e inclusive mejorar sus propiedades. Este ahorro de resinas en las formulaciones, implica también una disminución de los VOC emitidos al ambiente. Por que la mayor fuente de emisión de VOC para sistemas acuosos son los disolventes y los monómeros libres que contengan las resinas, y estas dos sustancias dependen directamente de las cantidades de resina que estén presentes en la formulación.

En las formulaciones de pintura, se ha logrado grandes avances en materia de control ambiental, debido al esfuerzo de los fabricantes de resina, pigmentos y aditivos. Por ejemplo en nuestras formulaciones, para regular el pH, hemos reemplazado el amoniaco, por aminas pesadas. También se ha eliminado el uso de biocidas con componentes mercuriales, fenólicos, y compuestos de formaldehído.

Las ventajas técnicas de las resinas acrílicas estirenadas son principalmente el alto poder ligante, baja absorción de agua y la alta resistencia a la saponificación del cemento, todas estas propiedades permiten una disminución de las resina en las formulaciones hasta del 25 % como lo hemos visto en este

informe. La desventaja principal de este tipo de resina es su incompatibilidad con la resina vinil acrílica que hasta este momento lidera el mercado de pinturas económicas.

## **10.2 Recomendaciones**

Es imprescindible el desarrollo de pinturas a base acuosa de alta performance, no solo para la línea arquitectónica, sino para todas las demás líneas, porque ayudará a disminuir la emisión de VOC al ambiente.

Se debe considerar en la currícula de Ingeniería Química, cursos aplicados en el campo de recubrimientos, por que es un sector importante de la industria, donde muchos compañeros se van a desarrollar profesionalmente.

Todo producto nuevo, o una reformulación, antes de salir al mercado, debe pasar por todas las evaluaciones necesarias, que aseguren su calidad, sin omitir la evaluación en campo.

## **CAPITULO XI: BIBLIOGRAFIA**

1. **ASTM International**, “2004 Annual Book of ASTM Standards – Section 6 – Paints, Related Coatings and Aromatics – Volumes 06.01, 06.02, 06.03 y 06.04 ”, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2004.
2. **CAPRARI J. J.**, “Curso Internacional de Calidad de Pinturas y de Recubrimientos de Acuerdo a Norma ISO 12944”, CIDEPINT – ICP/PUCP, Lima, Diciembre 2000.
3. **CAPRARI J. J.**, “Curso Internacional de Tecnología en la Elaboración de Pinturas”, CIDEPINT – ICP/PUCP, Lima, Diciembre 1999.
4. **SCHWEIGGER E.**, “Manual de Pinturas y Recubrimientos Plásticos”, AETEPa-BTC, Madrid 2005.
5. **SCHWARTZ M. - KOSSMANN H.**, “Copolímeros Acrílicos y Acrílicos Estirénicos – Ligantes Modernos para las Pinturas Plásticas”, Separata de FARBE&LACK. 10/97, Ludwigshafen-Alemania, 1997, pág. 109-122.
6. **HARE, C. H.**, “Protective Coatings - Fundamentals of Chemistry and Composition”. Technology Publishing Company, Pittsburg, Pensilvania.

## **CAPITULO XII: APENDICE**

### **12.1 APENDICE A: LA NORMA TECNICA PERUANA 319.216**

1. Título: “Pinturas a base de látex para interiores y exteriores. Requisitos”.

2. Antecedentes

IRAM 1070 – “Pinturas al agua tipo emulsión para interiores”

COPANT 10:4-002- “Pinturas al agua”.

3. Alcances

La presente norma establece los requisitos que deben cumplir la pintura a base de látex, de acabado mate o satinado que se emplean en interiores y exteriores con fines de protección y decoración.

4. Campo de Aplicación

Las pinturas especificadas en la presente norma son aptas para ser aplicadas sobre superficies de mampostería, tarrajeado, estucado, madera, con fines de protección y decoración.

5. Clasificación.

Para fines de la presente norma las pinturas a base de látex se clasifican en:

Tipo I

Tipo II

Tipo III

Tipo IV

6. Condiciones Generales

Las pinturas a base de látex conservado a temperatura ambiente dentro del periodo de un año y al abrirse por primera vez, no deberá mostrar inestabilidad y/o descomposición, coágulos o sustancias gelatinosa, cualquier sedimento deberá ser fácilmente reincorporado al mezclarse con una paleta formando un producto homogéneo libre de grumos.

## 7. Requisitos

Los requisitos para cada tipo de pintura se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 12.1: REQUISITOS PARA CADA TIPO DE PINTURA**

TIPOS	I	II	III	IV
<b>5.1 Composición</b>				
- Sólidos totales, mín.	50%	48%	46%	46%
<b>5.2 Propiedades de la pintura líquida</b>				
-Viscosidad a 25°C en unidades krebs (KU)	90-110	90-110	90-110	90-110
- Finura de dispersión, en unidades Herman, mínimo.	4	3.5	3	3
- Densidad en kg/l, mínimo	1.32	1.32	1.32	1.32
<b>5.3 Propiedades de la pintura Aplicada</b>				
- Tiempo de secado				
Al tacto en minutos	60	60	60	60
Para repintar en horas	6	6	6	6
- Resistencia a la abrasión húmeda en ciclos, mínimo	1500	900	400	100

## **12.2 APENDICE B: METODOS DE ENSAYO PARA LA EVALUACION DE PROPIEDADES EN PINTURAS BASE LATEX.**

### **I. Determinación de la Resistencia a la Abrasión Húmeda**

#### 1. Norma Referencial

ASTM D 2486-79 - "Scrub resistance of interior latex flange wall Paint"

NTP 319.181 – "Determinación de la resistencia a la abrasión húmeda".

#### 2. Alcances

La presente norma establece el método para determinar la resistencia a la abrasión húmeda de las pinturas.

#### 3. Principio del método

Se basa en la aplicación de una muestra de pintura sobre una lámina de plástico negro (ver figura 7.11), la que se seca por 7 días y se somete a la acción frotante de un cepillo de cerdas de nylon, al cual se ha aplicado un medio abrasivo.

#### 4. Aparatos

Máquina para abrasión húmeda. Consiste esencialmente de un motor eléctrico montado en una plancha plana de metal y un mecanismo por medio del cual el motor imprime al cepillo un movimiento recíproco a lo largo de la lámina de prueba sujeta a la plancha. Debe tener los siguientes accesorios.

4.1 Cepillo con base de aluminio, cerdas de nylon y lámina de caucho y un soporte.

4.2 Lámina de vidrio como soporte.

4.3 Marco de ajustes y sus mordazas.

4.4 Cuña de bronce de 12.7 mm x 0.25 mm.

4.5 Lámina de plástico negro (ver figura 7.11)

4.6 Aplicador de película de 7 mils.

## 5. Reactivos

- a. Se debe usar un medio abrasivo, que no tenga más de un año de antigüedad.
- b. Detergente (triton X-100 o su equivalente)

## 6. Preparación del aparato

- c. Máquina para la abrasión húmeda. La máquina debe estar nivelada y graduada a 37 ciclos/min. Antes de cada ensayo se debe verificar la tensión de la correa del motor y los cables.
- d. Cepillo. Las cerdas deben estar niveladas antes de usarse para permitir un desgaste uniforme en la superficie pintada.

## 7. Procedimiento

- e. Se coloca la lámina de plástico sobre la lámina de vidrio.
- f. Se agita la pintura a ensayar y se filtra. Se extiende la película de pintura sobre la lámina empleando un aplicador de 7 mils. Se deja secar en posición horizontal durante 7 días.
- g. Se limpia la lámina de vidrio y se coloca en el recipiente metálico de la máquina de abrasión húmeda. La cuña debe colocarse al centro de la lámina de vidrio. A continuación se limpia la lámina de plástico y se coloca sobre la lámina de vidrio con la parte pintada hacia arriba. El marco de ajuste se coloca sobre la mitad de la pintura aplicada y se sujeta firmemente el conjunto con las mordazas.
- h. Se humedece el cepillo en la solución de detergente al 1% (ver figura 7.10), durante 24 horas, transcurrido este tiempo, se saca, y se elimina el exceso de detergente. Se coloca el cepillo en el soporte.
- i. Se agita el medio abrasivo y se extiende 10 g uniformemente sobre las cerdas, se coloca el cepillo en un extremo de la trayectoria y se humedece con 5 ml de agua en el recorrido del cepillo.
- j. Se coloca el contador de ciclos en cero y se inicia el ensayo. Después de cada 400 ciclos, si no hay fallas en la película, se

agregan 10 g de medio abrasivo, se coloca de nuevo el cepillo, se agregan 5 ml de agua en la trayectoria y se continúa la prueba.

- k. Se registra el número de ciclos necesarios para remover la película de pintura en una línea continua a lo ancho de la cuña (12.5 mm), se para la máquina y se limpia el área para determinar el punto final.

#### 8. Reporte de resultados

Se debe reportar el número de ciclos, después que la pintura se ha desgastado a lo ancho de la cuña, y las condiciones de humedad y temperatura a la cual se efectuó el ensayo.

## II. Determinación de la densidad.

### 1. Normas referenciales

ASTM D1475-85 – “Method for Standard Density of Saint”

NTP 319.002 – “Determinación de la densidad”

### 2. Alcances

La presente norma establece el método para determinar la densidad en pinturas y productos afines en estado líquido.

### 3. Principio del método

Consiste en determinar la masa de la pintura líquida contenida en un picnómetro a una temperatura de 25° C y calcular la densidad en gramos por centímetro cúbico.

### 4. Aparatos.

4.1 Un picnómetro cilíndrico de metal, provisto de una tapa con un pequeño orificio para eliminar el exceso de producto (ver figura 7.1).

4.2 Un termómetro graduado en 0.1° C.

4.2 Una balanza con aproximación de 0.1 g.

### 5. Calibración del recipiente

5.1 Se limpia el recipiente con un disolvente apropiado.

5.2 Se pesa el recipiente vacío, registrando su masa en gramos (m).



5.3 Se llena el recipiente con agua destilada y se tapa dejando abierto el orificio de reboso.

5.4 Se retira el agua con un material absorbente.

5.5 Se pesa el recipiente lleno y se registra el peso en gramos ( $m_1$ ).

## 6. Procedimiento

6.1 Se llena el recipiente con el material a ensayar, se tapa dejando abierto el orificio de reboso.

6.2 Se retira el exceso de material que sea desalojado por el pequeño orificio de la tapa.

6.3 Se pesa el recipiente lleno y se registra el peso en gramos ( $m_2$ )

## 7. Expresión de resultados

7.1 El volumen de recipiente se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$V = \frac{m_1 - m}{D}$$

Siendo:

$V$  = El volumen del recipiente, en centímetros cúbicos.

$m_1$  = Masa del recipiente y el agua en gramos.

$m$  = Masa del recipiente seco.

$D$  = Densidad absoluta del agua, en gramos por centímetro cúbico, a la temperatura especificada..

7.2 La densidad de la muestra, expresada en gramos por centímetro cúbico, se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$D_m = \frac{m_2 - m}{V}$$

Siendo:

$D_m$  = La densidad de la muestra, en gramos por centímetro cúbico

$m_2$  = Masa del recipiente lleno, en gramos.

$m$  = Masa del recipiente seco, en gramos.

$V$  = Volumen del recipiente en centímetros cúbicos.

#### 8. Reporte de resultados

Se reporta la densidad de la muestra, en gramos por centímetro cúbicos y la temperatura en que ha sido realizada la muestra.

### III. Determinación del tiempo de secado

#### 1. Norma Referencial

ASTM D 1640 – “Drying, curing, or film Formation Organic Coating at Room Temperature”

NTP 319.012 – “Determinación del tiempo de secado”

#### 2. Alcances

La norma establece los diferentes métodos para determinar el tiempo de secado al aire de una pintura.

#### 3. Campo de Aplicación

Los métodos establecidos son aplicables a aceites secantes, barnices, lacas, solución de resinas, pintura al aceite, pintura al agua y materiales afines.

#### 4. Condiciones de Prueba

4.1 El espesor de la película debe ser determinado de acuerdo al tipo de recubrimiento y previo acuerdo entre el usuario y el proveedor.

Si el espesor no ha sido determinado, puede tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones indicadas en el cuadro 12.2.

Cuadro 12.2: ESPESOR DE LA PELÍCULA SEGÚN EL TIPO DE PINTURA

MATERIAL	ESPESOR DE PELICULAS SECAS (*)
Pinturas rebajadas con Agua	$25 \pm 2$ ( $1.0 \pm 0.1$ mils)
Esmaltes	$36.5 \pm 6$ ( $1.5 \pm 0.25$ mils)
Aceites Secantes	$32 \pm 6$ ( $1.25 \pm 0.25$ mils)
Barnices	$25 \pm 2$ ( $1.0 \pm 0.1$ mils)
Lacas	$12.5 \pm 2$ ( $0.5 \pm 0.1$ mils)
Solución de Resinas	$12.5 \pm 2$ ( $0.5 \pm 0.1$ mils)

(\*) El espesor está dado en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) = 0.001 mm

4.2 La prueba debe realizarse en un cuarto bien ventilado, pero libre de corrientes de aire, libre de polvo y de luz difusa (no a la luz del sol). Se debe tener en el cuarto una temperatura entre 20 y 30 °C y una humedad relativa del 70 al 80%.

## 5. Aparatos

5.1 Micrómetro o cualquier otro dispositivo adecuado para medir el espesor de película seca.

5.2 Aplicador de película húmeda que permite obtener el espesor deseado.

5.3 Placas de vidrio, o de otro material adecuado para la aplicación de las muestras.

## 6. Materiales

6.1 Fibra de algodón proveniente de una masa de algodón absorbente.

## 7. Preparación de las Muestras

7.1 Deben prepararse por duplicado y con suficiente anticipación para poder hacer las determinaciones dentro de la jornada de trabajo.

7.2 Se aplica el material a analizar en placa de vidrio limpio, u otro sustrato de de dimensiones apropiadas. Las placas cubiertas se colocan

horizontalmente y se protegen de la acumulación excesiva de polvo, durante su secado.

7.3 Las películas de prueba se extienden con un aplicador. El cual debe proporcionar el adecuado espesor húmedo para obtener una película seca dentro de los límites indicados en el cuadro 12.2.

7.4 Se mide el espesor de película seca, con un medidor adecuado.

## 8. Procedimiento

Se analizan las películas en puntos que estén a más de un cm. del borde. Los análisis se realizan a intervalos regulares de secado: 5 minutos, 15 minutos o una hora, dependiendo de la velocidad de secado. Los diferentes tiempos de secado se determinan así:

### 8.1 Seco al tacto

Se toca suavemente la película con la punta del dedo e inmediatamente se coloca sobre una superficie de vidrio limpio observándose si hay transferencia del material al vidrio. Para efectos de esta prueba, la presión del dedo contra la película, no debe ser mayor que la requerida para dejar una huella de 0.3 a 0.5 cm. de diámetro. La película se considera seca al tacto cuando muestra un estado pegajoso, pero no se adhiere material al dedo.

### 8.2 Libre de polvo

Método de la fibra de algodón. Se separan con una pinza fibras individuales de algodón. Se dejan caer varias de ellas en puntos marcados de la película, a intervalos periódicos de secamiento, desde una altura de 2.5 cm. Se alcanza el tiempo libre de polvo, cuando las fibras de algodón se retiran soplando ligeramente sobre la superficie de la película.

### 8.3 Seco

Se ejerce moderada presión con el dedo sobre la película, se considera que esta seca, cuando la condición suave y pegajosa ya no existe y la película se siente firme al tacto.

### 8.4 Seco a fondo (Seco al manipuleo)

Se coloca la placa de prueba en posición horizontal y a una altura tal que cuando el pulgar del operador se coloque sobre la película, el brazo del operador quede en posición vertical. Se empuja, sobre la película con el pulgar ejerciendo la presión máxima con el dedo, mientras se gira un ángulo de  $90^\circ$  en el plano de la película. La película se considera seca a fondo o seca al manipuleo, cuando no ocurre ninguna distorsión de la misma.

#### 8.5 Seco duro

Con la punta del pulgar sobre la película y el dedo del medio soportando la placa, se ejerce la presión máxima del pulgar sobre la película sin girar. Se lustra suavemente el área de contacto con un paño suave. Se considera que la película está seca dura, cuando cualquier marca dejada por el pulgar, se retira completamente lustrando el área.

#### 8.6 Seco para Repintado

Una película se considera “seca para repintado”, cuando una segunda mano de pintura o un recubrimiento superior específico puede ser aplicado sin que se desarrollen irregularidades en la película tales como levantamiento ó pérdida de adhesión de la primera mano, y el tiempo de secado no exceda al máximo especificada para la primera.

### 8. Informe del ensayo.

Se reporta los tiempos para los diferentes estados de secado indicando las condiciones aplicadas.

**12.3 APENDICE C: DOCUMENTOS PROBATORIOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL**

1. Se adjunta certificado de trabajo, de la empresa SOPRIN SAC.