

300618

14



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

**"EL BIOXIDO DE TITANIO APLICADO A
LA INDUSTRIA DE LAS PINTURAS"**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
MA. DOLORES MOLINAR MANCILLA

MEXICO. D. F.

1988

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE.

pag.

Capítulo I.		
Introducción		1
Capítulo II.		
Generalidades y características del Bióxido de Titanio		
II.1	Propiedades químicas	3
II.2	Propiedades físicas y cristalográficas	3
II.3	Densidad	5
II.4	Dureza	5
II.5	Índice de refracción	5
II.6	Tamaño de partícula y su distribución	6
Capítulo III.		
Métodos de obtención del Bióxido de Titanio		8
III.1	Proceso al sulfato	9
III.2	Proceso al cloruro	13
Capítulo IV.		
Teoría y medición del poder cubriente de pigmentos blancos		
IV.1	Reflexión en la superficie	15
IV.2	Índice de refracción	18
IV.3	Difracción	19
IV.4	Espaciamento de las partículas	28
IV.5	Efecto de la absorción y desviación de la luz en el poder cubriente de pinturas blancas	37
IV.6	Cartas de opacidad	39
Capítulo V.		
Conceptos básicos del color y la percepción visual		43
V.1	La sensación del color	43
V.2	Descripción del color	44
V.3	Sistemas de orden de color	49
V.4	Sistema Munsell	50
V.5	Sistema CIE	62
V.6	Designación de color	58
V.7	Instrumentos para obtener descripciones de color	57

Capítulo VI.

<i>Dispersión y molienda</i>	59
VI.1 Razones para dispersar los pigmentos	59
VI.2 Componentes de una dispersión	60
VI.3 Procesos de una dispersión	60
VI.3.1 Humectación inicial	61
VI.3.2 Rompimiento de los aglomerados	62
VI.3.3 Floculación	63
VI.4 Determinación del grado de dispersión	64
VI.5 Dispersantes y su aplicación dentro de la industria de las pinturas	70
VI.5.1 Tipos de Dispersantes	71
VI.5.2 Aplicación de los dispersantes	73
VI.6 Los equipos de dispersión	74
VI.6.1 Clasificación de los equipos de dispersión	75
1. Mezcladores de baja velocidad	75
2. Mezcladores de alta velocidad	76
a. Dispersador Cowless	76
b. Dispersador de disco "Hockmeyer"	78
c. Molino Kady	78
3. Mezcladores de trabajo pesado "Baker Ferkin's"	81
4. Molinos de arena	82
5. Molinos de rodillos	85
6. Molinos de bolas de porcelana	88
7. Molinos de bolas de acero	90

Capítulo VII.

<i>Principales ampliandes del bífido de titanio</i>	92
VII.1 Influencia de la absorción de aceite	93
VII.2 Importancia del tamaño de partícula	94
VII.3 Resumen de características que imparten diferentes ampliandes en los sistemas emulsificados	95
- Carbonato de calcio	95
- Caolín	96
- Silicato de magnesio - talco	96
- Sílice y Tierras diatomáceas	97
- Micas	98
- Bentonita	99
- Baritas	99

<i>Capítulo VIII.</i>	
<i>Evaluación de diferentes formulaciones de pinturas emulsionadas en el laboratorio.</i>	101
VIII.1 Poder cubriente	105
VIII.2 Brillo	106
VIII.3 Amarillamiento y Blancura	107
VIII.4 Viscosidad	108
VIII.5 PH y densidad	109
VIII.5.1 PH	109
VIII.5.2 Densidad	109
VIII.6 Grado de dispersión ó finura de molienda	109
VIII.7 Rendimiento	110
VIII.8 Lavabilidad	111
<i>Resultados de las pruebas hechas en el laboratorio</i>	112
<i>Capítulo IX.</i>	
<i>Conclusiones</i>	124
<i>Anexo</i>	
<i>Propiedades principales, análisis, dispersión, resistencia al caleo y brillo de los 3 tipos de bixido de titanio producidos en el país</i>	128
<i>Bibliografía</i>	129

CAPITULO I.

INTRODUCCION.

El deseo del hombre de vivir rodeado de colores, probablemente es tan antiguo como la humanidad. La prueba más antigua nos la representan las pinturas rupestres fabricadas con pigmentos naturales. En nuestra civilización moderna, los colores cada día juegan un papel más importante. Esto nos ha llevado hacia una gran demanda de pigmentos -- blancos, ya que el color blanco, es por mucho el más utilizado.

Los pigmentos blancos son sólidos finamente divididos, insolubles en el medio en que son utilizados, que reflejan y difunden la luz visible, que incide sobre ellos casi en su totalidad. Además los pigmentos blancos deberán ser -- químicamente inertes, libres de sales solubles y no deben -- de ser afectados por las temperaturas normales. También -- deberán de ser fácilmente dispersables, tener una baja absorción de aceite, y sobre todo ser no tóxicos.

Tomando en cuenta todo lo anterior, el Óxido de Titanio es lo que más se aproxima al pigmento blanco ideal, ya que debido a sus características, ofrece muchas ventajas sobre todos los pigmentos blancos existentes, tanto en su aplicación como en su precio.

En México, Pigmentos y Productos Químicos S.A. de C.V. (PPQ), es el único fabricante de TiO_2 , utiliza el proceso -- cloruro para su obtención, y es la única empresa en Latinoamérica

mérica con capacidad exportadora. Contando con una capacidad instalada de 49,000 toneladas por año, en 1984 alcanzó una producción de 44,723 toneladas, de las cuales 18,233 fueron al mercado de exportación.

Los pigmentos de TiO_2 pueden ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones, por ejemplo, en la formación de recubrimientos, en tintas de impresión, en plásticos, cauchos, linoleum, papel, cemento, textiles, etc.

El consumo del TiO_2 es:

pinturas	58%
plásticos y caucho	20%
papel	10%
textiles	3%
tintas de impresión	2%
aplicación vítrea	2%
otras industrias	5%

Basandonos en esta información, vemos que las aplicaciones del TiO_2 son muy variadas e importantes. Debido a la íntima relación que existe con nuestra civilización, vemos que día a día la demanda de este pigmento será mayor, por lo que un mejor entendimiento de su funcionamiento y aplicación nos ayudará a lograr mejores acabados a más bajo costo.

CAPITULO II.

GENERALIDADES Y CARACTERISTICAS

DEL BIXIDO DE TITANIO

II.1 PROPIEDADES QUIMICAS.

El TiO_2 es químicamente resistente a influencias atmosféricas tales como el oxígeno, hidrógeno, dióxido de azufre, dióxido de carbono, amoníaco, etc. No es susceptible a oxidación ni a reducción. El TiO_2 es totalmente resistente a todas las sustancias químicas, exceptuando al ácido fluorhídrico y al ácido sulfúrico concentrado caliente. No reacciona con ningún ácido o base ya sean orgánicos o inorgánicos, ni con ningún disolvente o soluciones salinas. El TiO_2 es totalmente inerte, tiene una gran resistencia a la temperatura y no causa ningún efecto tóxico.

II.2 PROPIEDADES FISICAS Y CRISTALOGRAFICAS.

El bixido de titanio se encuentra en 3 formas cristalinas:

- Anatasa (tetragonal)
- Brookite (ortorrómbica)
- Rutilo (tetragonal)

De estas 3 estructuras cristalinas, únicamente la ana-

tasa y rutilo son importantes para la producción de pigmento. Sin embargo pertenecen a la misma estructura cristalina, pero existen diferencias en la red. En el tipo rutilico, el entretendido de la red se encuentra mucho más empaquetado que en el tipo anatásico, y esto produce que el tipo rutilico sea el más termodinámicamente estable entre los dos. La estructura octaédrica formada entre el titanio y el oxígeno, en el tipo anatásico, están unidas en cuatro extremos y únicamente dos en el tipo rutilico. Entre menor sea el número de uniones, la estabilidad de la red cristalina se incrementa. En esto, se encuentra basada la mayoría de las diferencias entre los dos pigmentos, no sólo en sus características físicas y técnicas, sino también en sus propiedades. En la figura No. 1 se aprecian las estructuras cristalinas del tipo anatásico y rutilico.

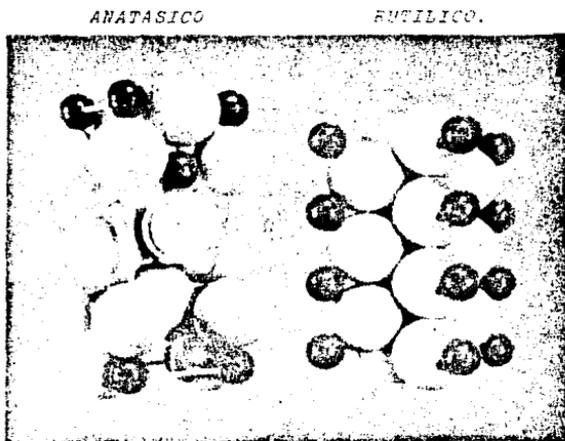


Figura 1. "Estructuras cristalinas del TiO_2 "

II.3 DENSIDAD.

Esta es una de las propiedades afectadas por la estructura de la red cristalina.

Las densidades para los dos tipos son:

- Anatasa	3.9 g/cm ³
- Rutilo	4.2 g/cm ³

II.4 DUREZA.

La dureza es la resistencia que presenta la partícula primaria a influencias mecánicas. Esta propiedad no nos lleva a una conclusión directa en cuanto a que tan abrasivo sea un pigmento. Sin embargo, la dureza no debe de ser confundida con la "Dureza de Dispersión" ya que ésta dispersión representa la dureza de los aglomerados y no de la partícula primaria.

La dureza Mohs para el TiO₂ es:

- Anatasa	5.5 - 6.0
- Rutilo	6.0 - 7.0

II.5 INDICE DE REFRACCION.

Cuando un rayo de luz pasa a través de la interfase en

tre dos objetos ópticamente distintos, ocurre el fenómeno de la refracción. Esto se mide bajo el índice de refracción, - que es obtenido como el ratio de las 2 velocidades de luz ó de las 2 longitudes de ondas en la interfase. A menudo es relacionado con el Sistema Substrato-Aire, por lo que el índice de refracción de una substancia es obtenido directamente como una constante del material. Ya que el índice de refracción indica el grado de luz refractada, éste es determinante para el poder tintoreo y cubriente de los pigmentes -- blancos.

El índice de refracción para el TiO_2 es:

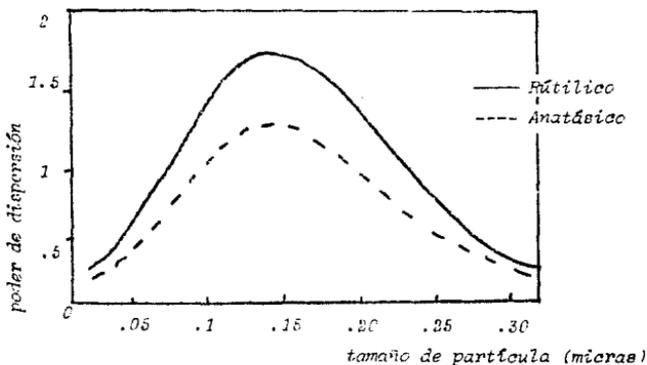
- Anatasa	1.50
- Rutilo	2.75

El índice de refracción es sumamente importante para difundir la luz entre el pigmento y el medio. Entre mayor -- sea la diferencia, mayor será el grado de difusión del pigmento blanco en particular, o sea que tendrá mayor poder tintoreo y cubriente.

II.6 TAMAÑO DE PARTICULA Y SU DISTRIBUCION.

Independientemente de los índices de refracción de los pigmentes, el tamaño de las partículas, así como la distribución de estas, tienen también un efecto inmediato en el esparcimiento de la luz (eficiencia óptica) en los sistemas -- vehículo -- pigmento. Con los pigmentos Anatóxicos y Rutilicos en vehículos aceitosos, el poder de dispersión de la -

luz pasa a través de un máximo, por ejemplo para la luz verde se encuentra entre 0.2 y 0.3 micrones. Todas las partículas por grandes ó pequeñas que sean, contribuyen a la eficiencia óptica del pigmento, por lo que es importante tener un tamaño de partícula uniforme. A continuación se muestra una figura que nos representa el poder de dispersión contra el tamaño de partícula de los pigmentos anatásicos y rútilicos.



PODER DE DISPERSION DEL TiO₂

En la práctica, la determinación del tamaño de partícula no es siempre necesario, porque en la mayoría de los casos sólo es interesante conocer el tamaño de los aglomerados de partícula. Estos se miden por medio del Grindómetro, que es un aparato que mide la finura del pigmento. (ver capítulo VI).

CAPITULO III.

METODOS DE OBTENCION DEL TiO_2

El titanio se encuentra entre los 10 elementos más comunes en la litósfera terrestre, por lo que se encuentra en casi todo tipo de rocas. Sin embargo, en solamente pocos minerales la concentración de éste es suficiente para facilitar la producción del bióxido de titanio.

La Ilmenita, es un mineral con gran concentración de titanio; se le considera como un titanato de hierro. Este mineral es el más empleado por los fabricantes de TiO_2 , ya que aproximadamente el 50% del mineral es hierro que también es aprovechado.

Existen tres métodos para obtener el bióxido de titanio de sus minerales:

1. Hidrólisis térmica de soluciones de sulfato, cloruro ó nitrato de titanio.
2. Neutralización de solución de fluoruro de titanio con a moniacó.
3. Reacción de vapores de tetracloruro de titanio con un gas que contenga oxígeno (reacción de oxidación en fase vapor).

Comercialmente los métodos más utilizados son el proceso de sulfato y el proceso cloruro.

III.1. PROCESO AL SULFATO.

El mineral inicial es pulverizado en molinos de bolas hasta alcanzar un tamaño de partícula muy fino; luego es --mezclado con ácido sulfúrico concentrado mediante aparatos de medición. La mezcla es calentada con vapor en grandes reactores llamados "digestores", hasta que el ácido sulfúrico caliente reacciona con los compuestos de titanio y hierro. Esta reacción es bastante exotérmica, por lo que el proceso puede continuar por sí sólo hasta que prácticamente se han formado todos los sulfatos de titanio y de hierro. Los productos de reacción llamados "torta de digestión", --son una masa cristalina, sólida y porosa. Después se disuelve la "torta de digestión" todavía caliente en agua, --todo el hierro trivalente es reducido a su forma bivalente --utilizando una solución concentrada de titanio +III. Esta reducción es necesaria debido a que el hierro bivalente es --más fácil separarlo del titanio, que el trivalente. Me--diante la purificación en grandes hornos de secado y una fi--na filtración, los sólidos de mineral que no han reaccionado son removidos de la solución.

De la solución completamente clara, se separa el agua --mediante evaporadores al vacío, hasta que la concentración --de sulfato de titanio es la necesaria para que se obtenga --la hidrólisis.

La solución concentrada de sulfato de titanio es dilui--da luego con agua caliente, posteriormente es hervida. Es--to produce con el titanio una reacción química, precipitan--dose como óxido de titanio hidratado y formándose ácido sul

fúrico (hidrólisis). Al encontrarse el fierro en su forma bivalente, permanece en la solución y puede separarse mediante el filtrado y lavado junto con el ácido sulfúrico de la suspensión del óxido de titanio hidratado, que ya es de color blanco. El ácido sulfúrico diluido es concentrado en varias etapas, purificado y usado nuevamente en la digestión. Ya que un sólo lavado no es suficiente para los requerimientos modernos de pureza de los pigmentos blancos, la suspensión purificada es calentada con ácido junto con agentes reductores, luego es lavada y filtrada por segunda vez. Este proceso "El blanqueado", remueve la mayoría del fierro hasta quedar únicamente milésimas de porcentaje de éste material. La filtración y el lavado se lleva a cabo en largos filtros de inmersión.

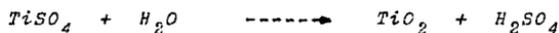
El hidrolizado purificado es ahora totalmente blanco, pero todavía no tiene ninguna propiedad de los pigmentos. Los pigmentos sólo se originan por una calcinación en hornos rotatorios. Para impartirle óptimas propiedades se adicionan pequeñas cantidades de minerales, generalmente fosfatos alcalinos, que controlan el crecimiento del tamaño de partícula, en algunos otros casos se agregan modificadores de la red cristalina y para los pigmentos del tipo rutílico se producen separadamente los núcleos.

La suspensión blanca pasa por unos filtros deshidratadores hacia el horno, se seca y después es calcinada entre 800°C y 1000°C. Los aglomerados calientes de pigmento pasan a través de un enfriador, y son molidos en un molino de péndulo y separados por una corriente de aire.

Si se quiere mejorar la estabilidad a la luz así como-

su dispersión, el producto calcinado es sometido a un proceso posterior. Para esto, los aglomerados que salen del horno son molidos finamente, mezclados con agua y agentes dispersantes y posteriormente haciéndolos pasar por un molino de cilindros (molino de rodillos). Las partículas finas son separadas mediante potentes centrifugas, mientras que los gránulos grandes son reciclados nuevamente al molino. Las partículas finas son luego recubiertas cuidadosamente por una precipitación con óxido de aluminio y/o ácido silícico, y posteriormente filtradas. Durante la filtración son lavadas con agua totalmente desmineralizada para remover las sales solubles. El producto es luego secado y molido, los aglomerados formados durante el secado son micronizados y el pigmento está listo para ser envasado.

Las reacciones que se llevan a cabo durante el proceso sulfato son:

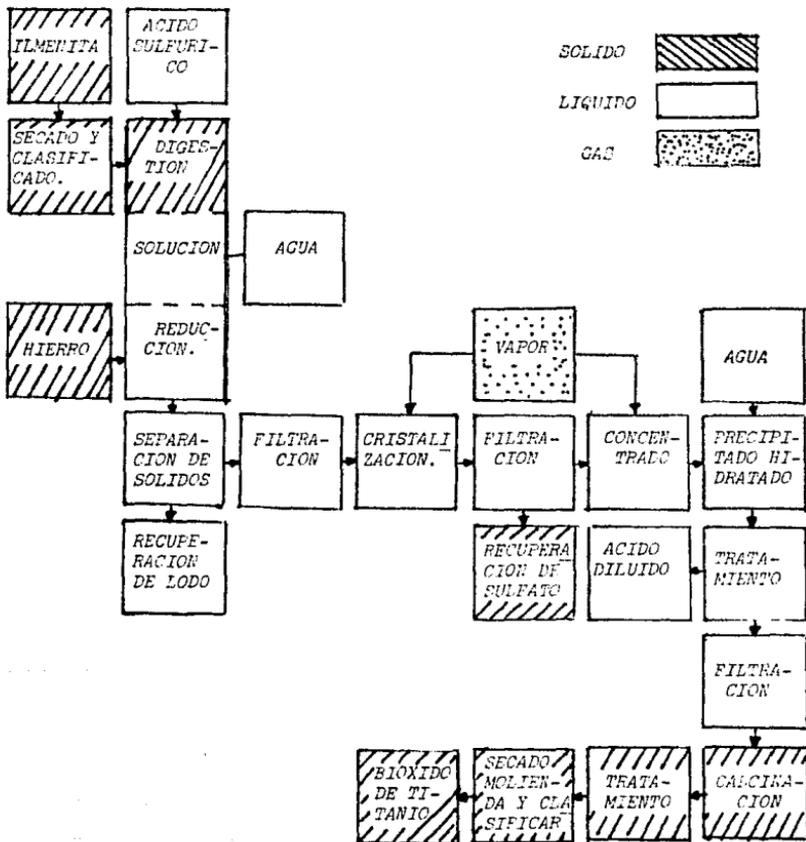


Contaminantes por 100 kg de TiO_2 producido:

Acido Sulfúrico	220 kg
Sulfato de Hierro	155 kg
Otros Sulfatos	15 kg
Sales Neutrales	<u>6 kg</u>
T o t a l	396 kg

En la siguiente figura se muestra el esquema del Proceso - Sulfato.

PROCESO AL SULFATO



III.2. PROCESO AL CLORURO.

La obtención de hidrúido de titanio por reacción de vapores de tetracloruro de titanio, comenzó a comercializarse -- por los años 50's, obteniéndose únicamente cristales rutilicos y fue hasta 1975 cuando se logró la obtención de cristales en forma de Anatasa.

En el proceso se hace reaccionar el mineral Ilmenita -- con gas cloro y carbón, en un reactor de lecho fluidizado a temperaturas entre los 900°C y 1000°C. El gas de tetracloruro de titanio es enfriado y condensado. Posteriormente es purificado mediante la destilación para obtener el tetracloruro de titanio totalmente claro y libre de cualquier metal ó impureza contaminante del mineral.

Para producir el pigmento el tetracloruro de titanio es evaporado y mezclado con el oxígeno a altas temperaturas -- formándose el hidrúido de titanio. El cloruro es recuperado y recirculado en el proceso.

Las reacciones que se llevan a cabo en el proceso al -- cloruro son:



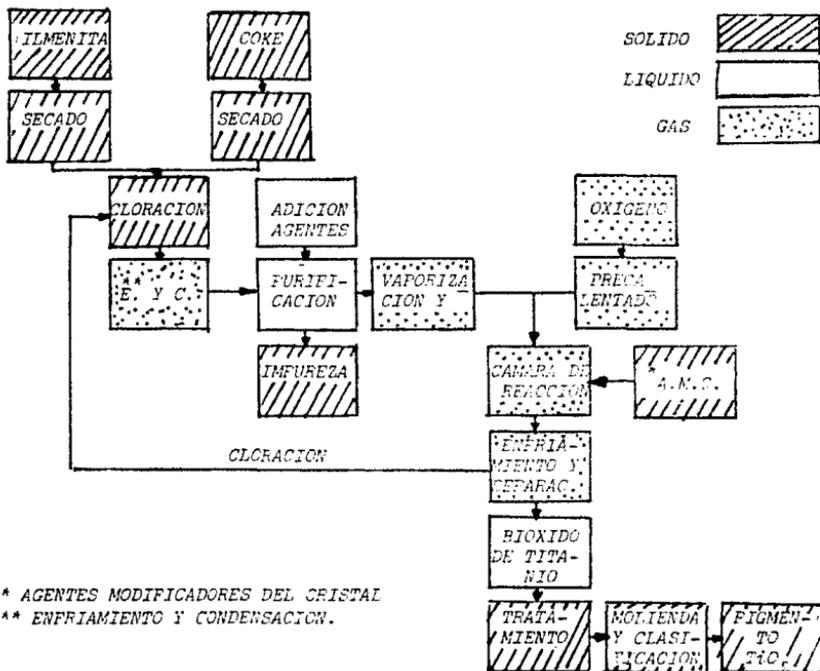
Contaminantes por 100 kg. de TiO_2 producido:

Acido Clorhídrico 18 kg

Cloruro de Hierro	85 kg.
Otros cloruros	10 kg.
Sales neutras	6 kg.
T O T A L	119 kg.

En la siguiente figura se muestra el esquema del proceso cloruro.

PROCESO AL CLORURO



CAPITULO IV.

TEORIA Y MEDICION DEL PODER CUBRIENTE DE DE PIGMENTOS BLANCOS.

Las tres condiciones básicas para que haya cubrimiento son:

1. El objetivo debe estar iluminado.
2. El objetivo debe producir algún cambio en la luz incidente.
3. Debe haber un receptor (humano ó instrumento) capaz de observar en la luz el cambio producido por el objeto.

Nota: El objeto referido aquí puede ser ó una partícula -- aislada de pigmento ó un recubrimiento completo.

Estas condiciones se aplican igualmente cuando el objeto está entre la fuente de luz y el receptor (transmisión) -- ó cuando ambos están en el mismo plano (reflexión). Sin embargo, la composición de la luz reflejada ó transmitida -- son usualmente muy diferentes. Por ejemplo, un objeto -- blanco que preferentemente refleja luz azul, preferentemente transmitirá luz amarilla. Estas consideraciones son importantes en aplicaciones tales como en los paneles plásticos difusores ó translúcidos de luz fluorescente, pero no -- son de mayor importancia en películas opacas (como las de y na pintura ó tintas). Dado que la mayoría de los pigmentos -- se venden para su uso en películas opacas, este capítulo es

tará dirigido a tales aplicaciones. Por otro lado y a menos que se establezca específicamente lo contrario, se asume que la iluminación será con luz blanca similar a la luz del día.

La figura IV.1 nos muestra dos películas con cubrimiento completo (A y B) y una con cubrimiento incompleto (C).

La película "A" tiene un pigmento blanco puro y refleja todo el rayo de luz incidente antes de que éste alcance al sustrato. Dicho cubrimiento se obtiene por el cambio de la dirección del rayo de luz.

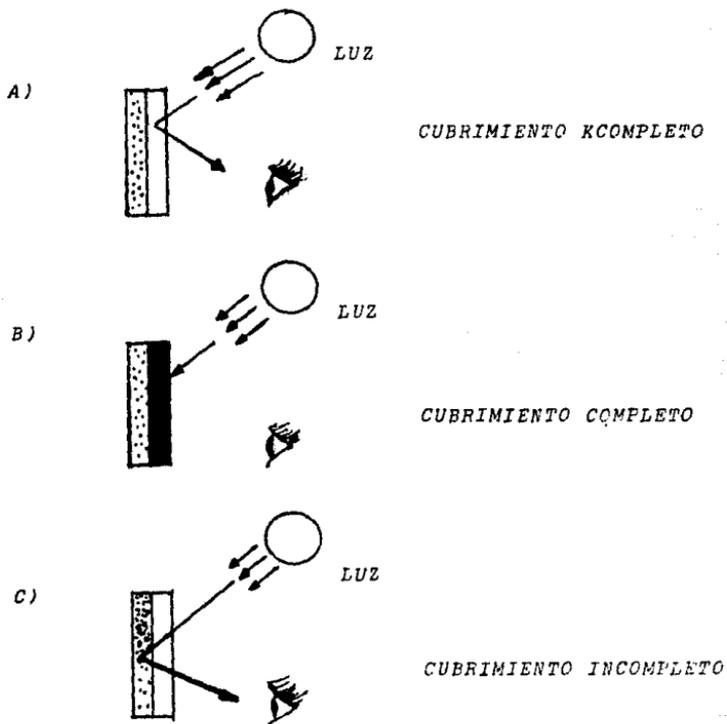
La película "B" tiene un pigmento negro puro y absorbe toda la luz incidente antes de que alcance al sustrato. En este caso la energía lumínica ha sido transformada en energía calorífica.

La película "C" tiene cubrimiento incompleto debido a que parte de la luz incidente penetra hasta el sustrato -- por varias razones que posteriormente trataremos en detalle. Sin embargo en términos generales podemos mencionar que para obtener cubrimiento, es necesario de la interacción de la luz incidente con el objeto en uno ó más de los siguientes fenómenos:

- Reflexión en la superficie.
- Refracción.
- Difracción.
- Absorción.

FIGURA IV.1

OPACIFICACION DE UNA PELICULA.



IV.1 REFLEXIÓN EN LA SUPERFICIE.

Considérese una placa de vidrio como representativa de una película de barniz no pigmentado. Las superficies A y B son líneas y paralelas entre sí, separadas por el cuerpo de vidrio de la placa. La luz incidente (L) choca primero con la superficie A, y una porción de L es reflejada inmediatamente sin haber penetrado en el cuerpo. El resto de L penetra a través del cuerpo y choca con la superficie B. Aquí nuevamente una porción de la luz es reflejada hacia arriba y la otra escapa a través de la superficie B. La porción de luz reflejada hacia arriba choca con la parte inferior de la superficie A y una porción de ella es reflejada hacia abajo, mientras que el resto escapa a través de la superficie A. Este proceso continúa hasta que el rayo de luz dentro del cuerpo logra escapar.

El efecto neto de todas esas reflexiones es reducir la cantidad de luz que pasa a través de la placa por desviación de una porción de la luz incidente. Con una sola placa, el efecto visual es demasiado pequeño para detectarse. Sin embargo, si se apilan muchas placas el efecto adicional daría como resultado un cubrimiento completo del objeto colocado bajo la pila. En contraste, si tuviéramos una barra sólida de vidrio del mismo espesor de la pila pero con sólo dos superficies en la trayectoria de la luz incidente, la barra sería completamente transparente. Sin embargo, si bien una película de polvo de vidrio finamente dividido ó una hoja de papel seco y sin cargas, dan la apariencia de ser bastante opacos, ambos llegan a ser transparentes si se emmergen en líquidos como agua, aceite mineral ó cera fundi

da. Estas experiencias nos conducen a la consideración -- del fenómeno de refracción.

IV.2 INDICE DE REFRACCION.

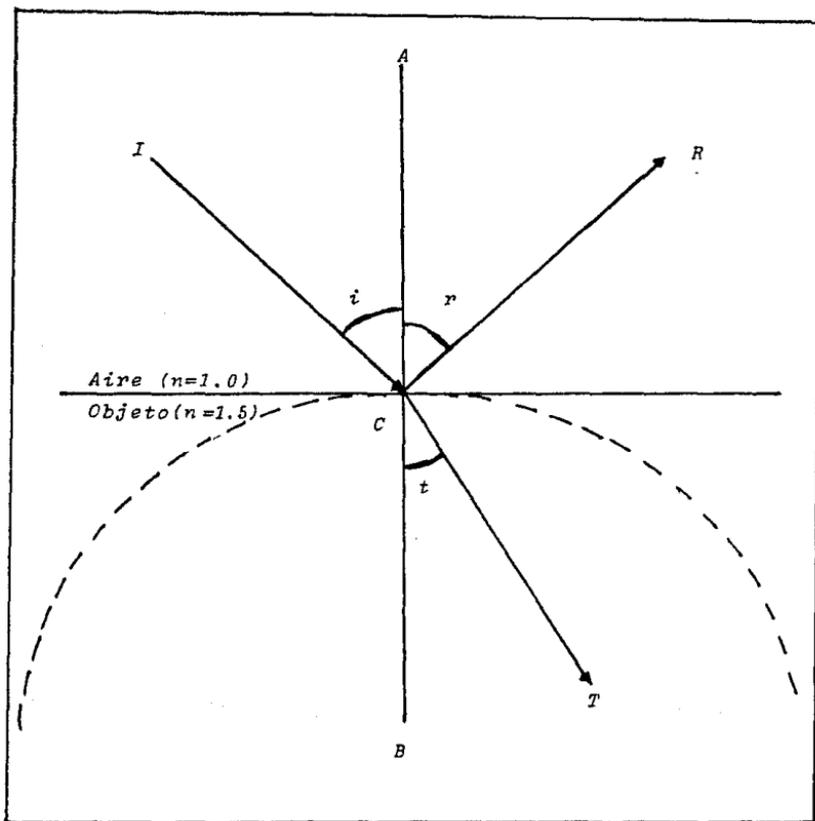
El índice de refracción " n " de cualquier sustancia es - la relación de velocidades de la luz en el vacío y en la sustancia.

El valor de " n " para el aire es de cerca de 1.0003 pero generalmente se toma como 1.000. El valor de " n " para la mayoría de las sustancias está usualmente dado con un solo valor (ver tabla I); sin embargo, para la mayoría de los materiales, " n " varía con la longitud de onda de la luz re---fractada.

Aunque " n " se define usualmente en términos de una relación de la velocidad de la luz para una sustancia en particular, el caso más usual es aquel en que la luz primero--viaja a través del aire de índice de refracción " n_1 ", antes de entrar en el objeto en consideración (tal como una película de pintura o partículas de pigmento) de índice de refracción " n_2 ". Dado que la velocidad de la luz en el aire (con $n=1.0$) es más rápida que lo que tiene en un objeto de más alto índice de refracción (con $n=1.6$), la dirección--en la cual la luz viaja, cambia cuando viene el aire y entra en el objeto. En este caso la trayectoria de la luz - se desvía hacia la perpendicular AB (ver figura IV.2). La luz incidente (1) golpea el objeto en C con un ángulo " i " con la-

FIGURA IV.2

DESVIACION DE UN RAYO DE LUZ-LEY DE SNELL.



perpendicular AB. Parte de la luz (R) es reflejada en la superficie con un ángulo "r" que es igual al ángulo "i" y - parte de la luz (T) es transmitida a través del objeto con - un ángulo "t", ó ángulo de refracción, que es más pequeño - que el ángulo "i". El cambio en dirección de la luz si- gue la ley de Snell la cual se expresa así:

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } t} = \frac{n_2}{n_1}$$

El ángulo "t" es mayor para longitudes de onda de luz- más grandes. De acuerdo a esto, la luz blanca puede ser - separada en sus componentes (el arco iris) con un prisma de vidrio triangular.

Conforme el tamaño de la partícula que está siendo ilu- minada va siendo menor, pero no menor que aproximadamente - diez veces la longitud de onda de la luz, el proceso de re- flexión y refracción llega a ser más complejo y se ajusta a un análisis más sofisticado conocido como Ley de Fresnel. - Cuando el objeto es menor que diez veces la longitud de on- da de la luz (como el tamaño de las partículas de pigmento), el proceso de desviación de la luz llega a ser aún más com- plejo porque algo de la luz pasa alrededor de la partícula- y entonces es difractada en vez de ser reflejada ó refracta- da. Las leyes que explican las desviaciones de la luz han sido exploradas por Rayleigh, Mie, Shoulykin, Stutz, King y Oster.

Para nuestros fines, simplemente consideramos la des- viación de la trayectoria de la luz como una función de la-

diferencia de índices de refracción y del tamaño de partícula. A continuación y cuando se vea el fenómeno de Difracción, se mostrará que el diámetro óptico de una partícula de pigmento está entre 0.15 y 0.25 micras (aproximadamente $\frac{1}{2}$ de la longitud de onda promedio de la luz blanca).

La figura IV.3 ilustra dos partículas esféricas de pigmento A y B, donde A tiene un índice de refracción mayor -- que B. Dado que las superficies de las partículas son curvas, la desviación de la luz es más difusa que la que sería por ejemplo, en una superficie plana como la de un portaobjetos de un microscopio. El grado de desviación de la luz es más grande en el pigmento A por su mayor índice de refracción como se encontraría al comparar TiO_2 rutilico contra TiO_2 anatásico. El efecto del índice de refracción se muestra esquemáticamente en la figura IV.4; y su influencia en la opacidad de una película de pintura se ilustra en la figura IV.5. El calcio y el carbonato de calcio que -- tienen índices de refracción casi iguales al del vehículo -- no producen casi desviación de la luz, mientras que el óxido de zinc y los hidratos de titanio rutilico y anatásico -- (en volúmenes iguales) aumentan la desviación en proporción directa al aumento en el índice de refracción. Nótese que cada pintura tiene un nivel de pigmentación correspondiente al de un acabado de alto brillo muy abajo de la concentración volumétrica de pigmento crítica donde cada partícula de pigmento está completamente cubierta con vehículo, sin que quede vehículo libre.

FIGURA IV. 3

REFRACCION DE UN RAYO DE LUZ POR PARTICULAS ESFERICAS.

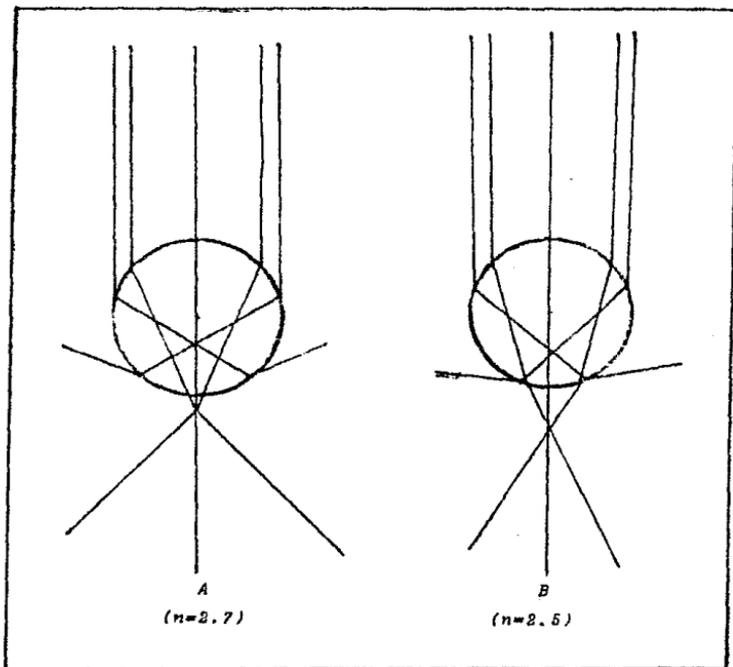
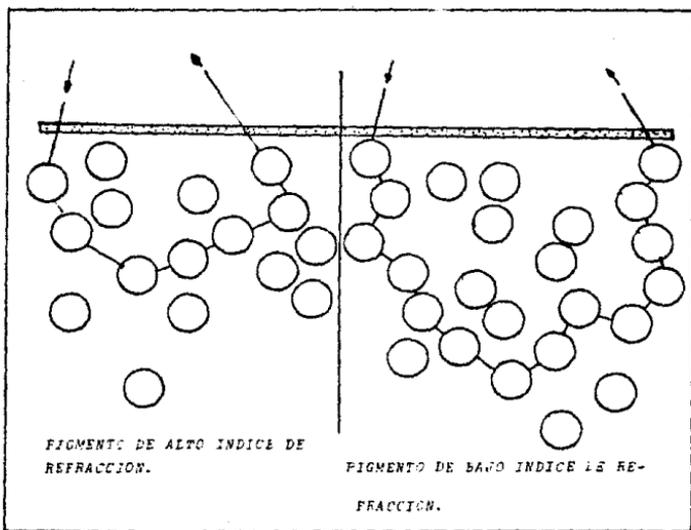


FIGURA IV.4

TRAYECTORIA DE LA LUZ EN UNA PELICULA
PIGMENTADA DE BLANCO.





IV.3 DIFRACCION.

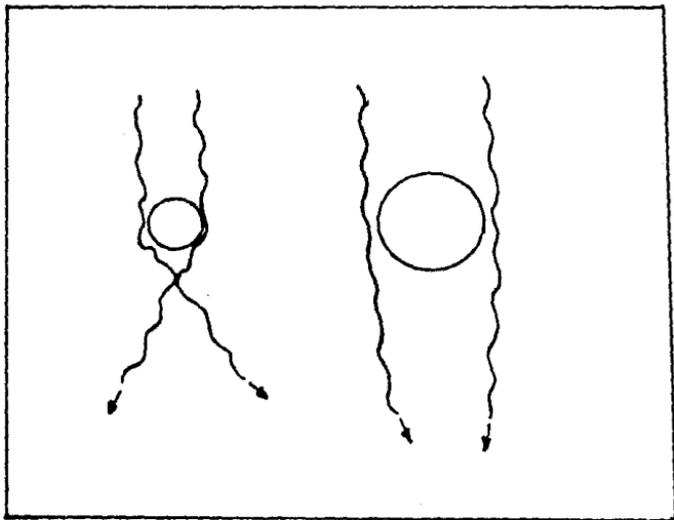
Cuando el diámetro de la partícula es menor de alrededor de diez veces, la longitud de onda de la luz, pero significativamente mayor que las dimensiones moleculares, parte de la luz incidente se desvía alrededor de ella si pasa lo suficientemente cerca de la partícula (en el orden de la mitad del diámetro de la partícula) (ver figura IV.6).

Dentro de los límites de tamaño de partícula especificados, el ángulo de difracción ó la desviación del rayo de luz por este efecto, es inversamente proporcional al diámetro de la partícula. Para cualquier partícula aislada, la desviación por difracción es predominantemente hacia adentro del medio pero el efecto neto de muchas difracciones sucesivas alrededor de muchas partículas es de regresar parte de la luz y desviarla hacia afuera del medio. Si las partículas se aproximan a las dimensiones moleculares, no producen desviación y aparecen disueltas en el medio en el cual están dispersadas. Si son coloidales por su tamaño, la desviación se reduce a una trayectoria bien definida, no significativamente mayor que el del haz de luz incidente. Este fenómeno se conoce como efecto Tyndall. Para fines prácticos una buena aproximación del diámetro de partícula óptimo para desviar la luz es de $\frac{1}{2}$ de la longitud de onda de la luz que va a ser desviada.

La longitud de onda promedio de la luz blanca es de -- aproximadamente 550 nanómetros (0.55 micras), consecuentemente, el diámetro óptimo de la partícula de pigmento es de aproximadamente 0.27 micras. Los pigmentos comerciales de -

FIGURA IV. 6

DIFRACCION DE LA LUZ ALREDEDOR DE
PARTICULAS ESFERICAS.



bióxido de titanio tienen un tamaño aproximado de 0.20 micras para favorecer la desviación de las longitudes de onda más cortas (azul). La figura IV.7 ilustra la intensidad de desviación relativa (u opacidad) de la luz azul, verde y roja como función del tamaño de partícula del TiO_2 rutílico. Nótese que a un diámetro de 0.20 micras, la intensidad de desviación del verde y del rojo está cerca del máximo y que la del azul es relativamente mucho más alta que la obtenida con partículas de diámetro mayor.

El control del tamaño de partícula en la producción de pigmentos, permite el control de su tonalidad (azulosa ó amarillenta) el cual es vital para uniformidad en el desarrollo del poder tintóreo. Dado que la luz es difractada cuando pasa alrededor de una partícula es preciso considerar la influencia del espaciamiento de las partículas.

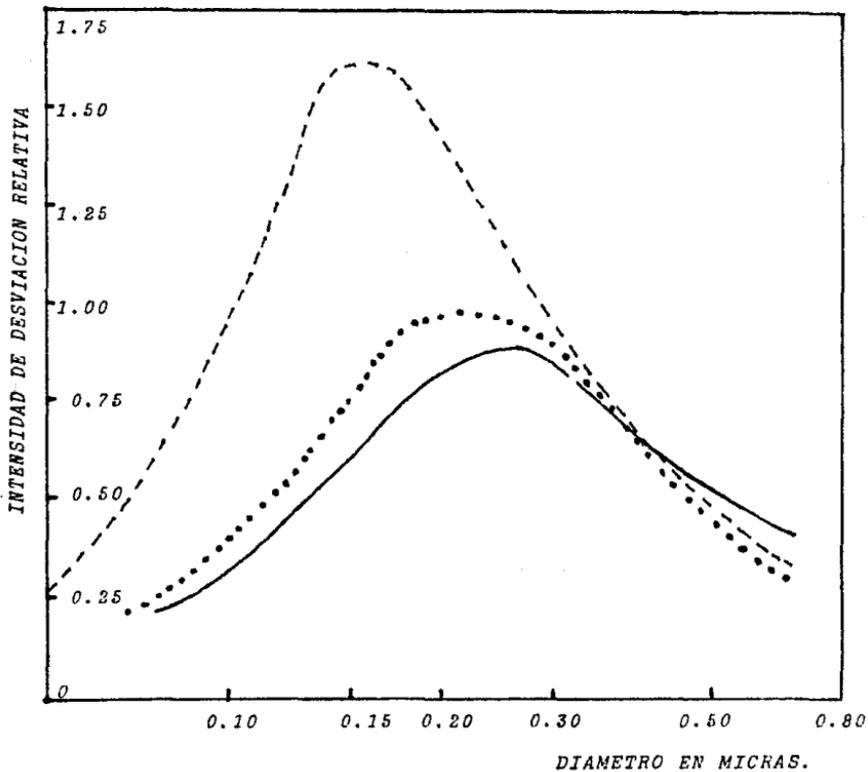
IV.4 ESPACIAMIENTO DE LAS PARTICULAS.

Si las partículas de pigmento tienen el tamaño adecuado para desviar la luz, la difracción puede ocurrir en una área concéntrica a la partícula siempre que el rayo de luz pase al menos a una distancia igual al radio de la partícula.

El área del círculo interior ó sea el de la partícula y en donde sucede la refracción es por lo tanto, solamente el 30% del área total considerando ésta como el área de la partícula más el área concéntrica donde puede ocurrir la di

FIGURA IV.7

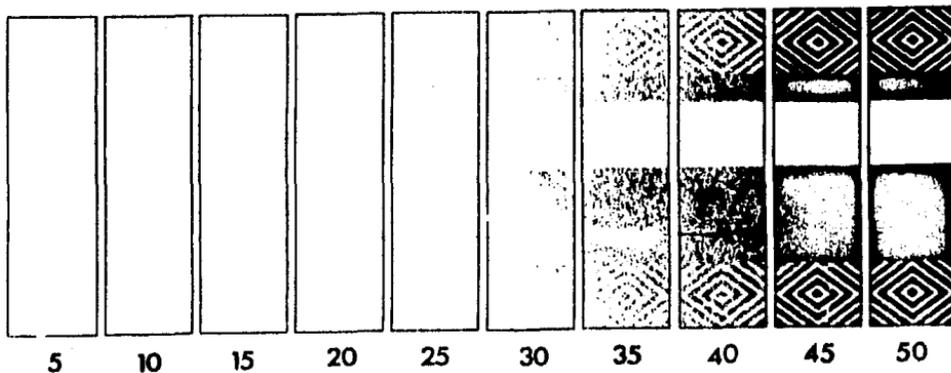
PODER CUBRIENTE RELATIVO A TRES LONGITUDES DE ONDA.



fracción. En otras palabras, el área efectiva en la cual aparece el fenómeno de difracción es de 70% del total. Es to es cierto para partículas aisladas ó para partículas su- ficientemente separadas. Sin embargo, si dos partículas - adyacentes están a una distancia menor que el diámetro de u na partícula, una partícula neutraliza la difracción de su vecina y por lo tanto disminuye la eficiencia total de des- viación de la luz. Este efecto se muestra drásticamente - en la figura IV.8 donde cada partícula contiene la misma can- tidad de TiO_2 por unidad de área. Nótese que conforme la- concentración volumétrica de TiO_2 aumenta y por lo tanto -- las partículas están más amontonadas, la eficiencia del cu- brimiento (por unidad de peso de TiO_2) disminuye marcadamente. Cuando estas mismas pinturas se entonan con negro (u- igual relación de negro- TiO_2), al igualmentr se aprecia una disminución notoria del poder tintoreal del TiO_2 . Aún más, se puede notar también un aumento pronunciado en el azula- miento del gris con el aumento en la concentración volúme- trica del TiO_2 . Este cambio en el azulamiento se debe a - que la eficiencia de desviación de las longitudes de onda - largas (rojo) de la luz se ve afectada más por el amontona- miento de partículas que las longitudes de onda cortas (a- azul). Por lo mismo, una mezcla simple de TiO_2 y color no- producirá el mismo color en un esmalte brillante de baja -- concentración volumétrica de pigmento que en una pintura ma- te de alta concentración volumétrica de pigmento. Aunque - todos los pigmentos que tienen habilidad para desviar la -- luz pierden esta eficiencia conforme se compactan, la rela- ción a la cual ocurre esta pérdida varía con el tamaño de - partícula. Las partículas de TiO_2 en el range de 0.225 μ - ras de diámetro, como las del pigmento A de la figura IV.9 desvían mejor la luz cuando no están compactadas en la pe-

EFFECTO DEL COMPACTAMIENTO DE PARTICULAS EN EL PODER CUBRIENTE.

× C.V.P.

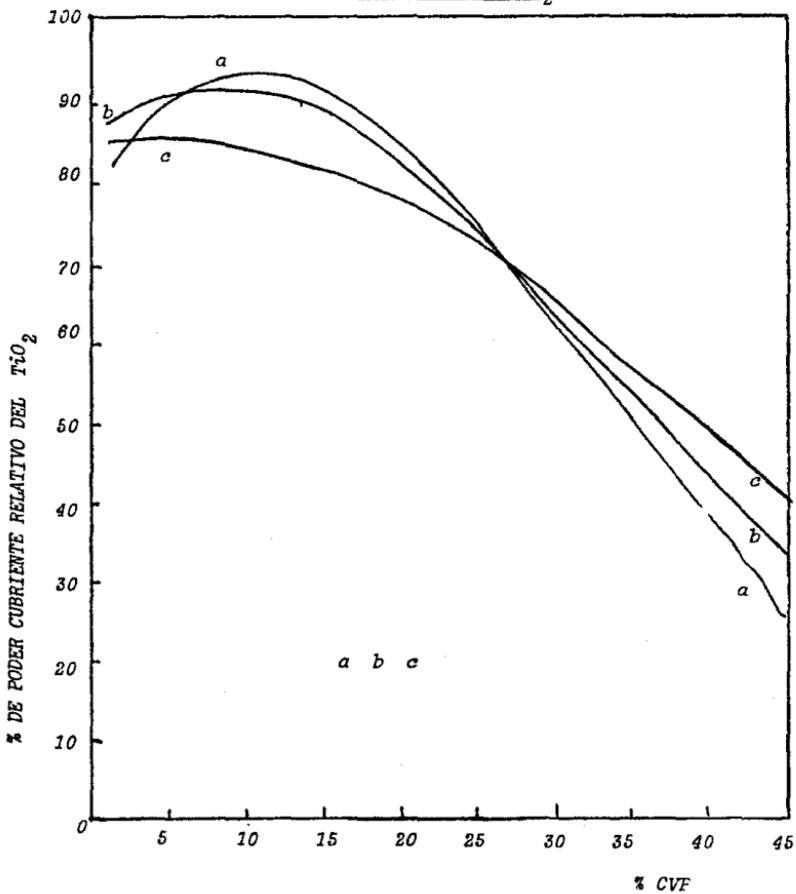


LAS PELICULAS VARIAN EN ESPESOR
PERO TIENEN LA MISMA CANTIDAD DE TiO_2 /UNIDAD DE AREA

FIGURA IV.9

COMPARACION DEL PODER CUBRIENTE DE TRES

TAMANOS DE PARTICULA DE TiO_2 .



lícula (a una CVP de 10 a 15%) y son superiores a partícu-
las más grandes, como las del pigmento B, de 0.25 micras de
diámetro promedio ó las del pigmento C con 0.275 micras de
diámetro promedio. Sin embargo, conforme la pigmentación
aumenta, las partículas pequeñas pierden su eficiencia para
desviar la luz más rápido que las partículas grandes y apro-
ximadamente a 25% de CVP es igual para ambas. Conforme au-
menta el compactamiento, las partículas grandes son más efi-
cientes en la desviación de la luz que las partículas peque-
ñas. Esta es la razón principal por la cual un pigmento -
no desarrolla el mismo valor en uso (en cuanto a cubrimien-
to) en un esmalte brillante contra una pintura mate.

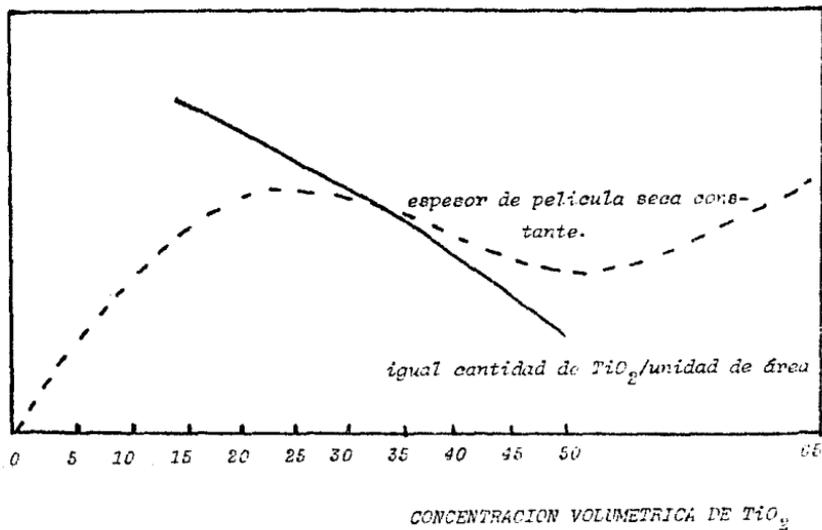
Sin embargo, la eficiencia en la desviación de la luz,
no debe ser confundida con la opacidad aparente. Conforme
se añade TiO_2 a un vehículo, la opacidad a espesor de pel-
ícula constante, aumentará a un máximo cuando se llega a un-
25% ó 30% de CVP con suficiente vehículo libre remanente pa-
ra mantener el brillo del esmalte (ver la línea curva pun-
teada de la figura IV.10). Al mismo tiempo, la eficiencia
en cubrimiento del TiO_2 disminuye (ver la línea sólida de -
la figura IV.10).

Conforme la CVP del TiO_2 aumenta arriba de 30%, la opa-
cidad disminuye porque la eficiencia para desviar la luz -
cae más rápido que el aumento de eficiencia en desviación -
obtenido por la refracción que se consigue por la adición -
de más de TiO_2 . Este comportamiento se mantiene hasta que
no hay suficiente vehículo disponible para cubrir todas las
partículas de TiO_2 y se logra una interfase aire-pigmento.-
En este punto, se llega a la concentración volumétrica cri-

FIGURA IV.10

EFFECTO DE LA CONCENTRACION VOLUMETRICA
DE PIGMENTOS EN LA OPACIDAD.

OPACIDAD



tica de pigmento (C.V.C.P.) y se obtiene cubrimiento en seco que aumenta más rápidamente, con la consiguiente pérdida de brillo.

TABLA I.

INDICES DE REFRACCION DE VARIOS VEHICULOS Y PIGMENTOS BLANCOS.

Substancia.	$I.R. = \frac{\text{vel. de la luz en el vacio}}{\text{vel. de la luz en la substancia}} = n$
Vaefo	1.0000
Aire	1.0003
Acete de soya	1.48
Acete de Linaza Refinado	1.48
Acete de Tung	1.52
Resina Vinilica	1.48
Goma Laca	1.52
Erea	1.52
Formal-Formaldehido	1.54
Urea	1.66
Tierra Diatomicea	1.45
Silice	1.55
Sulfato de Calcio	1.59
Baritas (BaSO ₄)	1.64
Litopone	1.84

<i>Sulfato Básico de Blanco de Plomo</i>	1.93
<i>Carbonato básico de Blanco de Plomo</i>	1.94 - 2.09
<i>Oxido de Zinc</i>	2.02
<i>Oxido de Antimonio</i>	2.09 - 2.24
<i>Sulfato de Zinc</i>	2.37
<i>Bióxido de Titanio Anatóxico</i>	2.55
<i>Bióxido de Titanio Rutílico</i>	2.76

EFFECTO DE LA ABSORCIÓN Y DESVIACIÓN DE LA LUZ
EN EL PODER CUBRIENTE DE PINTURAS BLANCAS.

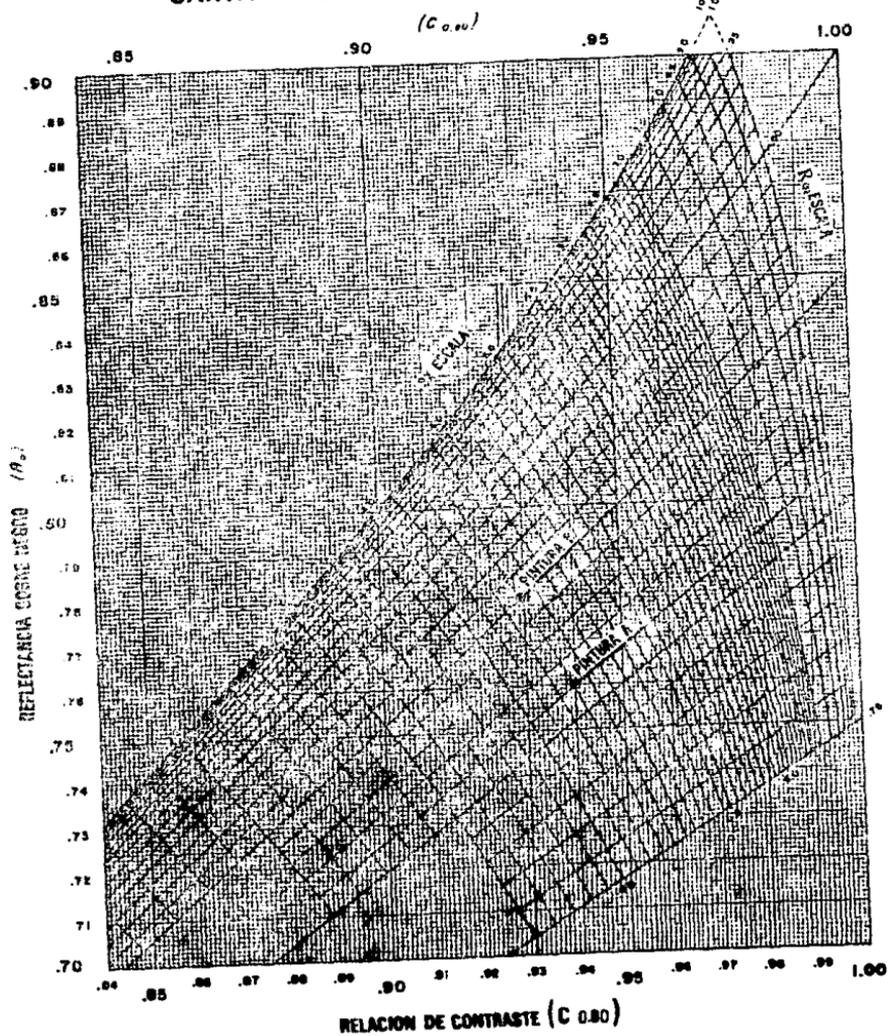
Cuando se evalúa el recubrimiento de una pintura blanca es necesario hacer una distinción entre el poder cubriente obtenido por absorción de la luz y el obtenido por desviación de la luz. A menudo encontramos que el término -- "Poder Cubriente" es usado incorrectamente para describir la habilidad de desviar la luz propia de los pigmentos del TiO_2 . Como todos sabemos, se incrementa el cubrimiento -- "entoncando" acabados blancos con pigmentos absorbentes de luz como negro de humo tal como fue demostrado por Madson y Lilley (en el "Official Digest" de Octubre 1968).

Este método se usa comúnmente para mejorar el Poder Cubriente pero siempre a expensas del brillo. La ventaja económica delóxido de Titanio está fundamentada solamente en su habilidad para cubrir por desviación de la luz sin absorción apreciable, para proporcionar una película blanca de alta brillantes.

La carta de opacidad (figura 11) fue construída de ecuaciones de Kubelka Munk para comparar la habilidad para desviar la luz de una película de pintura blanca. Convirtiendo los datos de reflectancia de película a coeficientes de Poder de Desviación podemos comparar pinturas en su verdadera habilidad de proporcionar "Poder Cubriente por el -- Blanco" diferente del cubriente conferido por absorción de la luz.

FIGURA IV.11

CARTA DE OPACIDAD DE KUBELKA MUNK



Las cartas de Opacidad se usan primordialmente para -- mostrar diferencias cuantitativas en la habilidad para desviar la luz en pinturas blancas ó casi blancas. En las -- cartas el valor SX se refiere a la habilidad para desviar -- la luz de una película con coeficiente de desviación (S) y -- espesor (X).

Cuando se hacen comparaciones de Poder Cubriente de la pintura a igual espesor de película (lo cual es una práctica común), el valor SX es directamente proporcional a S. R° es blancura de una película a cubrimiento completo. R_0 es la reflectancia de una película sobre un sustrato negro.

El significado de trabajar con coeficientes de desviación de la luz mejor que con la relación de contraste se -- muestra en los siguientes datos tomados del ejemplo de la -- figura 11:

<u>Pintura</u>	<u>Relación de Contraste</u>	<u>R°</u>	<u>R_0</u>	<u>SX</u>
A	0.94	0.81	0.78	4.3
B	0.83	0.85	0.78	4.3

Ambas pinturas en este caso tienen un valor de SX de -- 4.3 lo cual indica que tienen igual poder de desviación de -- la luz no obstante que la pintura A tiene más cubrimiento -- total en virtud de una mayor absorción. Si la pintura B --

se entonara a 0.81 de blancura igualarla en cubrimiento total a la pintura A. Si el ejemplo mostrara SX diferentes, la desviación de la luz adicional necesaria para la pintura más pobre (E) para igualar el cubrimiento, es proporcional a la diferencia en SX.

Muchas variaciones de este ejemplo son posibles. Pinturas iguales en relación de contraste pueden tener diferentes habilidades en desviar la luz. Una pintura con relación de contraste más alta puede inclusive ser más pobre en la desviación de la luz que una pintura más brillante de menor relación de contraste. En general las pinturas más blancas están en desventaja cuando se comparan sobre la base de relación de contraste solamente.

La carta de opacidad también puede ser usada para expresar el cubrimiento en términos de m^2 /(lt. de pintura). Usando los datos de las pinturas A y B de la figura 11 y mediciones de m^2 /(lt. de pintura) de películas delgadas de prueba podemos calcular m^2 /(lt. de pintura) a cubrimiento total (R. de C. = 0.96). Por ejemplo la pintura A requiere un SX de 8.7 para una relación de contraste de 0.98; esto significa, ya que S es constante, que necesitamos una película 1.56 veces más gruesa que la película de prueba. Ver tabla IV.1.

Ya que los m^2 /(lt. de pintura) es inversamente proporcional a X, los m^2 /(lt. de pintura) para cubrimiento completo de la pintura A es de 12.5 m^2 /(lt. de pintura) aproximadamente.

"Propiedades obtenidas de la Carta de Densidad figura IV.11"

	PINTURA	PELICULA DE PRUEBA			PELICULA A " CUBRIMIENTO COMPLETO" (R. de C. = 0.98)			
	R. de C.	R ^{oo}	SX1	$\frac{m^2}{lt. de pint.}$	R ^{oo}	SX2	$\frac{SX2}{SX1}$	lt. de pint.
A	0.94	0.81	4.3	19.5	0.81	6.7	1.56	12.5
B	0.93	0.85	4.3	19.5	0.85	7.7	1.79	10.9
C	0.94	0.81	4.7	19.5	0.81	6.7	1.56	12.5

De la tabla podemos de nuevo mostrar que la pintura B tiene igual poder de desviación que la pintura A pero menor cubrimiento hasta que se entona para igualar la blancura de A.

En el ejemplo, las tres coordenadas R. de C., R_0 y R^{00} intersectan en un punto. En la práctica real éste no es siempre el caso. La estructura de la película y las mediciones de reflectancia no son teóricamente ideales por lo que los valores diferentes de SX pueden ser obtenidos dependiendo de cuáles dos de las tres coordenadas son usadas. En algunos casos, cuando se usa R. de C. y R_0 , es posible llegar a un punto "fuera" de la gráfica, arriba de 1.00 de blancura. Aunque esto teóricamente no es verdadero el valor SX extrapolado de dicho punto es satisfactorio para su uso práctico.

Cuando se comparan un grupo de pinturas, solamente es esencial usar el SX determinado del mismo par de coordenadas.

Se ha encontrado que la R. de C. y R_0 son las coordenadas más convenientes para usarse porque no se necesita un ensayo por separado para medir la blancura.

Las cartas Kubelka Munk se usan con cartas de poder cubriente cuyo sustrato blanco tiene blancuras igual a 0.80 en una escala donde el óxido de magnesio tiene un valor de R^{00} IGUAL A 1.0 .

CAPITULO V.

CONCEPTOS BASICOS DEL COLOR Y LA PERCEPCION

VISUAL.

El color tiene una fuerte influencia en la venta de la mayoría de los bienes, desde automóviles hasta productos para el hogar. En consecuencia es muy importante establecer una comunicación precisa entre estilistas, formuladores y fabricantes de productos coloreados. Con el tiempo nos hemos ido acostumbrando a asociar los objetos de nuestro medio ambiente con el color, por ejemplo "azul cielo", "blanco nieve", ó "verde jade". Este fue, y aún es, un método de comunicar la sensación del color; sin embargo, puesto que la percepción individual y la interpretación del color difieren, esta no es una forma realista de implantar un control ó especificación del color. El reconocimiento de este hecho ha llevado a desarrollar métodos no ambiguos para caracterizar y especificar los colores.

V.1 LA SENSACION DEL COLOR.

La luz a la cual el ojo humano es sensible, se extiende de aproximadamente 4000 a 7000 angstroms, ó sea una porción muy pequeña del espectro electromagnético. La distribución e intensidad de las longitudes de onda son detectadas por el ojo y transmitidas al cerebro, en donde las señales -

son interpretadas como color. No se dará aquí una estructura detallada del ojo, sin embargo, cuando la retina es expuesta a la luz brillante, pigmentos en los conos absorben la luz y la excitan a los nervios sensitivos. La visión del color ocurre porque hay tres diferentes pigmentos involucrados que tienen diferentes espectros de absorbancia. Cuando la luz "blanca" incide sobre un objeto una parte puede ser absorbida, reflejada (esparcida) ó transmitida a través del objeto y estos objetos pueden ser descritos como opacos, translúcidos ó transparentes. Estos términos descriptivos son una interpretación subjetiva de las cantidades de luz absorbida, esparcida y transmitida.

V.2 DESCRIPCION DEL COLOR.

El color puede describirse por tres propiedades:

- Tono: rojo, amarillo, verde, azul, etc.
- Luminosidad: grado de claridad y oscuridad, también llamada profundidad, valor ó reflectancia luminosa.
- Intensidad: distancia de un gris de la misma luminosidad, también llamada croma, saturación.

Estas características pueden ser entendidas si se consideran las curvas de reflectancia para varios colores opacos distintos, obtenidas con un espectrofotómetro. Un espectro fotómetro mide la relación de luz reflejada a luz incidente (% de reflectancia) a medida que se varía la longitud de onda de la luz incidente.

Una gráfica de por ciento de reflectancia contra longitud de onda se conoce como curva de reflectancia espectrofotométrica. Los espectrofotómetros pueden ser usados para medir la luz transmitida (% de transmitancia); sin embargo, la mayor parte de nuestro trabajo se relaciona con cuerpos opacos, y la siguiente discusión se limita a la reflectancia.

El pico de máxima reflectancia indica el tono aproximado como se muestra en la figura V.1.

La luminosidad depende de la cantidad de radiación reflejada. La figura V.2 muestra cómo los espectros de reflectancia varían para un color claro y uno obscuro.

La intensidad se relaciona con la pureza de la radiación, ó agudeza ó pendiente del pico, como se muestra en la figura V.3.

Cada pigmento ó combinación de pigmentos dará una curva de reflectancia espectrofotométrica única. Con suficiente experiencia es posible hacer razonables suposiciones en cuanto al tipo químico del material del color presente a partir de la forma de la curva espectrofotométrica.

FIGURA V.1

LONGITUDES DE ONDA PREDOMINANTES RELATIVAS AL
TINTE.

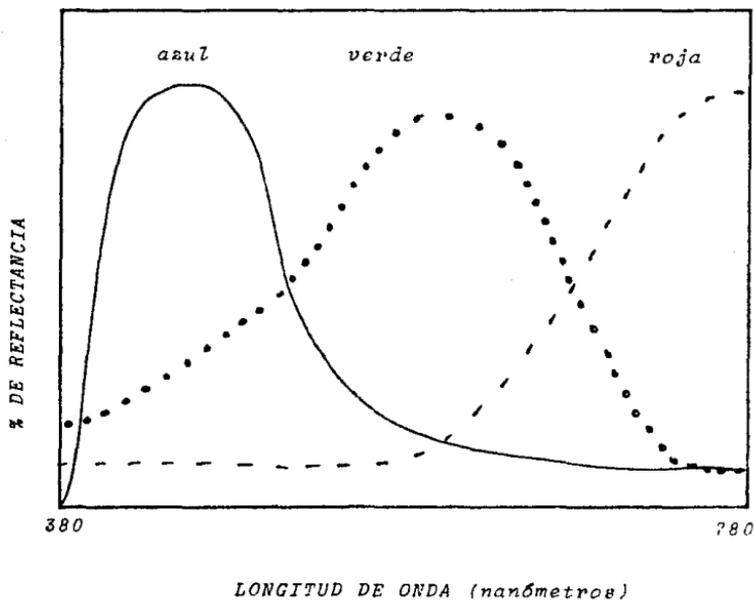


FIGURA V.2

LUMINOSIDAD/OBSCURIDAD VS CURVA ESPECTROFOTOMETRICA.

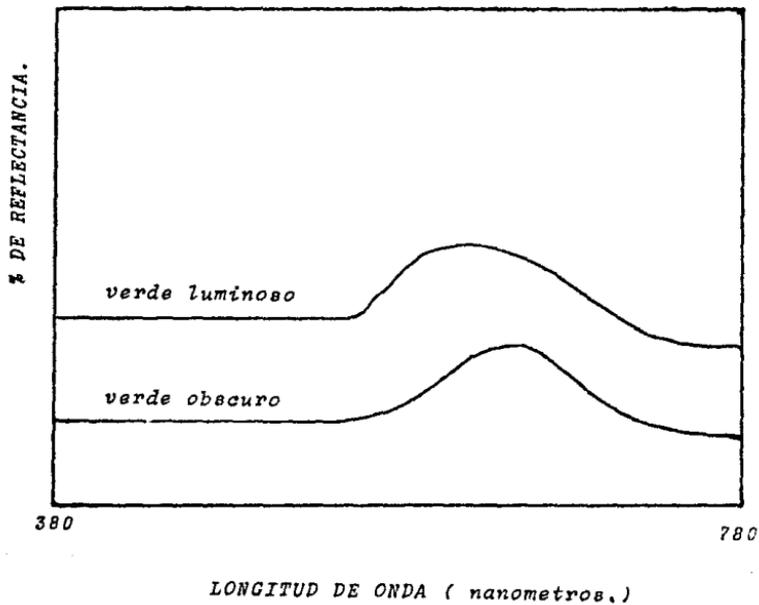
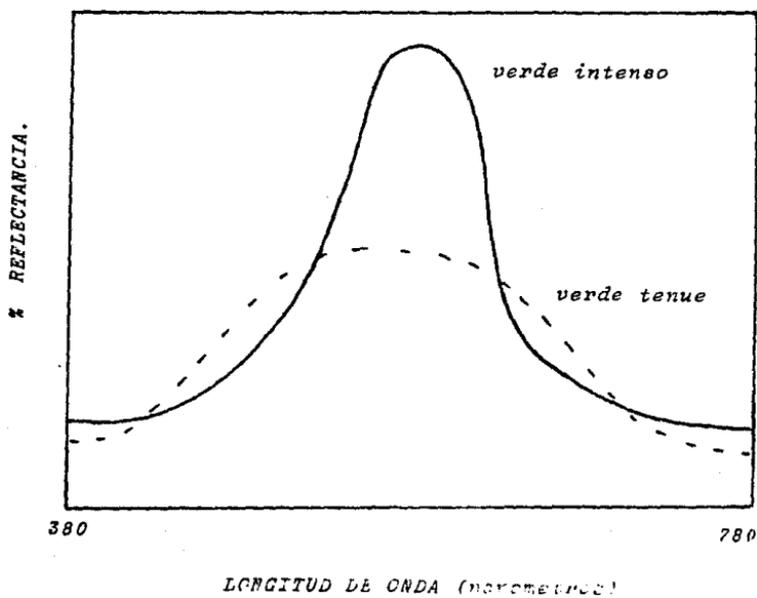


FIGURA V.3

INTENSIDAD CONTRA REFLECTANCIA ESPECTRAL.



Para nuestros propósitos el color puede ser considerado como una respuesta humana a un estímulo de energía radiante que requiere al ojo como detector y al sistema nervioso central y al cerebro como intérpretes del estímulo. Puesto -- que la respuesta varía de individuo a individuo, todos los sistemas de orden de color están basados en un promedio de respuestas humanas a la energía radiante reflejada. Algunos, como el sistema Munsell, están basados en el promedio de valoraciones visuales de muestras coloridas por parte de muchos individuos; otros están basados en análisis instrumental donde la respuesta del "observador típico" ha sido determinada y descrita aritméticamente (ó sea, las funciones de igualación de color \bar{x} , \bar{y} y \bar{z}), tales como el sistema CIE (Commission Internationale de L'Eclairage). Cada sistema usa una terminología única como se muestra en la tabla V.1.

TABLA V.1.

<u>SISTEMA MUNSSELL</u>		<u>SISTEMA CIE.</u>	
Tono	Longitud de onda dominante	Coordenadas de cromaticidad	x, y
Valor	Reflectancia luminosa	Reflectancia luminosa	y
Croma	Pureza de excitación	Coordenadas de cromaticidad	x, y

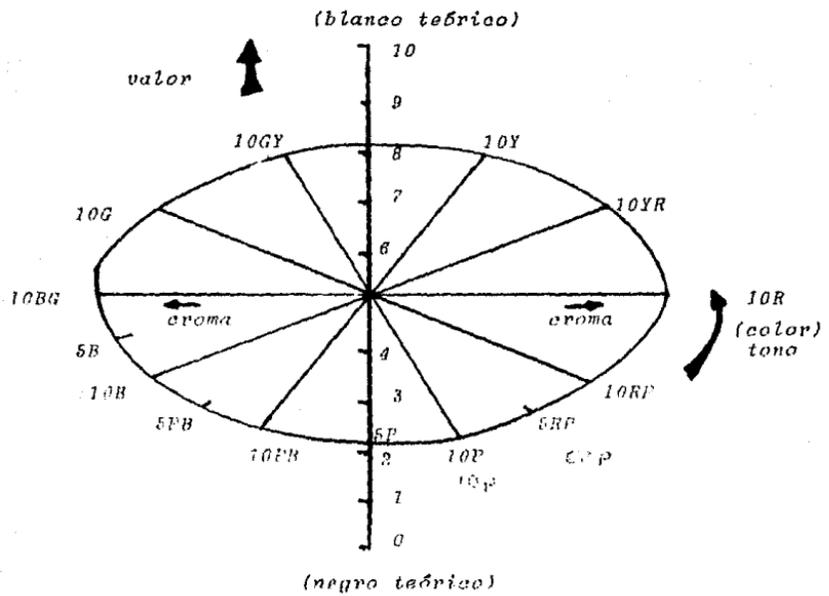
El sistema Munsell es a la vez una colección de "chips" coloreados para representar visualmente intervalos iguales de diferencia de color entre muestras adyacentes, y un método para describir cuantitativamente todos los colores posibles en términos de tono, valor y croma.

Su principal característica es la uniformidad visual. - Los colores son arreglados (figura V.4) por tono en un círculo de tonos, por valor en una escala vertical (claridad u - oscuridad relativa), y por croma (o intensidad) de acuerdo a su distancia del eje vertical (que representa el gris - neutro).

La especificación del tono está basada en cinco nombres de tonos: rojo (R), amarillo (Y), verde (G), azul (B), y violeta (P). Estos son combinados para designar tonos intermedios YR, GY, BG, PB y RB para dar 10 principales descripciones de tono. Cada tono principal es a su vez subdividido en 10 unidades. La escala para valor (luminosidad) se extiende desde el 0 para el negro teórico hasta el 10 para el blanco teórico; la escala para croma se extiende desde el 0 para el eje de gris neutro hasta el 15 o 20 para colores intensos. Así, la especificación de 6R, 5/12, indica un color que es más amarillento, más claro y más intenso (limpio) que un color 2R, 3/8. Las notaciones originales de Munsell fueron ligeramente modificadas para permitir su determinación a partir de mediciones instrumentales.

SISTEMA MUNSELL.

FIGURA V.4



La sensación de una luz colorida puede ser duplicada -- combinando diferentes intensidades de luz de tres colores -- primarios. Desafortunadamente, es imposible encontrar tres colores primarios que pueden ser usados para simular todos - los colores físicamente posibles. El sistema CIE define ma temáticamente tres colores "super" primarios que pueden simu lar cualquier color. Aunque estos superprimarios no pueden lograrse físicamente, pueden ser usados junto con mediciones de espectrofotómetro y transformaciones matemáticas para sepa rar cualquier color en tres componentes, los valores triestí mulo CIE, X, Y y Z.

El triestímulo "Y" es importante ya que define la re--- flectancia luminosa de la superficie reflejante. Las quali dades de cromaticidad del color, sea tono e intensidad, - son mejor descritas por las coordenadas de cromaticidad, x, - y y z. Estas son simplemente las cantidades relativas de X y Z:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad \text{etc., por tanto}$$

$$x + y + z = \frac{X}{X + Y + Z} + \frac{Y}{X + Y + Z} + \frac{Z}{X + Y + Z} = 1$$

Puesto que la suma de las coordenadas de cromaticidad - es igual a uno, la cromaticidad de un objeto colorido se des

cribe por dos cualesquiera (usualmente x y y) de las tres -- coordenadas de cromaticidad. Así, el color es usualmente -- especificado en valores de x , y (cromaticidad) y Y (reflecc-- tancia luminosa). La utilidad de esta forma de especifica-- ción puede mostrarse si consideramos dos colores:

TABLA V. 2

	<u>COLOR A</u>	<u>COLOR B</u>
X	15.00	25.26
Y	24.19	39.42
Z	22.64	36.89
x	0.2487	0.2487
y	0.3881	0.3881

Aunque no hay similitud aparente basados en los valores triestímulo vemos que en base a las coordenadas de cromatici-- dad ambos colores son idénticos en cromaticidad (x y y), y-- difieren sólo en reflectancia luminosa.

En el sistema CIE, un diagrama de cromaticidad, usual-- mente una gráfica de coordenadas de cromaticidad (x y y), -- puede ser usado para determinar un juego alternativo de tér-- minos para describir la cromaticidad; estos son:

- Longitud de onda dominante
- pureza de excitación ó intensidad (usualmente expresada -- como porciento).

La tabla V.1 resume los sistemas Munsell y CIE.

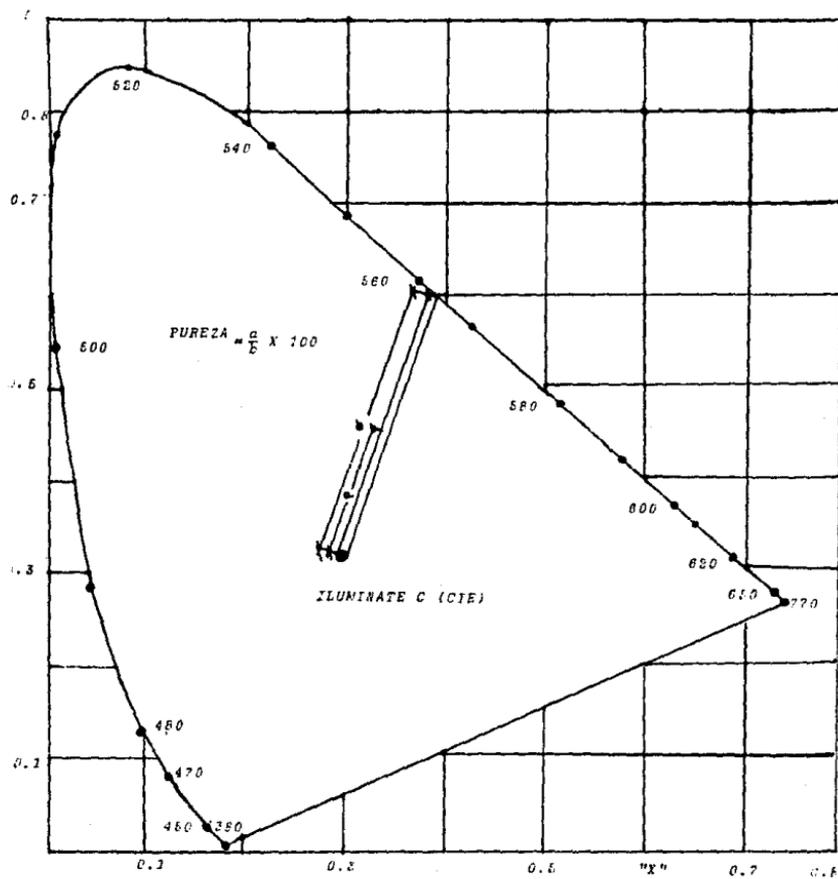
Figura V.6

DIAGRAMA DE CROMATICIDAD CIE.

La figura en la gráfica representa a las cromaticidades de los colores del espectro que van desde 380 nm (violeta) - hasta 780 nm (rojo). La línea punteada que une a los puntos de 380 nm y 780 nm representa la cromaticidad de colores no espectrales (purpura-azulosc). El punto en el centro de la curva representa un "iluminante estandar", una línea dibujada desde éste punto hasta un punto cualquiera en el diagrama, hasta su intersección con la curva se conoce como "línea de longitud de onda dominante". La longitud de onda dominante es la longitud de onda del espectro en el punto de intersección, con la línea de longitud de onda dominante; la distancia del centro a un punto (distancia a), dividida por la distancia del centro hasta la intersección de la curva (distancia b), es la pureza de excitación ó intensidad (comúnmente expresada en por ciento).

FIGURA V.5

"DIAGRAMA DE CROMACIDAD"



La diferencia de color es básicamente una apreciación visual cualitativa. Para ser reportada como una especificación ó un factor de durabilidad, esta apreciación visual debe ser cuantificada. Esto es hecho generalmente, ya sea por calibración de la apreciación visual con el uso de un juego de estándares ó otros criterios ó por medición instrumental de las muestras y cálculo de la diferencia de color por un número de fórmulas de diferencia de color derivadas de los espacios de color L, a, b ó L, u, v. Algunas de las unidades de diferencia de color instrumentales más comúnmente usadas son: MacAdam, NBS, Adams, Hunter y Zeta. En la práctica el término "unidades NBS" es frecuentemente mal aplicado en descripciones de resultados de diferencias de color para sistemas diferentes que para los que fue creada. El término "unidades delta E" también es comúnmente usado para describir resultados de diferencias de color de muchos sistemas.

Cualquiera de estas designaciones ó sus varias modificaciones pueden ser usadas. Por tanto, para ser significativos los reportes de diferencias de color deberán incluir una descripción del instrumento y métodos de cálculo utilizados. Desgraciadamente, puesto que no hay un sistema de color completamente uniforme, es necesario investigar varios sistemas para una aplicación dada ó usar uno que la experiencia haya mostrado ser satisfactorio.

Los instrumentos tales como los espectrofotómetros ó colorímetros no miden el color directamente, puesto que el color es una respuesta exclusivamente humana. Estos instrumentos miden características de la energía radiante (p.ej. - longitud de onda y/o cantidad) que pueden relacionarse con el color tal y como sería descrito por un "observador típico" que viera superficies reflejantes en condiciones de visión - arbitrarias pero bien definidas.

Puede pensarse razonablemente que si la respuesta del - detector-intérprete humano pudiera ser duplicada en un instrumento, la medición directa del color sería posible. En el caso de espectrofotómetros, no se han hecho esfuerzos para lograr esto; sin embargo, en el caso de colorímetros, se han logrado detectores y filtros que se aproximan muy cercanamente a la respuesta del "observador típico". La principal ventaja de los instrumentos en la valoración del color y la diferencia de color está en la concordancia marcadamente mejor, que se obtiene con instrumentos bien calibrados y mantenidos en comparación con una variedad de observadores humanos.

Las funciones del espectrofotómetro y la reflectancia - espectrofotométrica fueron descritas antes. Usando tales - datos de reflectancia puede calcularse una descripción cuantitativa del color en términos de sus valores tristímulo - CIE (x , por tanto, de sus coordenadas de cromaticidad, longitud de onda dominante y pureza). En este caso, el uso de u

na computadora digital es muy ventajoso, aunque algunos espectrofotómetros están equipados para determinar estos valores automáticamente.

Otros instrumentos colorimétricos pueden ser usados para obtener información similar. Estos instrumentos, llamados colorímetros y medidores de diferencia de color, están basados en la medición de reflectancia de luz pasada a través de tres ó cuatro filtros coloridos. Aunque las descripciones de color colorimétricas se expresan frecuentemente en términos distintos a X, Y y Z (p.ej. L, a y b para el colorímetro diferencial "Colormaster")*, pueden convertirse a los términos colorimétricos aproximados de otros sistemas. El espectrofotómetro abreviado es una combinación entre un colorímetro y un espectrofotómetro, en el cual 10 a 16 puntos de la curva de reflectancia son obtenidos usando filtros de banda estrecha.

Un medidor de diferencias de color usa colores primarios para determinar directamente tres parámetros que se relacionan en forma simple con la diferencia en valores triestímulo entre superficies de aproximadamente el mismo color. Cuando estas diferencias son expresadas en términos de un sistema de color, una "diferencia de color" (ΔE) puede ser asignada.

* L = luminosidad

a = contenido de rojo ó verde

b = contenido de azul ó amarillo

CAPITULO VI.

DISPERSION Y MOLIENDA

VI.1 RAZONES PARA DISPERSAR LOS PIGMENTOS.

El tamaño de partícula de la mayoría de los pigmentos, particularmente los usados para opacificar las pinturas, es pequeño en relación al espesor de la película del recubrimiento. El bióxido de titanio, por ejemplo, con un tamaño de partícula individual de aproximadamente 0.2 micras puede usarse en una película de 50 micras de espesor. Sin embargo, la mayoría de los pigmentos vendidos en forma de polvo contienen agregados ó aglomerados que son de un diámetro muchísimas veces mayor al tamaño de partícula individual. Estos agregados pueden crearse por compactación durante el manejo, por cementación debido a la acción de las sales solubles al perder humedad, coalescencia por fusión durante la calcinación ó otras causas desconocidas.

Si un pigmento simplemente se agita dentro de un vehículo, las fuerzas aplicadas puede ser que no sean suficientes para separar los agregados y el acabado resultante aparecerá más granoso y bajo de brillo de lo que se esperaba. Algunas otras deficiencias menos obvias son: el bajo poder cubriente, bajo poder tintoreo, suspensión deficiente ó trazos de color en las pinturas entonadas.

La mayoría de los pigmentos se fabrican a un tamaño - de partícula individual en el cual desarrolla el óptimo poder cubriente, y poder tintoreo; por lo tanto estas propiedades básicas no se utilizarán al máximo si los agregados persisten en la dispersión.

El proceso de romper los agregados más suaves, se llama con frecuencia "molienda", aunque nunca ó casi nunca se fracturan las partículas ó cristales que es lo que implica el vocablo "molienda".

VI.2 COMPONENTES DE UNA DISPERSIÓN.

Usualmente la dispersión está compuesta primariamente de una combinación entre un pigmento, un vehículo y un solvente. Sin embargo puede consistir únicamente entre la combinación de un pigmento con un vehículo ó un solvente. Además de estos tres componentes, una dispersión también puede consistir de un cuarto tipo de ingrediente que se puede categorizar como un aditivo ó dispersante.

VI.3 PROCESOS DE UNA DISPERSIÓN.

El proceso de dispersar pigmentos en un líquido puede dividirse en tres fases:

- Humectación inicial.
- Rompimiento de los aglomerados.
- Floculación.

VI.3.1 Humectación inicial.

Es prácticamente imposible dispersar un material en un líquido que no humedecerá la superficie del material. Sin embargo la mayoría de los pigmentos comerciales se humedecen bastante bien por los vehículos usados y se diferencian apreciablemente entre sí únicamente por sus velocidades de humectación. Esto es muy evidente en las últimas fases de la preparación de una pasta gruesa, porque en esta fase de la mezcla queda muy poco líquido libre del vehículo para humectar las últimas adiciones de pigmento seco.

Las pruebas para determinar el tiempo que tarda un pigmento y un vehículo para formar una masa homogénea se hacen normalmente en el laboratorio. Resulta una complicación mayor cuando los pigmentos que se comparan tienen diferentes absorciones de aceite. En un caso extremo, si se usa el mínimo de vehículo, para hacer una pasta con un pigmento de baja absorción de aceite, no se formará la pasta cuando se utilice un pigmento de alta absorción de aceite. Probablemente la prueba más adecuada, sería medir el tiempo que se necesita para llegar a una pasta de una consistencia determinada, variando la cantidad de vehículo necesaria para lograr la pasta con los otros pigmentos. Sin embargo si se desea conocer la intercambiabilidad de un --

pigmento con otro a igualdad de peso, las comparaciones - deben de realizarse con las substituciones a pesos iguales de pigmentos.

VI.3.2. Rompimiento de los aglomerados.

Los diferentes grados y tipos de los pigmentos difieren considerablemente en la tenacidad de los aglomerados que contienen. Los terrones de cualquier pigmento se dice que rompen en forma escalonada a medida que las fuerzas de corte y de impacto sobre las partículas aumentan. Debido a las diferentes combinaciones de proporciones débiles y fuertes en los pigmentos, un pigmento puede dar una finura superior a otro a una fuerza de corte baja y resultar con menor finura si se utiliza una fuerza de corte -- grande. Por ésta razón es necesario calificar los pigmentos a diferentes fuerzas de corte para poder hacer una evaluación comprensiva de sus facilidades de dispersión.

Una característica secundaria de un pigmento que a menudo se toma en consideración al valorar su facilidad de dispersión es su propiedad de dar una determinada consistencia. En algunos molinos la fuerza aplicada en un aglomerado se efectúa a través de la pasta misma; por lo tanto, si la pasta es delgada no se puede aplicar una fuerza -- grande a los aglomerados. Por ejemplo, es difícil obtener buena finura en una máquina pesada como lo es la del tipo "amasadora de panadería" con algunos pigmentos y vehiculos, porque, aún a una alta pigmentación el estado de -- floculación que presenta la masa al abrirse con facilidad,

impide la aplicación de altas fuerzas a los aglomerados individuales. La aplicación exacta de los datos de consistencia para formular y predecir el comportamiento en un molino determinado es sumamente compleja, pero aún así, -- cualquier información sobre la consistencia por limitada que sea, es útil al anticipar ó explicar el tipo de dispersión que se obtendrá con los diferentes molinos. De hecho muchos de los estudios sobre dispersión son básicamente estudios de las diferentes consistencias que pueden obtenerse y como se correlacionan estas consistencias con la dispersión obtenida en algunos molinos.

VI.3.3. Floculación.

La magnitud en la cual se agrupan las partículas de un pigmento en masas suaves ó floculos, después de la molienda, es básicamente una función de la naturaleza de la superficie del pigmento y de la polaridad del vehículo. El molino usado ó la finura de la molienda obtenida no parecen tener un efecto determinado. Como se citó anteriormente la floculación puede ser un factor importantísimo durante la molienda por su efecto en la consistencia y por ende en la finura obtenida, pero la floculación se clasifica aquí, como una fase de la dispersión, porque un pigmento está realmente "mal dispersado" cuando no ha sido subdividido hasta su mínima expresión, no importando que las bo-las de pigmento estén formando agregados duros ó floculados suaves. Puesto que estas dos clases de "mala dispersión" tienen efectos muy distintos, hay que hacer una distinción muy clara entre ambas. La floculación puede tener efectos indeseables en el cubrimiento y en el brillo -

pero tener deseables por lo que respecta a la suspen---
sión de la pintura terminada ya que no se cuelgue al apli-
carse sobre una superficie vertical.

Los vehículos de composición similar pueden variar con-
siderablemente en su fuerza de defloculación del pigmento,
probablemente debido a diferencias en los constituyentes -
menores de la pintura que no se aprecian en el análisis --
promedio. La consistencia corta y cremosa de una pasta -
floculada la hace fácil de manejar, pero dicha pasta no se
comporta bien en un equipo de molienda. La masa volumino-
sa y suave de un pigmento asentado, característica de un --
sistema floculado por regla general se prefiere a la torta
delgada y dura característica de un sistema disperso, pero
no siempre es deseable el líquido claro sobrenadante usual-
mente presente en un sistema floculado. Con los pigmen-
tos orgánicos de color, particularmente las ftalocianinas,
la floculación es más pronunciada que con los colores inor-
gánicos.

VI.4. DETERMINACION DEL GRADO DE DISPERSION.

El método más directo para determinar si los agregados
han sido reducidos de tamaño al nivel deseado, es medir el
tamaño de las partículas en el producto acabado. Esto --
puede hacerse con un medidor de finura, un microscopio, ó-
algunos de los diversos procedimientos desarrollados para-
medición de partículas muy finas. Por diversas razones -
se utilizan actualmente diferentes escalas para reportar -

Los resultados obtenidos con los diferentes medidores de finura. Los tamaños de partícula indicados por el P.C. (Production Club), Hegman y NPIRI (National Printing Ink Research Institute), se muestran en la tabla VI.1. Con los blancos, usualmente la finura P.C., es adecuada para estimar el grado de dispersión, pero con productos de alto brillo, puede necesitarse la medida del brillo. Un valor del medidor P.C., indica solamente el tamaño de las partículas más grandes que se encuentran presentes en cantidad apreciable, mientras que el brillo depende principalmente del número de partículas de tamaño más pequeño presentes.

La finura P.C., puede determinarse en colores para conocer su textura, pero el grado de dispersión alcanzada, la mayor parte de las veces se mide por el poder tintorial del color molido. El poder tintorial también se puede determinar en blancos, pero esto no es frecuente para determinar el grado de dispersión. La finura P.C., no siempre correlaciona con el poder tintorial por la misma razón -- que no siempre correlaciona con el brillo. La determinación de las curvas de la distribución del tamaño de partícula utilizando técnicas y aparatos especiales casi nunca se hace por el tiempo que se lleva y lo costoso del procedimiento.

Con los pigmentos de color, no todas las propiedades se desarrollan simultáneamente; por lo tanto depender únicamente del medidor de finura puede conducirnos a errores. La tabla VI .2. muestra un orden generalizado del desarrollo de varias propiedades.

TABLA VI.2.

<u>PROPIEDAD</u>	<u>TAMAÑO DEL AGLOMERADO QUE HACE EFECTO (*)</u>
Textura	Grande
Brillo	Grande a Moderado
Poder Cubriente	Moderado a Pequeño
Poder tintorial	Moderado a Pequeño
Tinte (hue)	Moderado a Pequeño
Intensidad (croma)	Pequeño
Transparencia	Pequeño

(*) Grande: Mayor de 15 micras
Pequeño: Menor de 0,3 micras

Es obvio según la tabla anterior que una buena lectura de textura en el medidor de finura puede no indicar si ya se ha logrado el óptimo de las otras propiedades. La propiedad más importante dependiendo del uso final del producto debe ser el criterio para juzgar si ya se tiene el grado de dispersión requerido.

Algunos efectos como bajo brillo y bajo poder tintorial pueden existir a buenos niveles de finura si existe suficiente floculación. Probablemente el modo más común de medir la floculación relativa en una serie de pinturas es notando las diferencias en las cantidades y tipos de asentamiento de las muestras retenidas para observación en almacenamiento prolongado. Pueden usarse otros métodos, -

tales como el examen microscópico, (ver la ilustración No. VI.3.). Con los entintados, frotar ligeramente la película cuando está parcialmente seca, es una práctica común. Un oscurecimiento indica una probable defloculación del color, mientras que un aclaramiento indica probable defloculación del blanco. Si no hay cambio es probable que ambos colores estaban bien defloculados cuando se frotó la película, pero existe la posibilidad de que ambos colores se deflocularon en la misma proporción al frotarse la película. Es difícil medir la floculación cuantitativamente. Los floculos nunca se ven como partículas en un medidor de finura porque se rompen por la acción cortante del enrasador.

TABLA VI. 1.

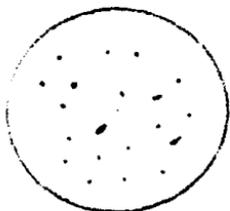
ESCALAS PARA MEDICION DE FINURA.

<u>P. C.</u>	<u>HEGMAN</u>	<u>NPIRI</u>	<u>PROFUNDIDAD DEL CANAL</u> (aproximadamente igual al <u>diámetro de la partícula</u>)	
			<u>Milésimas</u> <u>de pulgada</u>	<u>Micras</u> <u>(appr. x)</u>
<u>0.00</u>	<u>0.0</u>		<u>4.0</u>	<u>100</u>
<u>0.25</u>	<u>0.2</u>		<u>3.9</u>	
<u>0.50</u>	<u>0.4</u>		<u>3.8</u>	<u>95</u>
<u>0.75</u>	<u>0.6</u>		<u>3.7</u>	
<u>1.00</u>	<u>0.8</u>		<u>3.6</u>	<u>90</u>
<u>1.25</u>	<u>1.0</u>		<u>3.5</u>	
<u>1.50</u>	<u>1.2</u>		<u>3.4</u>	<u>85</u>
<u>1.75</u>	<u>1.4</u>		<u>3.3</u>	
<u>2.00</u>	<u>1.6</u>		<u>3.2</u>	<u>80</u>
<u>2.25</u>	<u>1.8</u>		<u>3.1</u>	
<u>2.50</u>	<u>2.0</u>		<u>3.0</u>	<u>75</u>
<u>2.75</u>	<u>2.2</u>		<u>2.9</u>	
<u>3.00</u>	<u>2.4</u>		<u>2.8</u>	<u>70</u>
<u>3.25</u>	<u>2.6</u>		<u>2.7</u>	
<u>3.50</u>	<u>2.8</u>		<u>2.6</u>	<u>65</u>
<u>3.75</u>	<u>3.0</u>		<u>2.5</u>	
<u>4.00</u>	<u>3.2</u>		<u>2.4</u>	<u>60</u>
<u>4.25</u>	<u>3.4</u>		<u>2.3</u>	
<u>4.50</u>	<u>3.6</u>		<u>2.2</u>	<u>55</u>
<u>4.75</u>	<u>3.8</u>		<u>2.1</u>	
<u>5.00</u>	<u>4.0</u>		<u>2.0</u>	<u>50</u>
<u>5.25</u>	<u>4.2</u>		<u>1.9</u>	
<u>5.50</u>	<u>4.4</u>		<u>1.8</u>	<u>45</u>
<u>5.75</u>	<u>4.6</u>		<u>1.7</u>	
<u>6.00</u>	<u>4.8</u>		<u>1.6</u>	<u>40</u>
<u>6.25</u>	<u>5.0</u>		<u>1.5</u>	
<u>6.50</u>	<u>5.2</u>		<u>1.4</u>	<u>35</u>
<u>6.75</u>	<u>5.4</u>		<u>1.3</u>	
<u>7.00</u>	<u>5.6</u>		<u>1.2</u>	<u>30</u>
<u>7.25</u>	<u>5.8</u>		<u>1.1</u>	
<u>7.50</u>	<u>6.0</u>	<u>10</u>	<u>1.0</u>	<u>25</u>
<u>7.75</u>	<u>6.2</u>	<u>9</u>	<u>0.9</u>	
<u>8.00</u>	<u>6.4</u>	<u>8</u>	<u>0.8</u>	<u>20</u>
<u>8.25</u>	<u>6.6</u>	<u>7</u>	<u>0.7</u>	
<u>8.50</u>	<u>6.8</u>	<u>6</u>	<u>0.6</u>	<u>15</u>
<u>8.75</u>	<u>7.0</u>	<u>5</u>	<u>0.5</u>	
<u>9.00</u>	<u>7.2</u>	<u>4</u>	<u>0.4</u>	<u>10</u>
<u>9.25</u>	<u>7.4</u>	<u>3</u>	<u>0.3</u>	
<u>9.50</u>	<u>7.6</u>	<u>2</u>	<u>0.2</u>	<u>5</u>
<u>9.75</u>	<u>7.8</u>	<u>1</u>	<u>0.1</u>	
<u>10.00</u>	<u>8.0</u>	<u>0</u>	<u>0.0</u>	<u>0</u>

FIGURA VI.3

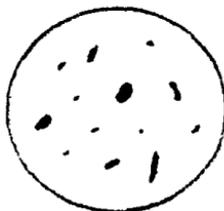
ESTADOS DE DISPERSION DEL TiO_2

(transmisión de la luz en un recubrimiento altamente diluido - Aumento X 1000 aprox.)



DISPERSION

Movimiento Browniano
(vibración continua)
de todas las partículas



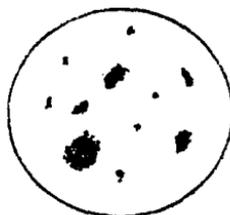
FLOCULACION LIGERA

Los flocúlos muestran
un muy ligero movimiento
Browniano



FLOCULACION AVANZADA

No hay movimiento Browniano



AGLOMERADOS O AGREGADOS

No hay movimiento Browniano
de las partículas grandes.

Difícil de distinguirlos
de los flocúlos.

VI. 5. DISPENSARIOS Y SU APLICACION DENTRO DE LA INDUSTRIA DE LAS PINTURAS.

Los agentes tenso-activos, aunque ya conocidos, están encontrando variadas aplicaciones en la elaboración de detergentes, shampoos, polimerización de emulsiones, ceras, pinturas y removedores de pinturas para nombrar unas cuantas. En la industria de pinturas se usan tanto los tipos naturales como los sintéticos.

Los agentes tenso-activos efectúan dos funciones principales en las pinturas y aplicaciones similares, a saber:

1. Abatiendo la tensión superficial de la fase líquida.
2. Colocando una carga eléctrica sobre el pigmento o las partículas del polímero.

Simplemente la tensión superficial es una medida de las fuerzas cohesivas inherentes y propias de una sustancia determinada. Esta propiedad, debida a fuerzas moleculares, existe en la película superficial de todos los líquidos. Tienden a contraer el volumen a la forma que tiene la menor superficie, o sea, la esférica. Una forma sencilla de observar la tensión superficial de un líquido, es apreciar su menisco cuando se encuentra encerrado en un envase cilíndrico de vidrio de poco diámetro. El mercurio (de alta tensión superficial), forma un menisco cóncavo y tiende a subir por las paredes del recipiente. La tensión superficial del agua puede disminuirse hasta por la adición de un 0.01% de un agente tenso-activo.

En las pinturas emulsionadas, estos agentes disminuyen la tensión superficial del agua y permiten que el pigmento se moje mejor y más rápidamente. Los agentes no iónicos por lo general, son más efectivos para abatir la tensión superficial que los aniónicos.

Las cargas eléctricas del mismo signo colocadas sobre el pigmento o la superficie del polímero por los agentes tenso-activos originan la repulsión electrostática (las cargas del mismo signo se repelen; de diferente signo se atraen). Estas fuerzas repelentes contribuyen a la estabilización de la dispersión.

Estos efectos benéficos no son tan pronunciados en las pinturas de aceite ya que los agentes tenso-activos no reducen apreciablemente la tensión superficial en los vehículos oleoresinosos. También la repulsión electrostática por regla general no es efectiva en los sistemas relativamente no-polares.

VI.5.1. Tipos de Dispersantes.

Los agentes tenso-activos son compuestos que tienen un grupo hidrófobo (rehuye al agua) y no hidrófilo (afín al agua), en la molécula. Se dividen en cuatro tipos, dependiendo de su comportamiento electroquímico. Ellos son:

- a. No iónicos.- No se ionizan en solución. Son productos de la condensación del óxido de etileno y varias bases tales como los ácidos y alcoholes -

grasos, alquil fenoles, glicéridos, glicoles propi-
lénicos y otros.

El número de moléculas de óxido de etileno -
determina la solubilidad de los productos resultan-
tes y también si tenderá a formar emulsiones del -
tipo "agua en aceite" ó "aceite en agua".

Los dispersantes no iónicos pueden y general-
mente tienen un efecto benéfico en pronunciar la -
fuerza del color y su compatibilidad en las pin-
uras emulsionadas.

- b. Aniónicos.- Dan en solución iones tenso-activos
negativamente cargados. Aunque los agentes anióni-
cos abaten la tensión superficial del agua, su -
función primordial es colocar cargas negativas en-
la superficie de las partículas del pigmento. Los
tipos comunes son los carboxilatos alquílicos de -
cadena larga, sulfatos, sulfonatos y fosfatos com-
plejos.

Los fosfatos complejos son excelentes agentes
para dispersar el dióxido de titanio.

- c. Catiónicos.- Dan en solución iones tenso-acti-
vos positivamente cargados. Las sales de aminas --
simples, las sales cuaternarias de amonio y las a-
midas son compuestos representativos del grupo.

Estos agentes raras veces se usan en las pinturas emulsionadas porque muchas de las dispersiones de pigmentos y emulsiones de polímeros llevan agentes aniónicos. Los agentes catiónicos y aniónicos presentes en el mismo sistema se anularían - pero también podrían causar coagulación y otros efectos adversos.

- d. Anfotéricos.- Dan en solución iones tenso-activos cargados positivamente si la dispersión es en medio ácido e iones cargados negativamente si la dispersión es en medio alcalino. La lecitina de soya es un ejemplo. Pueden actuar como los agentes catiónicos sin la desventaja de ser incompatibles con los aniónicos.

VI.5.2. Aplicación de los Dispersantes.

Con frecuencia una combinación de un agente no-iónico y uno aniónico dan mejores resultados que cualquiera de ellos por separado. Una teoría reciente sugiere que las partículas del pigmento adsorberán selectivamente cierto tipo de moléculas de los agentes tenso-activos. No se verifica ninguna adsorción iónica adicional debido a las mutuas repulsiones electrostáticas. Sin embargo, pueden adsorberse cantidades adicionales de un agente no-iónico no-sujeto a las fuerzas electrostáticas para saturar completamente la superficie del pigmento y promover la estabilidad.

VI.G. LOS EQUIPOS DE DISPERSION.

Hay numerosos aspectos de los problemas relacionados con la instalación y el uso de los equipos de dispersión. Uno de ellos es el relativo a que tipos de molinos hay que instalar para moler una línea general de pinturas ó un producto específico. Esto implica estudiar cual será nuestro costo inicial, la depreciación, requerimientos de energía, de espacio, etc.

Otro problema se refiere al mejor modo de operar un molino determinado puesto que el mismo tipo de molino puede tener diferente principio de operación. Esto depende de muchos factores, uno de los cuales es la finura requerida.

Un problema más todavía, es el de la formulación de una base de molienda para un equipo determinado. Es concebible que se podría diseñar un sistema universal usando factores conocidos tales como las consistencias de los vehículos y las absorciones de aceite de los pigmentos, pero estos sistemas nunca han sido realmente útiles en la práctica. Los resultados empíricos, de los cuales se pueden obtener unas cuantas generalizaciones, es casi todo lo que se ha podido lograr hasta la fecha respecto a la formulación de las bases de molienda.

El material que sigue en las secciones subsecuentes sobre los diferentes equipos de dispersión describe un poco más a fondo los equipos determinados y sus áreas generales de utilidad.

VI.6.1. Clasificación de los equipos de dispersión.

Existen gran variedad de equipos dispersadores de pigmentos, siendo los principales:

1. Mezcladores de baja velocidad
2. Mezcladores de alta velocidad
 - a. Dispersador cowless
 - b. Dispersador de disco "Hockmeyer"
 - c. Molino Kady
3. Mezclador de trabajo pesado "Baker Perkins"
4. Molino de Arena
5. Molinos de rodillos
6. Molinos de bolas de porcelana
7. Molinos de bolas de acero

1. Mezcladores de baja velocidad.

Consisten de un tanque con un agitador de relativamente baja velocidad. Algunos ejemplos de este tipo podemos encontrarlos en los mezcladores de tanque cambiabile y otras instalaciones usadas para premezcla antes de moler en equipos más refinados. Tal equipo puede utilizarse para las pinturas mates donde la finura no es crítica. Los mezcladores "Poni" de tanque cambiabile, pueden manejar consistencias viscosas, pero la fuerza cortante es baja y hay algunas áreas muertas donde se acumula la pasta y casi no se hace ningún trabajo sobre ellas. Sin embargo, si se utiliza una alta consistencia y se raspa suficientemente el material que se a-

cumula en las áreas muertas para mantener todo el material en las zonas activas, puede lograrse una pintura mate de buena calidad. En este tipo de equipo solamente se usan aquellos pigmentos que se rompen con facilidad para hacer los productos terminados.

Los mezcladores de baja velocidad se utilizan como equipo de premezcla en la dispersión de pigmentos de color. No se pueden obtener dispersiones satisfactorias en esta clase de equipo aún con los pigmentos inorgánicos de textura más suave.

2. Mezcladores de alta velocidad.

- a. Dispersador Cowless.- Es un mezclador con suficiente fuerza y poder para manejarse a altas velocidades utilizando pastas muy viscosas. El cowless de laboratorio normalmente se maneja entre 2,000 y --- 5,000 rpm. El agitador es una hoja plana circular con dientes de sierra en la periferia. Se reco--- mienda normalmente una velocidad periférica aproximada de 4,000 pies/min. para obtener una buena dispersión. Los mejores resultados para desarrollar finura se obtienen cuando las condiciones del sistema hacen que la pasta esté girando alrededor de la hoja y tome la forma de una dona. La temperatura de la pasta se eleva rápidamente, pero no se usan chaquetas de enfriamiento en los tanques porque la máxima finura normalmente se obtiene en 5 ó 10 min. antes de que se alcance una temperatura excesiva. - En este tipo de equipo, la fuerza de corte sobre -

los aglomerados se transmite por la pasta, la cual debe tener una consistencia alta si se desea obtener una buena finura. La excepción a este requerimiento existe cuando se dispersa el TiO_2 en agua. Debido a que el agua tiene una viscosidad muy baja no puede transmitir mucha fuerza y al darle mayor cuerpo a la pasta con grandes pigmentaciones se obtienen finuras mucho más bajas que una pasta delgada que lleva comparativamente poco pigmento.

Los esmaltes de muy alta calidad pueden hacerse en mezcladores cowless bajo condiciones adecuadas, especialmente si se tiene la precaución de evitar la contaminación por el producto que queda adherido a las paredes del tanque. En esta preparación se notan mucho las diferencias en la velocidad inicial de humectación de los pigmentos porque se trata de pastas gruesas y las cargas se hacen rápidamente.

Los mezcladores de este tipo son populares -- por su bajo costo y su versatilidad.

Se obtienen excelentes dispersiones de los -- pigmentos suaves como los amarillos cromos, amarillos de zinc y naranjas molibdatos. Usualmente son buenas las proporciones de pigmento/vehículo -- 3 ó 4 en peso, aunque los colores orgánicos no pueden ser dispersados utilizando únicamente el cowless. La premexcla con este equipo antes de utilizar el molino de arena ó el de 3 rodillos, casi

siempre mejora el desarrollo de la propiedad deseada.

- b. *Dispersador de disco "Hockmeyer".*- Este mezclador es similar al cowless pero utiliza diferentes tipos de hojas giratorias. Hay un tipo que tiene varias ranuras alrededor de la periferia. El paso de la pasta a través de estas ranuras se supone produce una considerable fricción sobre los aglomerados. Las pruebas del laboratorio indican que los resultados son comparables con aquellos obtenidos con un cowless, pero que se necesitan consistencias más bajas.
- c. *Molino Kady.*- El molino Kady de laboratorio consiste de un rotor que gira a 16,000 rpm. Es de 2 pulgadas de diámetro, $\frac{1}{2}$ pulgada de ancho y tiene cuatro ranuras en el anillo. El rotor está rodeado de un estator de forma de anillo con 16 ranuras. El rotor y el estator están sumergidos en la mezcla que está contenida en un vaso con chaqueta de enfriamiento de agua. La mezcla del pigmento/vehículo es succionada hacia el centro del rotor y arrojada a través de las ranuras del rotor y del estator. La mezcla debe ser lo suficientemente delgada para circular y permitir que los aglomerados del pigmento alcancen una velocidad lo suficientemente alta para romperse por el impacto contra las caras de las ranuras en el estator. Una fórmula útil para el dióxido de titanio es:

pigmento/vehículo/solvente = 60/6/84

Como el vehículo es delgado y la pigmentación es relativamente baja, la velocidad del premezclado normalmente no es un problema con el bixido de titanio.

La finura aumenta con el tiempo de molienda - pero alrededor de los 20 a 30 minutos el TiO_2 alcanza una finura que ya no se mejora moliendo más tiempo aunque el brillo pueda mejorar ligeramente. Se ha encontrado que esta finura límite es independiente de las siguientes variables en un rango bastante amplio:

- Tipo de vehículo
- Temperatura
- Tamaño de lote
- Tamaño del recipiente (que contiene la mezcla)
- Propiedades de consistencia del pigmento (absorción de aceite, floculación)
- Relaciones del pigmento/vehículo/solvente

Esto quiere decir que los resultados son muy reproducibles y que lo que se mide es la resistencia a romperse de los aglomerados del pigmento bajo las fuerzas creadas en el molino.

Un aumento de la consistencia de la pasta usando una alta pigmentación ó vehículos viscosos, baja la velocidad del desarrollo de la finura pero las características de finura máxima de una mues-

tra de titanio eventualmente se obtendrán si la -- mezcla es lo suficientemente fina para dar circulación visible en el molino. Por otro lado, si el sistema está muy floculado hasta el grado que se entorpece la circulación, no se podrá obtener buena finura y sobrevendrá el sobrecalentamiento.

La fuerza de corte aplicada a los aglomerados del pigmento en un molino Kady parece ser más gran de que la aplicada por mezcladores tales como el - Cowless ó el Hockmeyer, pero se puede aplicar más fuerza mediante los molinos de bolas, de rodillos ó de otros tipos. Esto quiere decir que la medición de un grado ó de un lote específico del titanio en el Kady para la finura máxima, deberá dar una indicación muy buena de su comportamiento en otros tipos de molinos, pero no predice lo que pasará en los equipos de alta fuerza de corte ó los de muy poca fuerza. Tampoco indicará que problema más se presentará en la facilidad de humectación, las propiedades de dar consistencia, ó floculación, porque la única propiedad que se está midiendo, es la resistencia de los aglomerados del pigmento a romperse bajo una cierta fuerza de corte.

Sólo los pigmentos suaves de color pueden dispersarse satisfactoriamente en el molino Kady. La baja pigmentación que debe usarse en este caso limita su uso.

3. Mezcladores de trabajo pesado "Baker Perkins".

Estos mezcladores son equipos muy compactos con + tremenda fuerza que amasan una base de molienda muy pesada, con dos hojas en forma de sigma y que giran a diferentes velocidades. Este equipo requiere de enfriamiento pero algunas veces se utiliza vapor en las chaquetas para acelerar la humectación inicial y la mezcla. Este equipo del tipo de mezclador de masa es -- muy útil para aquellas dispersiones que han de hacerce a una consistencia muy viscosa, pero otros equipos-- tales como los molinos de arena, tienden actualmente a desplazarlos por preferirse aquellos productos que pueden procesarse a bajas consistencias. Una base típica de molienda de titanio en peso es la siguiente:

Pigmento/Vehículo/Solvente - 80/12/8

La consistencia es vital porque las aberturas entre las partes con movimiento son grandes y la fric---ción sobre los aglomerados resulta de las fuerzas dentro de la pasta. Se recomienda una muy buena humectación inicial de los pigmentos de la pasta viscosa obtenida por lo que los pigmentos de incorporación muy lenta afectarán el desarrollo de la dispersión. Cuando hay floculación la masa de poco cuerpo formada da muy pobre finura. Las mezclas dilatantes no dan tan buenos resultados como las mezclas que tienen un cuerpo - viscoso-chiclosos.

Los mezcladores Perkins no son convenientes para trabajo de rutina de laboratorio porque solamente se pueden hacer unas cuantas moliendas en un día. La re

ducción de la pasta debe de llevarse a cabo muy lentamente para prevenir las aglomeraciones. La limpieza - también toma mucho tiempo. En producción comercial, - los esmaltes hechos en un Baker Perkins ó equipo similar generalmente se pacan por un filtro prensa ó una - centrífuga para eliminar el pequeño porcentaje de pigmento que todavía tiene agregados grandes. Esto posiblemente ocurre porque algunas partes de la pasta nunca llegan a entrar en las zonas activas del mezclador.

El uso del mezclador Baker Perkins para colores - restringe a aquellos pigmentos inorgánicos de textura - suave. Un bajo rendimiento y mucho tiempo en la limpieza limita su uso.

4. Molinos de arena.

El molino de arena dispersa por agitación de la - mezcla pigmento/vehículo con rotores de disco girando - dentro de una masa de arena gruesa. Los rotores, generalmente fabricados con aleaciones resistentes a la abrasión están fijos en una flecha vertical que gira a - 2,400 rpm (para rotores de 3 pulgadas de diámetro). La relación pintura-arena en volumen comunmente es de 1/1. La consistencia de la pintura es similar a la que se - necesita tener en el molino de bolas. Una fórmula tí pica en peso para el bióxido de titanio es:

Pigmento/Vehículo/solvente = 60/13/27

Para una prueba de laboratorio se premezclar el pigmento y el vehículo unos cuantos minutos en un equipo apropiado. Luego se añade la arena y se continúa la agitación por 1 minuto más. Entonces se muele el lote con los rotores, con enfriamiento por agua en la chaqueta, para mantener la temperatura más o menos constante y evitar el calentamiento de la masa. Cuando se dispersa el titanio, se obtiene una buena finura entre 5 y 10 minutos, una molienda prolongada no mejorará la finura en forma apreciable. Se retira la mezcla y se pasa por una malla de 40 a 60 para remover la arena.

En el proceso continuo en el laboratorio o en planta, la base premezclada se alimenta a la unidad de molienda que contiene la arena colando continuamente con un cedazo para retener la arena. La mayoría de los molinos tienen su alimentación por la base y la descarga por la parte superior.

En general, las propiedades de facilidad de humectación del pigmento no tiene importancia porque la base de la molienda es delgada, pero si la masa premezclada tiene muchos aglomerados, se necesitará un mayor tiempo de retención en el molino para obtener una finura determinada. Los terrones grandes y duros no podrán ser molidos ya que los granitos de arena no actúan adecuadamente sobre los terrones.

La consistencia de las moliendas del TiO_2 no es sumamente crítica, pero si la base es muy gruesa ó muy

delgada por una formulación incorrecta ó una temperatura elevada, podrá resultar una baja finura. Un lote con muy poca viscosidad puede deteriorarse en el color por la abrasión excesiva de los rotores. En el laboratorio, si una muestra está floculada, es muy difícil separar la arena de la pintura, porque ésta no fluye de por sí.

Los productos finamente molidos, como los esmaltes automotivos, pueden obtenerse en un molino de arena a un costo relativamente bajo y a bajos requerimientos de espacio. Sin embargo, los productos obtenidos con este molino, son muy similares a los obtenidos en buenos equipos de molienda. Las experiencias tenidas en el laboratorio para comparar los brillos obtenidos con los diferentes grados del bióxido de titanio, indican que en un mismo grado se obtienen brillos ligeramente más altos que los obtenidos en el molino de 5 rodillos ó en un Baker Perkins y que las diferencias de brillo entre los diferentes grados se hace menos apreciable. La finura del bióxido de titanio obtenible en un molino de arena es buena (una finura P.C. de 8 a 9), pero algunas pruebas han demostrado que se pueden obtener mejores finuras en el molino de bolas mediante una molienda prolongada.

	<u>relación</u> <u>pigmento/vehículo</u> peso	<u>tiempo de</u> <u>molienda</u>
Pigmentos inorgánicos	5 - 20	3-5 mins.
Pigmentos Orgánicos	0.5 - 1	15-30 mins.

Trabajos recientes indican que las condiciones de molienda son bastante críticas para ciertos pigmentos orgánicos. La relación pigmento/vehículo y pigmento/solvente, requeridas para un comportamiento óptimo, -- tienen que determinarse para cada combinación pigmento/vehículo.

5. Molinos de Rodillos.

Los molinos de tres y cinco rodillos son muy comunes en la industria de pinturas. Los de dos rodillos son comunes en las industrias del hule y plásticos y a veces también se usan en la de pinturas para dispersar colores y lograr la máxima transparencia en las lacas. Estos molinos dispersan cuando las pastas premezcladas pasan entre los rodillos de metal que casi se tocan y que giran a diferentes velocidades. Una buena premezcla es esencial porque si algunos terrones duros se -- rompieran en el molino tenderían a pasarse como partículas menores que finalmente serían visibles en el producto terminado.

Tales trozos secos pueden dañar los rodillos por la falta de lubricación suministrada a las partículas del pigmento por el vehículo líquido. Una forma para obtener una buena premezcla, es hacer una mezcla a una consistencia muy espesa por un corto tiempo, antes de añadir suficiente líquido para adelgazar a la consistencia deseada para la molienda en el molino de rodillos.

La eficiencia de la molienda depende en gran par-

te de la consistencia de la base de molienda pero nunca se han definido las características exactas de la consistencia requerida. Tales propiedades indefinidas como "pegajosidad" y "efectos visco-elásticos", deben ser consideradas junto con el valor de rendimiento, pseudoplasticidad, dilatancia y otras medidas comunes - consistencia. Las pastas altamente floculadas resbalan en los rodillos y no se muelen bien. Las pastas dilatantes pueden sobrecargar el molino y fundir los fusibles protectores de los motores. Un aditivo para ayudar a la molienda consiste en hule dispersado en un solvente. En un molino de 3 rodillos este aditivo -- tiende a hacer que la parte superior del rodillo central aparezca seca ya que toda la pasta se transfiere del fondo del rodillo central a la unión con el rodillo del frente. Esto da un alto volumen de producción sin una pérdida aparente en la finura. Las pruebas de laboratorio han demostrado que la concentración del pigmento puede ser crítica. Esto puede relacionarse con cambios en la consistencia, pero también puede estar involucrado el efecto de la fricción de las partículas de pigmento entre sí. La concentración óptima de un grado de TiO_2 en una solución de resina alquidal al 80% resultó ser de 67%. Tanto las cantidades altas como las bajas disminuyen la finura y las cantidades bajas también redujeron el volumen de producción.

No es fácil fijar un claro entre los rodillos para dar los resultados deseados. En el laboratorio algunas veces se usan laminillas de ajuste de 0.0015, 0.0030 6-

0.0045 pulgadas, antes de empezar a trabajar el molino. Algunos rodillos se controlan por presión hidráulica, y se usan medidores de presión con el molino cargado y en operación para reproducir condiciones de ajuste. - Probablemente la mayoría de los ajustes se hacen por un mismo operador que depende de sus ojos, oídos y experiencias pasadas para obtener los resultados deseados. Si han de obtenerse resultados reproducibles debe de controlarse la temperatura del agua que enfría los rodillos. Es una buena idea el utilizar una temperatura arriba del punto de rocío para evitar la condensación de humedad en los rodillos.

La finura varía considerablemente dependiendo del número de pasadas y el ajuste usado. Algunas veces - un grado de TiO_2 es superior a otros en un ajuste apropiado pero inferior en un ajuste flojo.

La mayoría de los pigmentos de color se pueden -- dispersar ya sea en el molino de 2 ó en el de 3 rodillos. Con el molino de 2 rodillos se obtiene la mejor dispersión posible de los pigmentos de color debido a la alta fuerza de corte, que se puede lograr. Sin embargo, el método es costoso por la baja producción y alto consumo de energía. Un paso adicional se requiere también es la reducción de las escamas (chips). Los procedimientos usuales de reducción requieren de 3.5 a 4 horas aunque se están investigando métodos más rápidos.

Una proporción típica de dispersión en peso para un vehículo como el acetato butirato de celulosa es de:

Todavía se usan los molinos de 3 rodillos, para dispersar pigmentos de color aunque la tendencia actual es hacia el molino de arena. De cualquier forma los molinos de rodillos se usan ampliamente para dispersar colorantes universales.

6. Molinos de Bolas de Porcelana.

Actualmente todavía es común el uso de estos molinos aunque sean el tipo más antiguo usado en la industria de pinturas. Tienen la habilidad de producir una molienda fina a bajo costo con un mínimo de operarios. Se puede conseguir una variedad de jarras y recipientes con diversos revestimientos. Los agentes de molienda pueden ser piedras naturales de obsidiana y "bolas" de porcelana sintética hechas en diferentes tipos, tamaños y densidades.

La molienda más rápida se obtiene cuando las bolas ocupan la mitad del molino (incluyendo los huecos que las rodean), con la pintura justa para llenar estos huecos. La carga de pintura ocupará solamente alrededor del 20% del volumen total del molino. Las bolas deberán ser tan pequeñas y pesadas como sea posible desde un punto de vista práctico, un buen diámetro promedio es de alrededor de 1 pulgada. No es recomendable la variedad de tamaños. La velocidad rotativa deberá ser de 50-80% de la velocidad crítica ó sea la velocidad en que las bolas sin carga de pintura, son retenidas contra la pared interna por la fuerza centrífuga. Una leve sobrecarga de pintura no retrasa

La molienda radicalmente y puede ser aconsejable cuando el molino se abre únicamente a ciertos intervalos, como cada 24 horas.

A través de los años se ha trabajado mucho sobre las formulaciones para las bases de molienda en molino de bolas de porcelana ya que los resultados obtenidos son definitivamente una función de la consistencia y otros factores relacionados con la formulación de la base de molienda. La mejor práctica general, al menos para el TiO_2 , es usar suficiente vehículo para deflocular el pigmento y únicamente la cantidad de solvente requerido para producir una consistencia como de 60-80 Unidades Krebs, lo que causará cascada de bolas. Con muchos vehículos es óptimo un PVC de más o menos - 75%, pero algunas veces se usan pigmentaciones más altas como cuando los agentes tenso-activos son substituidos por un vehículo.

Se puede obtener buena finura con TiO_2 en 2 horas, pero cuando se desea una finura excepcional algunas veces los lotes son molidos hasta 72 horas. El brillo siempre va en paralelo con la finura. Es factible que la degradación del vehículo, como la precipitación incipiente de la resina por oxidación, pueda afectar el brillo tanto como el grado de dispersión del pigmento. La floculación puede usualmente causar problemas por el cuerpo esponjoso que resulta, no permitiendo la debida acción de las bolas.

Raramente la facilidad del mezclado es un factor. Sin embargo la densidad aparente del pigmento seco pue

de ser crítica cuando no se puede cargar todo el pigmento de una sola vez y hay que cargarlo en partes girando el molino varias veces antes de continuar la adición. Si se puede obtener un pigmento parecido con menor densidad aparente, este proceso de humectación por partes puede eliminarse.

Aunque la mayoría de los pigmentos de color se pueden moler en molinos de bolas de porcelana la tendencia es a usar molinos de bolas de acero en donde se obtienen dispersiones más rápidas a pigmentaciones más altas. Cuando la contaminación es un problema con los colores claros, particularmente amarillos, entonces se usan extensamente los molinos de bolas de porcelana.

7. Molinos de bolas de acero.

El vocablo "molino de bolas" con frecuencia se aplica erróneamente a lo que llamamos "molinos de bolas de porcelana". En la industria de los recubrimientos el término "molino de bolas" generalmente se refiere a bolas de acero en un tambor de acero. Debido al manchado del pigmento por la abrasión del acero, tales molinos raramente se usan en blancos, pero con frecuencia se usan en colores en donde es casi indispensable una acción intensa sobre las partículas para algunos materiales duros de moler. La molienda es mucho más rápida y se puede hacer a consistencias más altas que en un molino de bolas de porcelana debido a la mayor densidad de las bolas.

Los recipientes llevan aletas interiores para evitar la tendencia mayor de las bolas muy pulidas y pesadas que resbalan con facilidad y no pueden ser elevadas por la rotación del molino para que puedan hacer la cascada debidamente.

La molienda con molino de bolas de acero es un método importante para dispersar pigmentos de colores. - Unos cuantos colores orgánicos que no se pueden moler en molinos de arena pueden dispersarse en molinos de bolas de acero. Las relaciones pigmento/vehículo se aproximan bastante a las requeridas por el molino de arena. Los requerimientos de tiempo difieren grandemente; los pigmentos orgánicos requieren alrededor de 48 horas mientras que los colores inorgánicos suaves como el naranja molibdato pueden molerse en 4 horas.

PRINCIPALES AMPLIANTES DEL BIOXIDO DE

TITANIO.

Los incrementos en el precio del TiO_2 , han originado - en el mercado de las pinturas, la búsqueda de substitutos - de éste. Estos productos son conocidos como ampliastes y - se utilizan con el objeto primario de reducir los costos, - aunque también se logran modificar algunas propiedades del - sistema. Los ampliastes también son conocidos como cargas.

Todos estos ampliastes se utilizan en combinación con - el TiO_2 , ya que ninguno de estos es un substituto ideal, de - bido a las excelentes propiedades que proporciona el TiO_2 , - en las pinturas.

Los ampliastes son pigmentos inertes, generalmente de - bajo índice de refracción. Tomando en cuenta su naturale - za química, se pueden dividir en:

1. Carbonato de Calcio
2. Caclines
3. Talco ó Silicato de Magnesio
4. Sfilices y Tierras Diatomáceas
5. Micas
6. Baritas
7. Sulfato de Calcio
8. Bentonitas

La clasificación química por sí sola, no es suficiente porque los miembros de dicha clasificación varían mucho en propiedades tales como: tamaño de partícula, absorción de a ceite, brillantez, color, etc. Las propiedades de mayor importancia son el tamaño de partícula y la absorción de a ceite.

VII.1 INFLUENCIA DE LA ABSORCIÓN DE ACEITE.

La prueba de absorción de aceite para los pigmentos, - consiste en pesar 100 gr. de pigmento a los cuales se les - va añadiendo aceite con constante agitación hasta lograr hu medecer todas las partículas del pigmento formando una maci lla.

Los pigmentos utilizados en la industria de las pinturas emulsionadas, tienen una alta absorción de aceites; esto contribuye al desarrollo del poder cubriente.

Los pigmentos con alta absorción de aceite, producen películas porosas. Contrariamente a lo esperado, una alta absorción de aceite no ofrece ventaja para el formulador, -- cuando dicho pigmento se emplea a bajos niveles de porosidad de película.

Existen otros métodos para incrementar la porosidad en la película y que no involucren el empleo de pigmentos con alta absorción de aceite. A continuación se citan algunos métodos:

- a. Aumentar la concentración volumétrica del pigmento --- (CVP) por medio de la adición de ampliastes.
- b. Incrementar la CVP removiendo sólidos de resina.
- c. Reemplazar un ampliaste de baja absorción de aceite -- por otro que tenga una mayor demanda.

CVP es la relación existente entre el pigmento contenido en una formulación y el vehículo no volátil, expresada como porcentaje de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CVP = \frac{\text{Volumen de pigmento (TiO}_2\text{ + ampliastes)}}{\text{Volumen de pigmento + Volumen de sólidos (TiO}_2\text{ + ampliastes) de resina}} \times 100$$

V.II.2 IMPORTANCIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA.

Los pigmentos con tamaño de partícula grande, requieren para humectarse pocas cantidades de aceite, su precio es relativamente bajo. Sin embargo al utilizar pigmentos de pequeño tamaño de partícula con alta demanda de aceite y mayor precio de costo, se tiene la ventaja de una distribución más uniforme en la película, incrementándose simultáneamente la porosidad así como el poder cubriente. Esto nos lleva a obtener ahorros del TiO₂, logrando reducir el costo de la pintura.

VII.3 RESUMEN DE CARACTERISTICAS QUE IMPARTEN
DIFERENTES AMPLIANTES EN LOS SISTEMAS EMULSIONADOS.

CARBONATO DE CALCIO.

El carbonato de Calcio es el pigmento ampliador más co-
nocido y antiguamente usado.

- a. Carbonato de Calcio Natural.- Se encuentra en las -
piedras calizas tales como calcita, blanco de españa y
marmol, en donde llega a tener concentraciones de has-
ta 98% de $CaCO_3$.

Debido a la cohesión electrostática que presenta,
es necesario hacer la molienda en húmedo o bien median-
te centrifugación.

De preferencia se emplea en primarios, rellenado-
res, mastiques, etc. El tamaño de partícula promedio
es de 7.5 micras.

- b. Carbonato de Calcio Precipitado.- En general, impar-
te brocheabilidad y tersura a la película, incrementa-
su resistencia al lavado y facilita la limpieza de man-
chas. Su principal aplicación es en pinturas interio-
res y exteriores debido a su buena retención de color-
ya que ayuda a controlar el PH. Tiene poca absorción
de agua. También se usa en acabados semibrillantes.

El carbonato de calcio estrafino, con un tamaño -

de partícula promedio de 1.95 micras, es reactivo y -
tiende a reducir el asentamiento, a endurecer la película y a mejorar las características reológicas.

CAOLIN.

Su fórmula química corresponde a un silicato de aluminio ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$). Es una arcilla residual de baja plasticidad. En apariencia, es un polvo blanco de partículas en forma laminada, extremadamente finas. Posee propiedades hidrofílicas, lo cual le permite su uso en pinturas al agua. Su peso específico es alto, tiene buena resistencia a la luz y no es afectado por ácidos ni alcalis. Se emplea en la fabricación de primarios, vinílicas, esmaltes de alto brillo, etc. Es un material excelente para dar cuerpo y evitar asentamientos de otros pigmentos. En la mayoría de las pinturas mejora su apariencia e incrementa su densidad y dureza, su tamaño de partícula fluctúa entre 0.5 y 1.5 micras.

SILICATO DE MAGNESIO - TALCO.

El silicato de magnesio es un pigmento blanco y blanco. se obtiene por la molienda del mineral de depósitos naturales. Atendiendo a la forma de su partícula, existen tres tipos de silicato de magnesio ó talco.

TAMAÑO DE PARTICULA PROM.

- | | |
|-----------------------------------------------|---------------|
| a. Talco micáceo ó granular | 2-3.5 micras. |
| b. Talco fibroso ó acicular | |
| c. Silicato de magnesio en hojuelas ó laminar | 1.4 micras |

El talco por su inactividad química, bajo costo, buenas características de sedimentación, durabilidad, habilidad para impartir cuerpo, lo hace un ampliador de uso generalizado, ya que proporciona un buen refuerzo a la película. Sin embargo un exceso puede aumentar el caído y afectar el flujo de la pintura. Se usa principalmente en recubrimientos que imparten protección a la corrosión.

SILICE Y TIERRAS DIATOMACEAS.

La sílice natural se encuentra distribuida en gran número de formas, comercialmente tienen importancia tres de ellas: cuarzo, tripoli, y tierras diatomáceas.

- a. Cuarzo.- El cuarzo cuya fórmula química es SiO_2 -bóxido de silicio- es un polvo cristalino, brillante y presenta fracturas en forma concoidea. Tiene un poder cubriente bajo, su molienda es difícil y en las formulaciones presenta problemas de sedimentación. Se prepara moliendo cuarzo en seco ó húmedo y se clasifica según el tamaño de partícula.
- a. Tripoli.- Es un compuesto similar al cuarzo, proveniente de la descomposición de piedras alcalinas. Presenta mucha más suavidad y finura que el cuarzo, lo cual facilita la molienda. Debido a su inactividad química, densidad y blancura, es muy utilizado en la preparación de tapa-poros. También se emplea en pinturas para exteriores, tiene la particularidad de mejorar el brocheo. Se usa en pinturas de tráfico y primarios.

c. *Tierra Diatomácea.*- Es un material sólido voluminoso y de textura suave, contiene aproximadamente 88% de sílice y se encuentra compuesto por esqueletos de plantas acuáticas pequeñas prehistóricas. Tiene formas geométricas intrincadas, absorbe de 1.5 a 4 veces su peso de agua y tiene también una alta resistencia al ácido fluorhídrico y es soluble en alcalis enérgicos.

La tierra diatomácea es generalmente más fácil de dispersar en molinos de alta velocidad al compararla con otros ampliandos de tamaño y distribución de partículas similares. Contribuyen en cierto grado y al control de la rugosidad de la película y ayuda a conseguir el nivel de lustre deseado en pinturas semibrillantes ó mates. En vehículos a base de latex suministra en unión del TiO_2 un alto poder cubriente, tanto en pinturas para interiores como exteriores.

MICAS.

Se encuentra en forma natural en minerales como la moscovita y la flogotita.

Recientemente se ha encontrado que la mica molida al agua es el mejor pigmento para impedir el estrellamiento, pues posee la propiedad de producir películas laminares, las cuales tienen una gran resistencia a la intemperie. Se usa especialmente en pinturas emulsionadas para exteriores.

BENTONITA.

Es un caolin coloidal que ayuda a evitar el asentamiento de los pigmentos y además imparte tixotropía a las pinturas. Posee una alta absorción de aceite y al usarlo debe formularse con cuidado pues el exceso disminuye la resistencia de la película a los agentes exteriores.

BARITAS.

- a. Sulfato de Bario (natural).- Las baritas naturales se encuentran en la naturaleza mezcladas con arcilla, tierras calizas, galena, calcita, etc. Su formación se debe a precipitaciones ocasionadas por la acción de aguas frías y alcalinas.

Las baritas naturales se preparan moliendo el mineral en húmedo, posteriormente se lixivia y se remuele a dejarlo de un tamaño uniforme y finalmente se somete a la acción de un ácido ya sea sulfúrico o clorhídrico con el fin de blanquearlo. La barita natural es uno de los ampliadores más conocidos, es insoluble en agua, presenta buena resistencia a ácidos y álcalis, tiene excelente estabilidad al calor. En aceites o vehículos su poder cubrición es muy bajo; tiene una absorción de aceite reducida y es difícil de moler. Se utiliza en la formulación de primarios para metal y madera.

- b. Blanco fijo- Sulfato de Bario (sintético).- El blanco fijo tiene la misma composición química que las ba-

ritas naturales (BaSO_4) y se obtiene por la precipitación del sulfato de bario en una solución que contenga una sal de bario y ácido sulfúrico.

Es un polvo fino de color blanco y de textura suave, sus propiedades son similares a la de las baritas naturales, pero posee una mayor absorción de aceite. - Se usa en esmaltes de textura fina, en los cuales las baritas naturales no son satisfactorias, también se emplea en la formulación de primarios con objeto de mejorar las características de lijado y de resistencia al agua. Por sus características abrasivas es preferible molerlo en molino de bolas de porcelana. El tamaño de partícula promedio de este ampliador es de 1.6 micras.

CAPITULO VIII.

EVALUACION DE DIFERENTES FORMULACIONES DE PINTURAS

EMULSIONADAS EN EL LABORATORIO.

Esta evaluación tiene por objeto ejercer un control de calidad de los productos terminados y lo que es aún más --- importante asegurar una calidad uniforme en los diferentes lotes de producción.

Para que una prueba de evaluación pueda ser considerada como satisfactoria sus resultados deben ser exactos y reproducibles y su rango de medición debe cubrir las variaciones extremas del producto a evaluar.

Las pruebas específicas para un material dado deben -- ser efectuadas siempre en condiciones idénticas hasta donde sea posible, con el fin de que los resultados sean significativos.

Se elaboraron nueve diferentes pinturas con diferentes tipos y concentraciones de carga, así como diferente concentración de pigmento (TiO_2).

Las cargas utilizadas fueron:

- Caolin micronizado
- Barita
- Talco

- Carbonato de calcio
- Caolín calcinado

Todas estas pruebas se realizaron en el laboratorio de P.P.Q.

Todas estas pinturas contienen el mismo tipo de espesante celulósico (hidroxietil celulosa). El bióxido de titanio empleado fue el R-810.

El amoníaco fue adicionado como agente emulsificante y el dispersante empleado fue el mismo para todas las pinturas.

FORMULACIONES UTILIZADAS.

Pintura 1. 9.72% de TiO_2
 31.34% de Caolín micronizado
 27.42% de Acetato de polivinilo
 30.80% de Agua
 0.48% de Hidroxietil celulosa
 0.08% de Amoníaco
 0.16% de dispersante

Pintura 2. 22.47% de TiO_2
 14.97% de Caolín micronizado
 31.83% de Acetato de polivinilo
 30.03% de Agua
 0.45% de Hidroxietil celulosa
 0.07% de Amoníaco
 0.17% de dispersante

Pintura 3. 32.38% de TiO_2
34.41% de Acetato de polivinilo
32.47% de Agua
0.49% de Hidroxietyl celulosa
0.08% de Amoniaco
0.16% de dispersante

Pintura 4. 4.89% de TiO_2
20.36% de Caolin micronizado
0.81% de Caolin calcinado
3.26% de Acetato de polivinilo
64.95% de Agua
0.84% de Hidroxietyl celulosa
0.40% de Dispersante
4.07% de Fécula de maiz
0.41% de Preservativo mercurial

Pintura 5. 7.78% de TiO_2
33.07% de Caolin micronizado
27.23% de Acetato de polivinilo
31.20% de Agua
0.47% de Hidroxietyl celulosa
0.08% de Amoniaco
0.16% de dispersante

Pintura 6. 7.78% de TiO_2
31.12% de Caolin micronizado
1.94% de Barita
27.23% de Acetato de polivinilo
31.20% de Agua
0.47% de Hidroxietyl celulosa
0.08% de Amoniaco
0.16% de dispersante

Pintura 7. 7.78% de TiO_2
31.12% de Caolin micronizado
1.94% de Talco
27.23% de Acetato de polivinilo
31.20% de Agua
0.47% de Hidroxietyl celulosa
0.08% de Amoniaco
0.16% de Dispersante

Pintura 8. 7.78% de TiO_2
31.12% de Caolin micronizado
1.94% de Carbonato de Calcio
27.23% de Acetato de polivinilo
31.20% de Agua
0.47% de Hidroxietyl celulosa
0.08% de Amoniaco
0.16% de Dispersante

Pintura 9. 7.78% de TiO_2
31.12% de Caolin micronizado
1.94% de Caolin calcinado
27.23% de Acetato de polivinilo
31.20% de Agua
0.47% de Hidroxietyl celulosa
0.08% de Amoniaco
0.16% de Dispersante

Las pruebas a las cuales fueron sometidas estas pinturas son:

- Poder cubriente

- Brillo
- Amarillamiento y Blancura
- Viscosidad
- PH y Densidad
- Grado de dispersión
- Rendimiento
- Lavabilidad

VIII.1 PODER CUBRIENTE.

Se puede definir como la habilidad que presentan los acabados orgánicos pigmentados de enmascarar por completo la superficie sobre la cual son aplicados.

Se mide la opacidad del pigmento empleando fórmulas típicas de pintura, asumiendo que en todas las pruebas se aplica el mismo espesor de película, por lo que las diferencias en poder cubriente provendrán únicamente del poder de esparcimiento de la luz, que tiene el TiO_2 por la conjugación de fenómenos ópticos.

El método a seguir es el siguiente:

Se fija una carta a una placa de vacío para enrase automático. Justamente antes de cada enrase la pintura deberá agitarse suficientemente para lograr su homogeneidad, pero evitando la formación de burbujas de aire que puedan ocasionar una película no uniforme.

El aplicador de película que proporcionará el espesor de película húmeda seco, se hace correr sobre la -

carta después de haber colocado bajo el aplicador, suficiente pintura para cubrir toda la carta.

Se retira la cinta de la placa de vacío y se pesa en una balanza en un lapso no mayor de 20 segundos - después de que el engrase haya sido aplicado.

El engrase se seca en posición horizontal de un día a otro, si es posible, se recomienda controlar la humedad relativa a un 50% y la temperatura a 22°C.

Una vez seco el engrase, se hacen lecturas de reflectancia utilizando un filtro verde sobre las porciones blanca, y negra de la carta. Se calcula la relación de contraste dividiendo la reflectancia del área negra sobre la reflectancia del área blanca.

El coeficiente de desviación, al espesor de película obtenido, se lee de la carta de opacidad de Kubelka Munk, utilizando los valores de relación de contraste y reflectancia sobre el área negra.

Este coeficiente es una constante óptica fundamental que define la capacidad de un objeto, en este caso el pigmento, para desviar y regresar la luz incidente hacia fuera de la película.

VIII.2 BRILLO.

La determinación del brillo es una valiosa ayuda para establecer la influencia de diversos componentes dentro de u

na formulación y al mismo tiempo para observar los cambios - en la apariencia de la película debidos a diversos factores- tales como exposición a intemperie, ataque por productos químicos, abrasivos, etc.

En la mayoría de los casos, el brillo es para el usuario una medida de la calidad de los sistemas de acabado, ya que una superficie tersa y brillante proporciona un gran atractivo a la gran mayoría de los artículos terminados, además produce en el observador una sensación de calidad.

El brillo de un material está dado por la relación de luz incidente a luz reflejada sobre la superficie del mismo, cuando los ángulos de incidencia y reflectancia son iguales- pero de signo opuesto; en otras palabras, el brillo es la medida de cómo un material funciona como espejo.

La prueba de brillo se corre fabricando una pintura problema y 2 de referencia. Se aplican sobre placas de aluminio, se comparan de acuerdo a la luz reflejada por un medidor de brillo y se asigna el valor de brillo.

VIII.3 AMARILLAMIENTO Y BLANCURA.

Prueba aplicable a cualquier sistema "Blanco" que contenga ó no dióxido de titanio. Como la medición del color, estas pruebas se basan en mediciones de reflectancias. Por medio de estas, se puede definir la sensación de color de cualquier acabado. La blancura es cuantificada por la reflectancia en filtro verde y el amarillamiento en una rela-

ción de reflectancias con los 3 filtros (azul, verde, amabar).

$$\text{AMARILLAMIENTO} = \frac{\text{AMBAR} - \text{AZUL}}{\text{VERDE}}$$

VIII, 4 VISCOSIDAD.

Se encuentran actualmente en el mercado varios tipos de instrumentos para medir la viscosidad de las pinturas, los cuales pueden ser agrupados de la siguiente manera:

- flujo
- burbuja
- torsión

Hay que tener en cuenta que cualquiera que sea el método usado, la determinación debe ser hecha a una temperatura --- constante, con el fin de obtener resultados reproducibles; - esta temperatura es generalmente de 25°C.

El viscosímetro utilizado para dicha prueba fue el de - "Krebs-Stomer" (viscosímetro de torsión). La viscosidad es expresada en KU (Unidades Krebs).

VIII.5 PH Y DENSIDAD.

VIII.5.1. PH.

El potencial de hidrógeno se evalúa para asegurar que el pigmento se encuentra muy cerca de la neutralidad y así evitar problemas en las películas de pinturas.

VIII.5.2 Densidad.

La determinación de la densidad constituye parte del sistema de control de una pintura y básicamente es una comprobación de que no se ha producido ningún error durante su proceso de fabricación. La mayoría de las especificaciones dan un límite de tolerancia y cualquier desviación del mismo indicará un error en el proceso. La temperatura a la cual se efectúa generalmente dicha medición, es de 20°C a 25°C, pero cualquiera que sea ésta debe ser mantenida constante con el fin de obtener resultados comparativos y que se pueda correlacionar fácilmente entre sí.

VIII.6 GRADO DE DISPERSION O FINURA DE MOLIENDA.

Durante el proceso de dispersión esta determinación -- tiene por objeto controlar el tamaño de las partículas del pigmento.

Del grado de dispersión del pigmento depende en gran parte la apariencia final de la película de pintura ya que a un menor tamaño de partícula corresponden un mejor brillo, y un mayor poder cubriente.

El método utilizado fue el "Hegman". El aparato consiste de una placa de acero, en cuya superficie, perfectamente pulida y plana se encuentra una canal que va desde 100 micras en un extremos hasta cero en el otro. Se coloca un poco de la pintura al comenzar el canal y con el aplicador que también es de acero, se corre una película a lo largo de la escala, y entonces se ve que tamaño tienen las partículas más grandes.

VIII.7 RENDIMIENTO.

Para el fabricante es de primordial importancia saber el rendimiento de su pintura para comprobar si la relación costo/calidad está bien equilibrada.

El rendimiento de una pintura depende en gran parte del substrato que se quiere cubrir y el espesor de la película que se aplicará.

Uno de los métodos más usuales en México para estimar el rendimiento es hacerlo prácticamente, consiste en que uno o dos pintores (de profesión) pinten una pared y luego midan el área cubierta y la cantidad de litros usados.

El método utilizado para este estudio es el que se basa en la teoría de Kubelka Munk, en esta se utiliza un reflectómetro para determinar la relación de contraste.

Este método se basa en la estimación del espesor que deberá tener una capa de pintura para cubrir completamente el sustrato.

VIII.8 LAVABILIDAD.

Esta prueba consiste en hacer una aplicación de la pintura sobre una lámina. Dicha película es frotada con un cepillo constantemente, (el cual ha sido sumergido en una solución jabonosa previamente), durante un número determinado de ciclos.

La lectura se toma en cuanto la película empieza a deteriorarse.

Esta prueba nos da una idea de que tan lavable puede ser una pintura y la resistencia a la intemperie.

PROPIEDADES PRINCIPALES, ANALISIS, DISPERSION, RESISTENCIA AL
CALEO Y BRILLO DE LOS 3 TIPOS DE BIXIDO DE
TITANIO PRODUCIDOS EN EL PAIS.

A N E X O

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO.

Número muestra	relación de componentes	poder su- briente	amortiguamiento	blanqueo	viscosidad* D.K.	FE	densidad** g./cm ³	fibra Regma. G.	rendimiento m ² /l	lavabilidad óxido.	Grillo
1	0.012	4.48	+0.080	0.672	180	6.8	1.510	0.0	6.40	1.320	2.0
1	0.067	4.02	+0.082	0.620	128	6.8	1.338	0.0	7.00	1.400	4.1
2	0.071	6.48	+0.012	0.928	188	7.0	1.508	0.0	8.00	4.160	11.4
4	0.070	0.87	+0.071	0.640	110	7.0	1.501	0.0	4.18	88	0.8
4	0.010	2.87	+0.088	0.868	120	6.8	1.724	1.0	2.04	0.610	2.0
6	0.010	4.07	+0.085	0.895	127	7.0	1.538	1.0	6.80	0.910	3.0
7	0.009	4.18	+0.082	0.848	128	7.0	1.540	1.0	4.08	1.820	2.0
8	0.019	4.08	+0.048	0.884	188	7.0	1.542	1.0	4.28	1.860	2.4
9	0.061	8.71	+0.047	0.897	122	7.5	1.164	1.0	6.10	0.060	2.1

* La viscosidad se midió a una temperatura de 25°C.

** la densidad fue medida a una temperatura de 25°C.

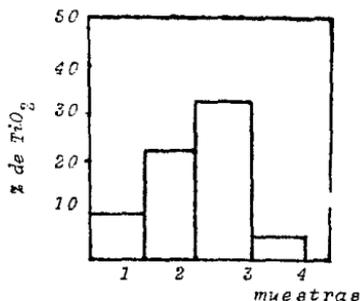
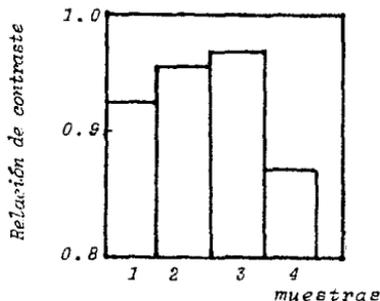
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO.

El análisis se hizo en dos partes:

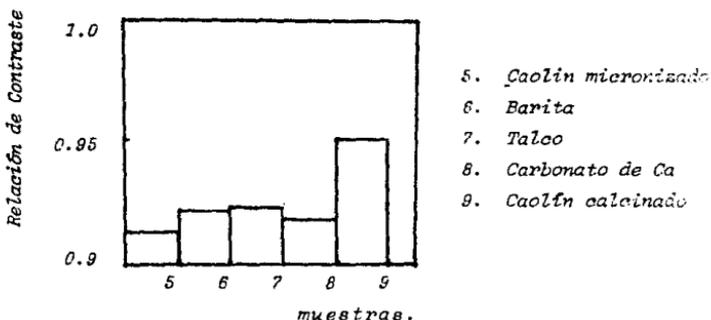
- En la primera se compararon únicamente las primeras cuatro formulaciones, en donde el bióxido de titanio y la resina, fueron las únicas variables que no permanecieron constantes, con el fin de determinar en que grado modifican a las características de una pintura.

- En la segunda se compararon las últimas cinco formulaciones, ya que en estas se mantuvo constante la relación de bióxido de titanio y lo que se modificó fueron los ampliadores (siempre en la misma proporción), -- con el objeto de detectar el ampliador, que en combinación con el pigmento, proporcione las mejores características.

ANÁLISIS DE LA RELACION DE CONTRASTE CONTRA EL CONTENIDO DE
TiO₂ EMPLEADO EN LAS FORMULACIONES.



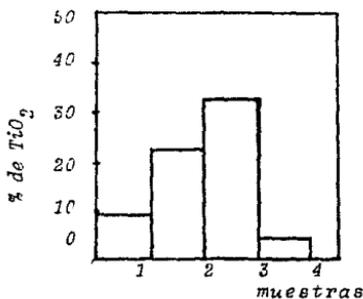
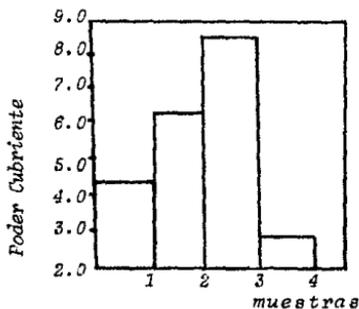
Según se observa en estas gráficas, la relación de contraste está íntimamente ligada con la concentración de óxido de titanio en la pintura. A mayor cantidad de pigmento, mayor es el valor de la relación de contraste, es decir que son directamente proporcionales.



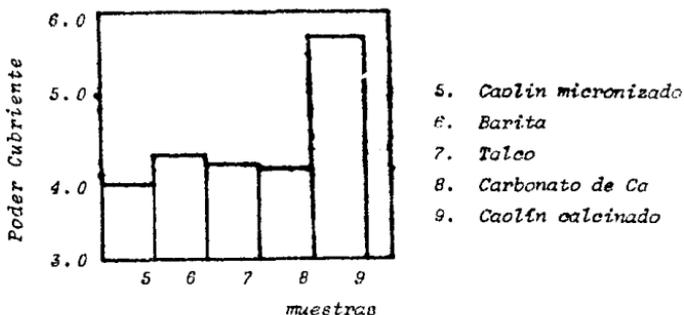
En esta gráfica se está comparando la influencia que ejercen los diferentes ampliastes sobre la relación de contraste, ya que la concentración de bióxido de titanio se mantuvo constante en estas cinco formulaciones.

De aquí se puede observar que el mejor ampliaste utilizado fué el Caolín Calcinado, ya que con el mismo porcentaje de pigmento, dió una mayor relación de contraste. Además con la combinación de TiO_2 y Caolín Calcinado se obtiene una relación de contraste casi igual a la de la muestra #8, la cual tiene un poco más del doble de bióxido de titanio que la muestra #9 (ver pag. 102); con lo cual podemos concluir que un ampliaste utilizado en una proporción adecuada puede abaratar mucho el costo de una pintura.

ANÁLISIS DEL PODER CUBRIENTE CONTRA EL CONTENIDO DE TiO_2 EN LAS FORMULACIONES.

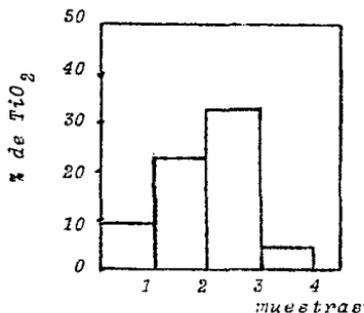
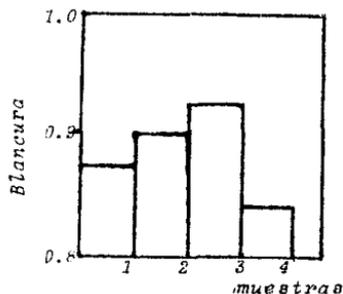
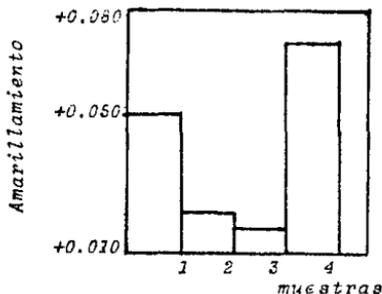


Según las gráficas podemos decir que a mayor concentración de bióxido de titanio en una formulación, mayor será el poder cubriente; estas dos características son directamente propocionales entre sí.

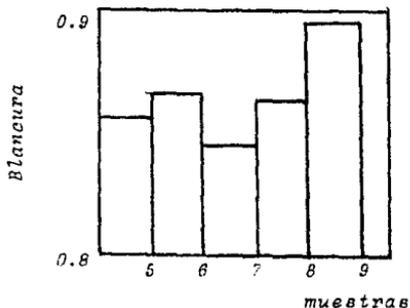
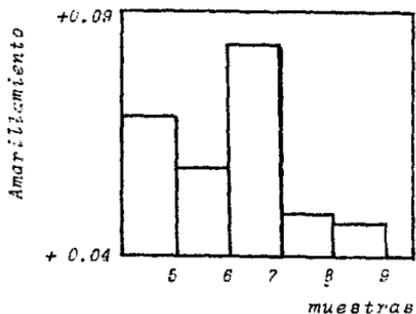


De la gráfica se puede observar como las cargas 6 am--
pliantes intervienen en gran propoción en el poder cubriente
de las formulaciones, ya que la concentración del pigmento -
se mantuvo constante.

De aquí se determina que el Caolin micronizado resulta-
ser la carga más pobre, sin embargo el Caolin calcinado, --
por tener un tratamiento la partícula, resulta que en combi-
nación con el TiO_2 es muy buen ampliante; con lo se reduci-
ría el costo de las formulaciones.

TiO₂ EN LAS FORMULACIONES.

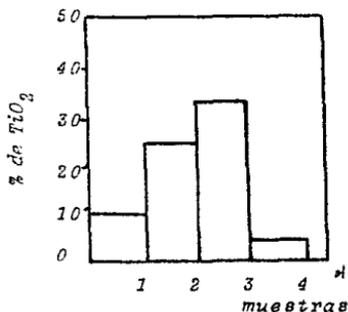
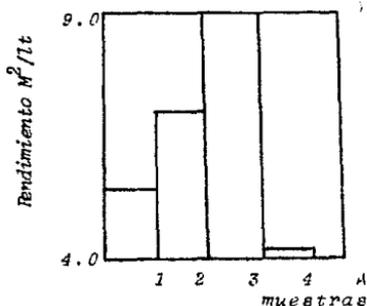
De estas gráficas se puede observar que el amarillamiento se inversamente proporcional a la concentración de TiO₂, no así la blancura, ya que esta es directamente proporcional a la concentración de pigmento utilizado. Ya que a mayor blancura, mayor cantidad de pigmento utilizado y a mayor amarillamiento, menor porcentaje de pigmento. Por lo que resulta que a mayor blancura, menor amarillamiento.



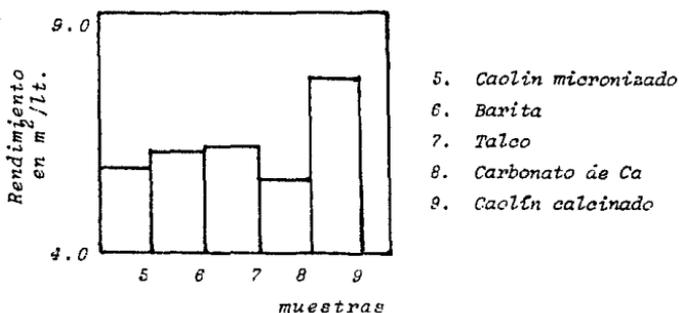
En estas gráficas se observa perfectamente como estas - dos propiedades son inversamente proporcionales entre sí, y - como los ampliastes ó cargas pueden proporcionar mayor blan- cura ó mayor amarillamiento si se mantiene constante la con- centración de TiO_2 .

El peor ampliaste en este caso resultó ser el Talco, ya que proporcionó un aumento considerable en el amarillamiento y el mejor ampliaste fué el Caolin calcinado ya que la blan- cura alcanzada fué alta, la cual resultó ser casi igual a - que si utilizáramos el doble de la concentración de TiO_2 , -- con lo que se comprueba que un ampliaste bien utilizado pue- de bajar el costo de la pintura, manteniendo la misma cali- dad en dicha pintura. Claro que si utilizamos puro TiO_2 , - se alcanza un máximo en la calidad de la pintura, pero el - costo de dicha pintura también aumenta.

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO EN M²/LT. CONTRA EL CONTENIDO DE TiO₂
EN LAS FORMULACIONES.

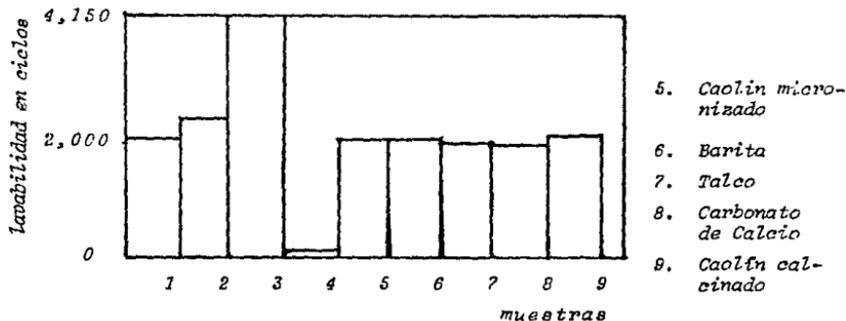


De estas gráficas se observa que el rendimiento va en relación directamente proporcional con el contenido de TiO₂ en las formulaciones, a mayor concentración de TiO₂ mayor será el rendimiento de la pintura, el resto de los componentes influyen también en el rendimiento pero en una proporción muy pequeña.



Manteniendo constante la concentración de dióxido de titanio, el rendimiento es casi el mismo con diferentes cargas excepto con el caolín calcinado, ya que con este ampliante se obtiene un rendimiento bastante favorable, aún cuando la concentración de dióxido de titanio es baja, pero esta sería una manera de disminuir el costo de una pintura.

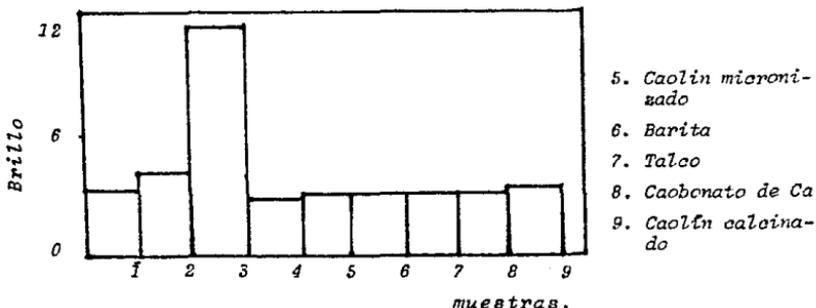
ANÁLISIS DE LA LAVABILIDAD EN RELACION CON EL CONTENIDO DE
RÍOXIDO DE TITANIO EN LAS FORMULACIONES.



La lavabilidad de una pintura está determinada casi en su totalidad por la cantidad de pigmento que contenga como - se puede verificar en la gráfica, la muestra #3 contiene un 32.38% de TiO_2 y tiene una lavabilidad de 4,150 ciclos, mientras que la muestra #4 contiene 4.89% de TiO_2 y tiene una lavabilidad de 53 ciclos; así que la influencia del pigmento - es determinante, no así las cargas, cuya influencia es mínima.

Otro factor que afecta a la lavabilidad es la resina, a mayor cantidad de resina, mayor será el número de ciclos. En estas muestras la cantidad de resina fué casi la misma, por esa razón, la intervención de este factor no es determinante para este caso.

ANALISIS DEL BRILLO EN RELACION CON EL CONTENIDO DE TiO_2 .



El brillo es otra propiedad que está altamente ligada a la cantidad de bióxido de titanio que contenga la pintura.

En este caso la muestra #3, que es la que contiene mayor porcentaje de pigmento es la que tiene mayor brillo. Nótese que aquí los ampliandes casi no intervienen; las muestras #5, 6, 7 y 8, tienen la misma cantidad de pigmento, por lo tanto el brillo es igual para todas ellas; la muestra #9 que -- también contiene el mismo porcentaje de pigmento que las muestras 5, 6, 7 y 8, tiene un brillo mayor, debido a que el ampliante utilizado es el caolin calcinado, que es un ampliante de mejor calidad que los demás, por lo que puede proporcionar mejores características que los otros.

CAPITULO IX.

CONCLUSIONES.

El cambiar la cantidad de pigmento de una formulación - requeriría probablemente hacer cambios en la cantidad de dispersante & cambiar a otro dispersante.

El poder cubriente u opacidad es una medida de la habilidad de un objeto (película & recubrimiento) para impedir - la penetración de la luz incidente. La penetración se reduce cuando la luz es absorbida (con un objeto negro) & desviada totalmente (con un objeto blanco) & absorbida y desviada (con un objeto color pastel).

La luz se desvía por reflexión en la superficie, por -- refracción y por difracción, que a su vez son afectados por diferencias en el índice de refracción, longitudes de onda -- de la luz, geometría y tamaño de las partículas, así como su espaciamiento.

Las cargas varían ampliamente en cuanto a composición química, tamaño de partícula, demanda de aceite y otras propiedades. Debido a esto, se hace necesario seleccionar -- cuidadosamente y hacer una evaluación de estos efectos antes de usarlos. Sin embargo, cuando se usan adecuadamente -- imparten muchas propiedades deseables en las pinturas y a -- un costo razonable.

A un mismo contenido en volumen de TiO_2 y ampliador, - la opacidad de las pinturas emulsionadas aumenta a medida que disminuye el tamaño de las partículas del ampliador. - Particularmente cuando el tamaño de estas partículas es del rango de dos micras de diámetro, ya que estas distribuyen eficientemente las partículas del TiO_2 .

Con respecto a la opacidad, facilidad de dispersión - del pigmento e integridad de la película, los ampliadores - con tamaño promedio de diámetro de partícula de apróx. 0.5a 0.8 micrones, son los más deseables para acabados mate.

Es deseable el uso de ampliantes de tamaño de partícula fino y de relativa baja absorción de aceite a no más de 15% en base al total de los pigmentos.

Ampliadores con tamaño de partícula mayores son útiles para obtener propiedades tales como, consistencia de la -- pintura y regular el satinado. Si la partícula es demasiado chica o si se usa demasiado pigmento resultará desde luego una mayor consistencia.

Aunque todos los ampliantes logran dar a una pintura, - buenas propiedades, la más importante de ellas es el poder cubriente y únicamente el TiO_2 logra desarrollar un poder - cubriente máximo.

Otra ventaja del TiO_2 es que es un pigmento totalmente inerte, y por lo tanto se puede utilizar en un medio ácido como en un medio básico.

En cuanto al proceso de obtención, el más utilizado es el proceso al Cloruro por ser el menos tóxico.

Debido a los grandes avances que se han desarrollado en el tratado de la superficie del TiO_2 , se ha logrado agilizar el proceso de una pintura, ya que no es necesario molerlo, - sino que únicamente se dispersa en el sistema.

De todas las formulaciones hechas en este estudio, podemos observar que la mejor pintura es la #3, la cual, es la - que tiene mayor porcentaje de bióxido de titanio y no contiene ningún tipo de ampliante. El poder cubriente promedio de los 9 diferentes sistemas de pinturas es 4.93, el correspondiente a la pintura #3 sobre pasa a este por un 72.0%, lo que significa que esta formulación tiene un excelente poder cubriente en comparación con las formulaciones que contienen algún tipo de ampliante. En cuanto al amarillamiento, la - formulación que tiene menor grado de amarillamiento también es la pintura #2, la cual es menor en un 65.18% que el promedio, lo que comprueba la excelente blancura del TiO_2 , en comparación con las cargas utilizadas. El rendimiento promedio es de 5.78% $m^2/l.$, que corresponde a un rendimiento comercial, sin embargo la pintura #3, tiene un rendimiento de 9.00 $m^2/l.$, lo cual corresponde a un 55.70% más de rendimiento. En cuanto a la lavabilidad la pintura #3 también resulta ser la mejor, debido a que contiene mayor cantidad de

La única desventaja que presenta el TiO_2 , es un alto costo, debido a que se obtiene de la Ilmenita, el cual es un mineral de importación y cada vez resulta más caro para todo

tipo de industria; por esa razón es adecuado el estudio más profundo de las cargas ó ampliaciones ya que con ellas se logra obtener una disminución en el costo de la pintura.

PROPIEDADES PRINCIPALES

	<u>R-810</u>	<u>R-830</u>	<u>R-110</u>
Gravedad específica	4.10	4.16	4.2
cm ³ /g.	0.2437	0.2404	0.2378
Absorción de aceite	13-20	13-17	10-13
Tonalidad con negro de humo	10-13	11-14	8-11
FH	7-8.5	7-8.5	6 min.

ANALISIS

TiO ₂	91% min.	94% min.	97% min.
Al ₂ O ₃	4.5% máx.	4.5% máx.	1.2% máx.
SiO ₂	2.0% máx.		

DISPERSION

Baja fuerza cortant.	excelente	excelente	pobre
Alta fuerza cortante	excelente	excelente	buenas

RESISTENCIA AL CALEO

	muy buena	moderada	moderada
--	-----------	----------	----------

BRILLO

brillo promedio a 20 grados en esmaltes industriales	65	70	65
---------------------------------------------------------	----	----	----

BIBLIOGRAFIA.

1. *Animal Function: Principles and Adaprtations*
M.S. Gordon
Mc Millan Co.
Nueva York, 1968
2. *Características, propiedades, producción y usos del TiO_2*
Liehr, W.
Editorial Paintindia
vol. 27#4
Abril 1977
3. *Color in Business, Science, and Industry*
Judd, D.B. and Wyszecki, G.
John Wiley and sons, inc.
Nueva York, 1963
4. *Color Science*
Wyszecki, G. and Stiles, W.S.
John Wiley and sons, inc.
N.Y., 1963
5. *Colores y Pinturas*
L. Santini
Editorial Osssó
Barcelona 1952
6. *Conferencia: Teoría del Color.*
Instituto Mexicano de Técnicos de Pinturas y Tintas A.C.
Ing. José de Jesús Sánchez
Agosto 1978

7. *Cuantificación del color, medición instrumental y predicción.*
Dwight A. Holtzen
Pinturerías
Enero 1981
8. *Dispersion and Grinding*
Martin H. Schaffer
Federation series on coatings technology unit sixteen
USA 1970
9. *Enciclopedia de Procesos Químicos*
Mc. Graw Hill
10. *Human color vision and color blindness*
G. Wald & P.K. Brown
Coldspring Harbor Symp.
Quant. Biol. vol 30
11. *Organic Coating Technology vol I y II*
Payne H.F.
Editorial John Wiley & sons, inc.
New York, 1961
12. *Pigment Handbook vol I.*
Temple C. Patton
John Wiley & sons inc.
USA 1973
13. *Principles of color Technology*
Billmeyer, F.W., Jr. and Saleman, M.
Interscience Publishers,
N.Y., 1960

14. *Vision and Isual Perception*
Clarence H. Graham, E.C.
John Wiley & sons, inc.
N.Y., 1965

15. *Waterborne Coatings*
Charles R. Martens
Editorial Van Nostrand Reinhold
USA 1981

16. *Titanium Dioxide -The most imprtant white pigm.nt-*
Walter Liehr
Paintindia
West Germany, 1977