



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

CONTROL QUIMICO
DE RECUBRIMIENTOS VINILICOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
Q U I M I C O
P R E S E N T A:

ERNESTINA CONTRERAS ESPINOSA

MEXICO, D. F.

1973

2123



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.

Por la confianza depositada, la comprensión
brindada, el aliento diario. Con gran cariño
Para mis padres.

A mis abuelitos

A mis hermanos

Quien guía y ayuda, es un Maestro.

Al Ing. Manuel F. Guerrero F.

A mi Facultad.

A mis amigos.

Presidente Prof: Julia Terón Zavaleta
Vocal Prof: Manuel F. Guerrero Fernández
Secretario Prof: Héctor Saboi Zaslav
1er. Suplente Prof: Fernando Iturbide Hermann
2o. Suplente Profa: Margarita González Terán

Sitio donde se desarrolló el tema:

INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

Nombre completo y firma de la sustentante:


CONTRERAS-ESPINOSA ERNESTINA

Nombre completo y firma del Asesor del Tema:


ING. MANUEL F. GUERRERO FERNANDEZ

INDICE GENERAL

CAPITULO	PAGINA No.
I. INTRODUCCION	1
II. GENERALIDADES SOBRE RECUBRIMIENTOS	8
III. RECUBRIMIENTOS VINILICOS	20
IV. CONTROL QUIMICO DE RECUBRIMIENTOS VINILICOS	36
V. CONCLUSIONES	66
VI. BIBLIOGRAFIA	68

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

Desde la mas remota antigüedad el hombre ha empleado la pintura como medio de expresión artística y como medio de protección. Las pinturas - rupestres de las cuevas de Altamira en España son un ejemplo de lo primero y los acabados de los antiguos sarcófagos egipcios es una muestra de lo segundo.

La evolución de los pueblos, ha ido asociada con su evolución técnica en el arte de fabricar y aplicar pinturas.

La técnica de la pintura primitiva desarrollada desde mucho - antes de la llegada de los españoles a México, se remonta a 1500 años A. C., época en la cual se han encontrado cerámicas a dos colores y figurillas de barro coloredas.

Para obtener un cuadro general de la evolución de la fabricación y aplicación de pinturas en México se tomarán tres ejemplos típicos de tres ramas completamente diferentes, o sea :

I.- Pinturas de habitaciones.

II.- Pinturas de murales.

III.- Pinturas de instrumentos u objetos.

PINTURA DE HABITACIONES

Antes de la conquista la gente común vivía en chozas sin ninguna decoración, sólo los caciques y reyes tenían en sus habitaciones decoraciones a base de pintura.

A la llegada de los españoles, los grandes edificios estaban estucados en el exterior con colores vivos y algunas de las habitaciones o aposentos tenían verdaderos acabados interiores a base de aplanados y finos decorados.

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

Obteniendo el pH de esos aplanados se puede observar que era muy alcalino. De allí que los pigmentos empleados fueran en su mayoría de origen mineral, más o menos inalterables a los álcalis.

Los colores que más se empleaban eran el blanco, negro, ama-

rillo, ocre, rojo indio, siena quemada, verde y azul, la mayoría de ellos obtenidos de minerales.

El vehículo debe haber sido acuoso, a base de gomas o bien de naturaleza proteínica.

La gran durabilidad de esas pinturas, debe atribuirse más que a la naturaleza perecedera del vehículo, a la técnica del verdadero fresco. Es decir, con el aplanado aún húmedo pintaban con la dispersión de color. De esta manera, - aún cuando el vehículo desapareciera por efecto de descomposición, putrefacción o degradación, el pigmento colorido quedaba firmemente embebido en el aplanado.

Después de la conquista, a través de la dominación española, el tipo de construcción de los muros consistía en hacer paredes extraordinariamente gruesas, empleando argamasa y piedra. El terminado de estos muros, consistía casi siempre en un aplanado de arena fina y cal.

Cuando se empleaba algún acabado de pared, éste era casi siempre a base de cal dispersa en agua y coloreada con diversos pigmentos. En la manufactura de las pinturas primitivas se empleaba clara de huevo como ligante de algunas de ellas. Inconscientemente en estas pinturas se hizo uso del llamado poder cubriente en seco, en que se basan las modernas pinturas de contenido de sólidos - en volumen elevado.

En cuanto a las pinturas oleoresinosas, deben haberse conocido desde tiempos muy remotos y en general consistían de dispersiones de pigmentos inorgánicos u orgánicos en vehículos a base de copal y aceites vegetales. Posteriormente conforme fueron avanzando las técnicas se usó la caseína en lugar de proteínas o colas animales.

En general hasta 1940, el grueso del consumo de pinturas para paredes era adelgazable con agua a base de cal y caseína. De 1941 a 1950 se emplearon además pinturas mate de aceite, y de 1951 en adelante vino la época de las pinturas modernas en el siguiente orden: pinturas para pared de caseína - latex, estireno-butadieno, polivinílicas, acrílicas y epóxicas.

PINTURAS MURALES.

La aplicación de las pinturas a la superficie se hacía con el aplanado húmedo. En consecuencia, o bien había la limitación de que un solo pintor debía pintar superficies pequeñas para evitar que se secara el aplanado, o lo que es más lógico, se hacían superficies grandes de aplanado sobre las cuales trabajaban verdaderos equipos de pintores simultáneamente.

Los murales pueden agruparse en cuatro grandes estilos:

- I.- Teotihuacano
- II.- Tolteca-azteca
- III.- Maya clásico

IV.- Mixteco-zapoteco

MURALES TEOTIHUACANOS.- Sus composiciones en general son policrómicas. En Atetelco todo está pintado en tres diferentes tonalidades de rojo, las cuales van del rojo puro a un semitono de rojo y blanco y finalmente un fino color rosa.

MURALES TOLTECA-AZTECAS.- La pintura pierde composición en pureza estética siendo un simple motivo de ornamento.

MURALES DEL MAYA CLASICO.- Lo que mas resalta en un mural maya es la impresión colorida y contrastada que ofrece. Los colores en general son de valores medianos o francamente bajos.

Dada la composición de los aplanados mayas a base de cal y piedra caliza, eminentemente hidrofílicas, puede deducirse que las pinturas empleadas eran dispersiones de pigmentos en un vehículo acuoso, muy probablemente de origen proteínico ya que se ha llegado a mencionar la clara de los huevos de faisán como ligante. Sin embargo, es más factible que emplearan soluciones acuosas naturales de gomas vegetales, adicionadas de algún ligante animal.

El vehículo parece haber sido orgánico, ya que ha desaparecido toda traza de él en los murales que se han estudiado.

Cualquiera que haya sido la formulación y tecnología que emplearon los mayas en la fabricación de pinturas, es un ejemplo notable de adelanto, ya que es muy dudoso que muchas de las pinturas emulsionadas actuales de copolímeros de vinilo, acrílico y estireno-butadieno soportarán las condiciones de humedad, desarrollo de hongos y permanencia que caracterizan los frescos mayas.

MURALES MIXTECO-ZAPOTECOS.- En comparación con los murales mayas, las pinturas mixtecas y zapotecas representan sólo una manifestación secundaria de la cultura de estos pueblos aborígenes.

Algunas pinturas típicas de Mitla, Oaxaca, son más bien códigos murales que verdaderas pinturas murales como las mayas y teotihuacanas, ya que emplean únicamente un color rojo óxido sobre aplanado blanco.

UTILIZACION DE PINTURAS EN INSTRUMENTOS Y OBJETOS ABORIGENES:

Los pueblos precortesianos tenían objetos de uso diario, cuyo decorado oscilaba desde lo más primitivo hasta lo más complicado.

Sin embargo, el uso del barro como material de construcción de utensilios domésticos superaba a cualquier otro. La alfarería ocupaba un lugar predominante y la decoración con pinturas, de objetos de uso diario, tenía un lugar secundario.

Algunos pueblos como el tarasco llevaron el arte de decorar -
objetos de madera a una elevada perfección, así se tienen las llamadas "lacas mi-
choacasanas". Las lacas michoacasanas se aplican sobre bateas, cascos de algunas cu-
curbitáceas, platos y objetos de madera de árboles típicos que crecen en Michoacán.

C A P I T U L O II

GENERALIDADES SOBRE RECUBRIMIENTOS

A través de los siglos la fabricación de pinturas ha evolucionado de un arte gremial que empleaba unas cuantas docenas de materiales, a la moderna industria de pinturas que hace uso de literalmente cientos de compuestos químicos, materiales y equipos. No muy lejana está la época en que se hablaba solamente de pinturas de "cal", de "temple", pinturas de caseína y pinturas de "aceite", en la actualidad cualquier fábrica de mediana importancia, maneja por lo menos cinco veces más tipos de pinturas que las expresadas, habiendo algunas que cuentan con veinte o más líneas diferentes.

Actualmente se formula con extremada precisión con el objeto de obtener acabados adecuados para cualquier tipo de condiciones; los acabados universales van siendo relegados al campo de las pinturas domésticas, en tanto que las pinturas industriales se diversifican constantemente. Para tener una idea de tal diversificación se cita a continuación una lista de los productos que maneja una fábrica tipo en México:

- 1.- Pintura brillante anticorrosiva de secado al aire.
- 2.- Pintura brillante para usos domésticos de secado al aire.
- 3.- Esmalte para pisos.
- 4.- Esmalte para maquinaria.
- 5.- Esmalte para implementos agrícolas.
- 6.- Esmalte para automóviles de secado al aire.
- 7.- Esmalte para automóviles de secado al horno.
- 8.- Esmalte para aparatos domésticos de secado al horno.
- 9.- Esmalte para usos especiales de secado al horno.
- 10.- Esmalte anticorrosivo para instalaciones químicas.
- 11.- Pinturas adelgazables con agua.
- 12.- Pinturas adelgazables con agua industriales.
- 13.- Pinturas epoxi de secado al aire.
- 14.- Pinturas epoxi homeodós.
- 15.- Esmalte de poliuretano.
- 16.- Pinturas a base de hule clorado.
- 17.- Pinturas de base fenólica.
- 18.- Barnices de secado al aire.
- 19.- Barnices homeodós.
- 20.- Barnices de polivinilformal.
- 21.- Barnices de cumarona - indeno.
- 22.- Barnices fenólicos puros y modificados.
- 23.- Lacas nitrocelulósicas.

- 24.- Acabados asfálticos.
- 25.- Primarios anticorrosivos de óxido de hierro.
- 26.- Primarios anticorrosivos de cromato de zinc.
- 27.- Primarios anticorrosivos de minio.
- 28.- Primarios de nitrocelulosa.
- 29.- Lacas nitrocelulósicas para madera.
- 30.- Primarios selladores de nitrocelulosa para madera.
- 31.- Tintes penetrantes para madera.
- 32.- Tintes de aceite para madera.
- 33.- Tapaporos para madera.
- 34.- Pinturas antivegetativas.
- 35.- Pinturas marinas.
- 36.- Pinturas para altas temperaturas.
- 37.- Pinturas de aluminio.
- 38.- Pinturas de acabado corrugado.
- 39.- Pinturas vinílicas.
- 40.- Pinturas de acabado martillado.

Como puede verse tal diversidad de acabados requiere el uso de cantidades considerables de materia prima de características muy variables; sin embargo, básicamente puede decirse que una pintura está compuesta de dos partes principales:

a).- Parte pigmentaria.

b).- El vehículo.

Para fines de clasificación, los pigmentos los dividimos en dos grandes grupos:

1.- Pigmentos de bajo índice de refracción.

2.- Pigmentos de alto índice de refracción.

Un vehículo se considera compuesto de las siguientes partes:

a).- Una substancia formadora de película.

b).- Adelgazadores y disolventes.

c).- Agentes modificantes.

1.- PIGMENTOS DE BAJO INDICE DE REFRACCION.- Estos pigmentos tienen un índice de refracción generalmente igual o ligeramente mayor que el vehículo en el cual están dispersados. Originalmente se tomó como base el índice de refracción del aceite de linaza cocido o sea 1.5 aproximadamente. De esta manera el índice de refracción de algunos pigmentos de este tipo es el siguiente:

Barita (Sulfato de Bario)	1.64
Carbonato de calcio	1.65

Talco	1.59
Mica	1.51
Caolín	1.56

En consecuencia por su cercanía en el índice de refracción, el pigmento es apenas visible cuando está dispersado en aceite, y el resultado óptico - permite ver el sustrato o sea que la película seca es semitransparente. Debido a este fenómeno se les ha llamado de diversas maneras: ampliadores, extendedores, inertes, carga, abaratadores, etc.

Antiguamente cuando se usaba carbonato de plomo como el principal pigmento de alto índice de refracción, estos pigmentos eran considerados como adulterantes; al transcurrir el tiempo y obtener mejores pigmentos y conocimientos físicoquímicos más amplios, los pigmentos de bajo índice de refracción han venido a - constituir una parte necesaria de la formulación y contribuyen en numerosas propiedades tanto en la pintura líquida como en la película sólida y aplicada.

Un pigmento de bajo índice de refracción puede cubrir muy poco cuando se emplea en una formulación oleoresinosa, pero el mismo pigmento puede tener un poder cubriente muy apreciable cuando se emplea en una formulación odelizable con agua, ya que en este último caso la diferencia de índices de refracción entre el vehículo y el pigmento permiten el obtener una película seca opaca.

2.- PIGMENTOS DE ALTO INDICE DE REFRACCION.- Una clasificación general de los pigmentos opacos puede ser:

- a).- Pigmentos opacos de plomo:
 - Carbonato básico de plomo.
 - Sulfato básico de plomo.
- b).- Pigmentos opacos de zinc:
 - Oxido de zinc.
 - Oxido de zinc plomado.
 - Litopón.
- c).- Pigmentos de bióxido de titanio.
- d).- Pigmentos de óxido de antimonio.

En general este tipo de pigmentos imparten a la pintura un mayor poder cubriente. Resumiendo en pocas palabras la función de los pigmentos en una pintura puede decirse que es principalmente de tipo decorativo y acésoriamente permite una mejor estructura de la película, protegen la estructura molecular de la película - de la degradación por rayos ultravioleta, imparten a la superficie efectos ópticos especiales, etc.

VEHICULO.- El vehículo en una pintura es la parte líquida de ella y se compone de :

FORMADOR DE PELICULA.- El formador de película, puede -

ser un aceite, una resina, un polímero, etc., como su nombre lo indica su principal función es la de formar una película sólida y continua al secar.

El formador de película imparte muchas de las principales propiedades de una pintura y es determinante en el caso de un barniz.

A continuación se mencionan algunos de los formadores de película más importantes:

- 1.- Aceite de linaza.
- 2.- Aceite de china.
- 3.- Aceite de soya.
- 4.- Aceite de coco.
- 5.- Aceite de oiticica.
- 6.- Aceite de ricino.
- 7.- Aceite de perilla.
- 8.- Aceite de cártamo.
- 9.- Aceite de chia.
- 10.- Aceite de girasol.
- 11.- Brea colofonia.
- 12.- Goma éster.
- 13.- Goma laca.
- 14.- Resinas naturales.

- 15.- Resinas fenólicas.
- 16.- Resinas alquidólicas.
- 17.- Resinas de cumarona indeno.
- 18.- Hule clorado.
- 19.- Urea formaldehído.
- 20.- Melamina formaldehído.
- 21.- Resinas epoxi.
- 22.- Acetato de polivinilo.
- 23.- Resinas víniclicas.
- 24.- Resinas de estireno - butadieno.
- 25.- Resinas acrílicas y metacrílicas.
- 26.- Silicones.
- 27.- Fluoroetilenos.
- 28.- Poliuretanos.
- 29.- Nitrocelulosa.

DISOLVENTES Y ADELGAZADORES.- Estos componentes del vehículo actúan primordialmente como modificadores de la viscosidad y desde luego puede hacerse una distinción entre unos y otros. Los primeros, o sean los disolventes, son aquéllos líquidos que modifican la viscosidad mediante una verdadera solución - del formador de película, es decir, forman agregados moleculares de baja viscosidad con los aceites y las resinas.

Los segundos, o sean los adelgazadores puede decirse que son simples lubricantes moleculares y la acción de bajar la viscosidad es meramente el resultado de mezclar un líquido de alta viscosidad con un líquido de muy baja viscosidad para dar una lectura intermedia, sin embargo, en muchas ocasiones en una pintura o formulación especial, el mismo líquido que actúa como adelgazador para un componente de la formulación, actúa como un disolvente para otro. Un caso típico de esta acción, es una laca de nitrocelulosa modificada con una resina alquidálica. En este caso, el tolueno actúa simplemente como adelgazador de la solución de nitrocelulosa en acetatos o cetonas, y simultáneamente actúa como disolvente de la resina alquidálica.

AGENTES MODIFICANTES.- Bajo este nombre se agrupan una larga lista de substancias con las más diversas propiedades y efectos sobre la película seca y húmeda y sobre la pintura en estado líquido. Algunos ejemplos típicos de agentes modificantes son los siguientes:

- 1.- Lecitina de soya en esmaltes de secado al aire. Contribuye a dar una mejor brocheabilidad a la pintura.
- 2.- Secantes nafténicos. Contribuyen a disminuir el tiempo de secado y a proporcionar una película de mejores propiedades.
- 3.- Agentes antinata. Permiten almacenar la pintura por tiempo relativamente largo sin presentar una oxidación superficial.

4.- Agentes tixotrópicos. Proporcionan una falsa viscosidad a la pintura, permitiendo un largo período de almacenaje sin asentamientos fuertes.

5.- Agentes tensoactivos. Modifican el ángulo de contacto entre pigmentos y vehículo, permitiendo moliendas más efectivas y más económicas.

6.- Agentes fungicidas. Impiden el crecimiento y proliferación de hongos en la superficie seca de la pintura.

7.- Agentes bactericidas. No permiten el desarrollo de bacterias que descomponen la pintura cuando ésta se encuentra en estado líquido.

8.- Agentes odoríficos. Enmascaran olores desagradables y permiten el uso de sustancias que de otra manera no podrían usarse por su olor penetrante e inadecuado.

9.- Absorbedores de rayos ultravioleta. Prolongan la vida de los acabados transparentes que se emplean a la intemperie evitando la degradación causada por la gama ultravioleta del espectro solar.

10.- Dispersantes. Tienen como objeto evitar que las partículas dispersadas vuelvan a formar agregados o floculen.

CLASIFICACION DE LAS PINTURAS.- Su clasificación se -
debe a diferentes factores:

1.- Según el medio ambiente en que se emplean serán: a) pa-
ra interiores y b) para exteriores.

2.- Según el grado de brillo en: a) mate, b) semimate y c)
brillante .

3.- Según las condiciones de secado en: a) de secado al aire
o sean aquellas que pueden secar en un lapso razonable a una temperatura de 25 ° ;
b) de secado forzado, las cuales pueden secar completamente a una temperatura má-
xima de 100 °, y c) de homeo, las cuales se con a más de 100 °C.

4.- Según el medio de aplicación: a) con brocha, b) por as-
persión, c) por inmersión, etc.

5.- Según el uso general a que se destinan: a) industriales,
b) para usos domésticos, c) para usos misceláneos.

6.- Según la manera en la cual endurecen: a) de secado por
oxidación, b) de secado por termopolimerización, c) de secado por evaporación,
d) de secado por agente curador, etc.

7.- Según el uso específico a que se destinan: a) marinas, b) para maquinaria, c) para pisos, d) para implementos agrícolas, e) para aparatos - domésticos blancos, etc.

Así podrían seguirse mencionando multitud de factores que dan lugar a clasificaciones de pinturas adecuadas a dichos factores, sin embargo, los recubrimientos vinílicos son uno de los grupos más versátiles de los materiales plásticos; ofrecen notable resistencia y durabilidad, lo que los hace muy útiles para muchas - aplicaciones en diversos productos. Presentan también una gran amplitud en lo que - respecta a formulación, además de ser de los recubrimientos menos costosos; aunque tienen ciertos inconvenientes, en general dan un recubrimiento satisfactorio.

Debido a las características que presentan estos recubrimientos, se escogió como tema de tesis el " Control Químico de los Recubrimientos Vinílicos "

C A P I T U L O I I I

RECUBRIMIENTOS VINILICOS

Debido a que el radical vinilo es $\text{CH}_2=\text{CH}^\cdot$, el término de resina vinílica se puede aplicar a los etilenos sustituidos. También se incluyen los - polietilenos, poliestirenos, cloruro de polivinilo y algunos hules sintéticos. Sin embargo en esta tesis sólo se tratarán los polímeros y copolímeros de cloruro de vinilo y acetato de vinilo que se clasifican como resinas vinílicas. Los usos generales de las resinas vinílicas son: en empaques, plásticos y recubrimientos. Los grupos terminales relativamente pequeños de las cadenas de cloruro de polivinilo, junto con su gran grado de polaridad, produce estructuras compactas fuertes, alto punto de reblandecimiento y baja solubilidad. Contrario a esto, los grandes grupos terminales de la cadena de acetato de polivinilo imparten relativa suavidad o blandura y solubilidad en solventes.

En 1928 se descubrió que los monómeros se podían copolimerizar. La primera planta para la producción comercial de los copolímeros fué Carbide y Carbon Chemicals Corp. en 1936. Uno de los primeros recubrimientos usados fué el copo-

límero cloruro de vinilo-acetato de vinilo, que se empleó para recubrir latas de cerveza, el cual servía para prevenir la contaminación por el metal.

Generalmente es necesario usar un primario bajo el copolímero porque el recubrimiento no tiene suficiente adhesión al metal.

El acetato de polivinilo se usa en la actualidad en lacas para recubrimiento.

CARACTERÍSTICAS:

Las resinas vinílicas son polímeros de adición, y se forman por Polimerización condensante y Polimerización autooxidante. Las resinas vinílicas se pueden considerar como etilenos sustituidos como ya se indicó anteriormente.

Las características químicas y físicas de las resinas vinílicas se deben principalmente a tres factores:

- 1.- Tamaño y grado de polaridad de los grupos laterales a lo largo de las cadenas del polímero.
- 2.- Longitud de las cadenas o peso molecular del polímero.
- 3.- Arreglo relativo de las cadenas respecto a otras.

La presencia de un átomo de cloro en el cloruro de polivinilo, cambia considerablemente la simetría y aumenta las fuerzas de atracción entre las cadenas del polímero debido a su polaridad. Sin embargo, el cloro muestra una pequeña atracción para el agua, de ahí que el agua no afecta al cloruro de polivinilo. En cambio, esto no ocurre con el acetato de polivinilo debido a que los grupos acetilo tienen suficiente atracción para el agua. Por supuesto que el peso molecular y la longitud de la cadena son factores que intervienen en esta característica.

COPOLIMEROS

Debido a que las resinas vínicas son principalmente copolímeros más bien que homopolímeros, es necesario dar una definición de lo que es copolimerización.

Los homopolímeros son polímeros en los que las unidades monoméricas son todas iguales, ejemplos típicos son el cloruro de polivinilo y acetato de polivinilo. Por supuesto, los grupos terminales en los homopolímeros son generalmente diferentes a las unidades monoméricas debido a que se obtienen de radicales libres u otros grupos terminales, pero esto sólo constituye un pequeño porcentaje del polímero.

Los copolímeros son polímeros en los que las unidades monoméricas son diferentes. Ejemplos típicos son las resinas cloruro de polivinilo-acetato,

cloruro de polivinilo-acrilonitrilo, etc. Es importante recordar que cada uno de los varios monómeros en un copolímero deben ser capaces de formar polímeros. En algunos aspectos el mecanismo de copolimerización es el mismo que el de homopolimerización, en la copolimerización se tiene iniciación de los monómeros y propagación y terminación de los polímeros. Sin embargo, los diferentes monómeros en un copolímero generalmente no polimerizan en el mismo rango. La diferencia en el grado de polimerización de los diferentes monómeros dará como resultado que el copolímero no sea un producto uniforme. Los copolímeros que se forman al iniciarse la polimerización contendrán un alto porcentaje del monómero de rápida polimerización y los formados al final de la polimerización contendrán más monómeros de menor actividad polimerizante.

Esta dificultad se puede remediar agregando continuamente más monómero activo en pequeñas cantidades en intervalos durante la polimerización; obteniéndose así un copolímero uniforme.

RESINAS DE CLORURO DE POLIVINILO.

DEGRADACION POR CALOR Y LUZ.- Aunque el cloruro de polivinilo tiene muchas propiedades excelentes, se degrada con la acción de la luz y el calor a temperaturas cercanas y arriba del punto de fusión, y también por radiación ultravioleta como la luz solar. Esta sensibilidad al calor y a la luz también se aplica a los copolímeros que contienen cloruro de vinilo y cloruro de vinilideno. La

degradación se puede controlar por la incorporación de ciertos pigmentos y estabilizadores adecuados.

La sensibilidad de las resinas de cloruro de polivinilo al calor y a la luz se puede variar algo dependiendo de la pureza de los materiales usados en la formulación de resinas, condiciones de procesamiento, etc. A algunas resinas se les pueden incorporar estabilizadores durante su manufactura.

ESTABILIZADORES A LA LUZ Y AL CALOR

Debido a que hay una gran cantidad de estabilizadores para proteger a los productos poliméricos que contienen cloruro de vinilo y cloruro de vinilideno, solo se mencionarán unos cuantos.

Algunos estabilizadores son pigmentos que producen color y opacidad, por lo que no son satisfactorios para películas transparentes.

Ciertos compuestos epóxicos y aminas se usan como estabilizadores para películas transparentes. También se han usado como estabilizadores a la luz y al calor una variedad de autooxidantes.

A continuación se da una lista de algunos estabilizadores:

TABLA I. ESTABILIZADORES A LA LUZ Y AL CALOR PARA RESINAS DE CLORURO DE VINILO.

Carbonato básico de plomo.

Sulfato básico de plomo.

Silicato básico de plomo blanco.

Fosfito dibásico de plomo.

Ftalato dibásico de plomo.

Dilaureato de dibutil estanoso.

Maleato de dibutil estanoso.

Recinoleato de bario.

Complejo orgánico de bario - sodio (CS - 137)

Compuestos orgánicos de estroncio (SN, V-1-N, V-9)

Complejo orgánico de bario-cadmio (Mark M)

Compuesto orgánico de cadmio (Estabilizador 21)

Compuesto orgánico complejo (Estabilizador E 68)

Organo fosfatos de sodio.

Compuesto epóxico (Estabilizador A5)

Compuesto epóxico (Mark F)

Se ha encontrado que los recubrimientos polivinílicos aplicados a fierro, zinc, fierro galvanizado y placas de estaño, son degradados más rápido que lo usual, debido a que estos metales aceleran la reacción. Esto se puede evitar por pasivación del metal por un tratamiento químico o usando un aceite o un tipo de re -

sinas como primario.

PLASTIFICANTES.- Las resinas de cloruro de polivinilo son polímeros que tienen excelente tenacidad pero no la suficiente flexibilidad para usos normales sin plastificante .

Generalmente en una resina se usan combinaciones de plastificante para impartirle mejores propiedades.

Los plastificantes más usados en resinas polivinílicas son el ftalato de dioctilo y el fosfato de tricresilo, cuya resistencia es excelente y buena respectivamente .

COPOLIMEROS DE CLORURO DE VINILO - ACETATO DE VINILO

En la actualidad las resinas vinílicas más importantes para recubrimientos de superficies son los copolímeros de cloruro de vinilo-acetato de vinilo. Son más solubles que el cloruro de vinilo sin copolimerizar y tienen mejor compatibilidad con los plastificantes y otros formadores de película. Estos copolímeros tienen un alto contenido de cloruro de vinilo, de ahí su sensibilidad para degradarse por la acción de la luz y el calor. Producen películas extremadamente duras y tenaces con excelente resistencia a la abrasión y a los agentes químicos. Son termoplásticos, por lo que se reblandecen o remueven con solventes y son extraídos por algunos no-solventes. Algunas de estas resinas se pueden mezclar con pequeños porcen-

tajes de otras resinas para producir películas termoestables. Otros tipos se pueden usar con resinas alquídicas, nitrocelulosa, etc., para aumentar la tenacidad y resistencia química en las resinas. En estos copolímeros es necesario usar el plastificante adecuado para producir recubrimientos inflamables (TABLA 2).

VARIACION EN COMPOSICION Y CARACTERISTICAS

Las resinas vinílicas de la TABLA 2, se clasifican en cuatro grupos según su composición. El primer grupo contiene una serie basada en el acetato de vinilo lineal pero que varían en el peso molecular como lo indican sus viscosidades intrínsecas. El segundo grupo son resinas de acetato de polivinilo hidrolizadas por lo que contienen algo de alcohol polivinílico, dependiendo del grado de hidrólisis. El tercer grupo es el copolímero de cloruro de vinilo-acetato, el cual contiene un 3-38% de acetato. En el cuarto grupo se tienen las resinas polivinilbutiral que contienen grupos hidroxilo que no reaccionan. La buena solubilidad de las resinas de acetato de polivinilo en la mayoría de los solventes comunes es debida al grupo acetilo y a su polaridad.

Cuando se aumenta el contenido de acetato en el grupo cloruro-acetato, se aumenta el rango de solventes que pueden ser usados.

En la TABLA 3 se da una lista de los solventes más usados para el copolímeros de cloruro de vinilo-acetato.

TABLA 2. RECUBRIMIENTOS VINILICOS Y RESINAS ADHESIVAS.

PRODUCTO	Composición química aproximada (% en peso)			Viscosidad intrínseca (Ciclohexanona a -20°)	Gravedad específica	Características de solubilidad		
	VC	VA	otros			Solventes comunes usados	Concentración	
							%	En peso en
RESINAS DE VINIL ACETATO								
AYAC	...	100	...	0.11	1.18	La mayoría de los solventes comunes excepto hidrocarburos alifáticos - (agua solvente latente)	80.	Acetona
AYAA	...	100	...	0.39	1.18		55	Acetona
AYAT	...	100	...	0.69	1.18		28	Acetona
RESINAS DE CLORURO DE VINILO - ACETATO								
VYCC	62	38	...	0.28	1.30	Esteres, alcohol etares, cetonas, tolera hidrocarburos y alcoholes. Cetonas, esteres seleccionados. Toleran hidrocarburos aromáticos.	40	n-butil acetato
VILF	87	13	...	0.24	1.34		35	Acetona-Tolueno 1:5
VYHH	87	13	...	0.53	1.36		20	Acetona-Tolueno 1:1
VMCH	86	13	1	0.53	1.35		20	Acetona-Tolueno 1:1
VAGH	91	3	2.3	0.57	1.39	Cetonas, esteres seleccionados. Toleran hidrocarburos y alcoholes	20	Cetona-Tolueno 1:1
VYNS	90	10	...	0.79	1.36		Cetonas	18 : 32
VYNW	95	5	...	1.25	1.39	Cetonas cíclicas, metil etil cetona	14 14	Ciclohexanona MEC caliente
VYHD	86	14	...	0.43	1.36		Cetonas	25

NOTA: VC - Cloruro de vinilo
VA - Acetato de vinilo
MEC - Metil etil cetona

PLASTIFICANTES.- Todas las resinas vinílicas adquieren plastificantes para el uso normal de recubrimientos.

Los plastificantes tipo solvente muestran mejor retención en el recubrimiento. Todos los plastificantes deben tener muy baja volatilidad a temperaturas normales, pero aquellos usados en recubrimientos vinílicos deben tener también baja volatilidad a temperaturas entre 300-375 °F. Muchos recubrimientos vinílicos se calientan a esta temperatura para probar sus propiedades de adhesión y formación de películas. Los recubrimientos vinílicos tienen excelente resistencia a los agentes químicos, pero el plastificante en estos recubrimientos debe ser resistente a algunos agentes químicos con los que el recubrimiento está en contacto. La degradación debida al calor de los recubrimientos vinílicos depende del contenido de cloro de la resina vinílica y también del uso de un plastificante que sea inflamable. Los plastificantes poliméricos o resinosos tienen excelente permanencia debido a que prácticamente son no-volátiles, incluso a temperaturas elevadas. También imparten gran tenacidad aún mayor que los plastificantes químicos pero generalmente son mas caros. Los plastificantes químicos como el ftalato de dioctilo, fosfato de trioctilo, fosfato de tricresilo y sebacato de dioctilo son ampliamente usados.

Los ricinoleatos también son usados como plastificantes para los recubrimientos vinílicos.

TABLA 3. SOLVENTES USADOS PARA EL COPOLIMERO
CLORURO DE VINILO - ACETATO.

SOLVENTE - DILUYENTE	% DE SOLUBILIDAD DE LA RESINA VYHH A 20°		% máx. de solubilidad de la resina VYHH en 50 % de solvente y 50 % de diluyente. Mezcla sin gelación a 20°C	Viscosidad, centipoises 15% VYHH en 50 % de diluyente a 20°C
	15% Solv. 85 % Dil.	50 % Solv. 50 % Dil.		
	A	B	C	D
Acetona - Tolueno	11.5	18.6	30.0	31
Metil etil cetona - Tolueno	9.5	17.5	29.8	39
Metil etil cetona - Toluoil	Insol.	10.0	10.0	10
Metil n - propil cetona - Tolueno	10.4	16.6	27.5	(10% sol) 50
Metil isobutil cetona-Tolueno (10°C)	6.1	13.8	21.2	82
Metil isobutil cetona-Tolueno	8.3	16.0	22.0	76
Metil isobutil cetona-Tolueno (30°C)	9.0	18.8	29	50
Metil isobutil cetona-Toluoil	Insol.	Insol.	Insol.	...
Metil isobutil cetona-Monoclorotolueno	7.0	11.0	23.0	115
Oxida de Mesitilo - Tolueno	9.0	17.0	27.8	64
Metil n - butil cetona - Tolueno	10.5	16.8	22.8	65
Metil n - amil cetona - Tolueno	7.6	16.4	20.0	93
Metil n - amil cetona - Toluoil	Insol.	Insol.	Insol.	...
Metil n - amil cetona - xileno	3.0	14.2	20.0	105
Metil n - amil cetona - Tetralina	11.5 (sin gelac.)	22.5	187
Metil n - hexil cetona - Tolueno	6.7	14.5	18.3	120
Ciclohexanona - Tolueno	11.5	20.5	35.0	80
Metil ciclohexanona - Tolueno	17.0 (sin gelac)	32.5	...
Isoforon - Xileno	12.0	19.0	33.2	145
Acetonilacetona - Tolueno	11.0	16.0	31.0	108
Acetato de etilo (93.3 % - Tolueno	7.0	14.0	15.8	110
Acetato de n - butilo - (93.3 %) - Tolueno	Insol.	12.0	13.9	Gel.
Nitroetano-Tolueno	9.8	20.6	27.2	85
1-Nitropropano-Tolueno	9.8	19.6	27.8	92
Met. isob. cetona - Tol.	11.6	19.8	25.5	37

CLASIFICACION DE LAS RESINAS VINILICAS DE SOLUCION:

Una de las clasificaciones más usadas para dividir a las resinas vinílicas de solución, es la siguiente:

I.- Resinas no modificadas.- Son resinas que no contienen grupos reactivos, formando recubrimientos de homeo.

II.- Resinas modificadas.- Son resinas que contienen grupos reactivos formando recubrimientos de secado al aire.

RESINAS NO MODIFICADAS.- La resina VYHH es la más ampliamente usada, tiene un peso molecular medio y una composición química de aproximadamente 87 % de cloruro de vinilo y 13 % de acetato de vinilo. Los recubrimientos basados en esta resina desarrollan adhesión a superficies de metal sin revestimiento. Sobre superficies ásperas, la adhesión mecánica desarrollada puede ser suficiente sin necesidad de homear.

Los usos principales de la resina VYHH son los siguientes: acabados para metal (acero y aluminio), recubrimientos para envases y acabados para papel, cartón y hojas de metal, y acabados de mantenimiento.

La resina VYHD es de propiedades y usos semejantes a la resina

VYHH, y con una composición de aproximadamente 86 % de cloruro de vinilo y 14% de acetato de vinilo. Por su menor peso molecular se puede obtener una solución de un contenido de sólidos hasta de 35 % en acetona pura.

La resina VYNS es de alto peso molecular, con una composición aproximada de 90 % de cloruro de vinilo y 10 % de acetato de vinilo. Sus aplicaciones más importantes son: en el acabado de telas plásticas, en los recubrimientos removibles o quitables para proteger productos terminados durante el almacenamiento y el embarque, y en recubrimientos con resistencia a los agentes químicos y a la humedad.

La resina VYNW es entre los copolímeros de cloruro de vinilo - acetato la de mayor contenido de cloruro de vinilo. Es usada en los recubrimientos de alta resistencia a los agentes químicos.

La resina VYLF es de bajo peso molecular, debido a su bajo grado de polimerización. Se usa mezclada con la resina VYHH cuando se requieren altos sólidos y brillo. Sin embargo se disminuye el punto de reblandecimiento de la película.

RESINAS MODIFICADAS.- Son resinas modificadas que se usan especialmente para formulación de recubrimientos que tienen excelente adhesión a superficies de metal sin revestimiento, después de secado al aire en un horno a baja temperatura. Estas resinas pueden usarse en combinación con las demás resinas vinílicas.

Los pigmentos, anilinas y resinas básicas deben ser evitadas en formulaciones que contienen estas resinas, ya que pueden reaccionar a temperatura ambiente causando gelación.

Estas resinas pueden ser usadas para acabados decorativos sobre metal, aleaciones metálicas ligeras, papel, tela y otros sustratos.

Los recubrimientos basados en esta resina pueden usarse como sistema completo, o pueden servir como primarios para todos los recubrimientos vinílicos basados en resinas VYHH, VAGH y VYHD. Son ideales para recubrimientos con resistencia química y a la corrosión incluyendo exposiciones atmosféricas o inmersión en agua dulce. Para inmersión en agua salada se recomiendan los primarios. Estas resinas se usan para mejorar la adhesión de muchos recubrimientos de resinas acrílicas y metacrílicas de secado al aire.

La resina VAGH tiene una composición de 91 % de cloruro de vinilo, 3 % de acetato de vinilo y 5.7 % de grupos hidroxilo calculados como alcohol vinílico. Es muy usada en sistemas de secado al aire sobre primarios, ya que no presenta adhesión directa a metales. Sobre superficies con pintura vieja, superficies de plástico termofijos y superficies celulósicas, la resina VAGH da adhesión por secado al aire.

Las aplicaciones de la resina VAGH son las siguientes:

a).- Sobre metal.- Usualmente de 20 % a 40 % de resina - VAGH mezclada con resina VYHH producirá una adecuada adhesión de secado al aire. Esta resina ofrece un medio de preparar recubrimientos vinílicos para metal en aplicaciones marinas e industriales.

b).- Sistemas marinos.

c).- Sistemas industriales de protección de metal.

d).- Recubrimientos para madera.

e).- Recubrimientos para papel y

f).- Fortificación a otros vehículos.

RESINAS DE ACETATO DE VINILO.- En la Tabla 2 se muestran tres resinas de acetato de vinilo que varían solamente en el peso molecular ya que su composición es 100 % acetato de polivinilo. Los pesos moleculares relativos se indican por las diferencias en sus viscosidades intrínsecas, y el cambio en porcentaje de sólidos en soluciones de acetona como las usadas normalmente. Otras propiedades de estas resinas que son afectadas por el cambio en el peso molecular son: el punto de reblandecimiento, tensión y sensibilidad al agua.

Las resinas de acetato de vinilo son solubles en la mayoría de solventes orgánicos excepto en los hidrocarburos alifáticos y alcoholes anhidros (excepto el metanol). Sin embargo, los alcoholes de pesomolecular baja pueden usarse como solventes cuando se agrega una pequeña cantidad de resina al alcohol.

Se ha visto que mezclas de dos líquidos volátiles son con frecuencia buenos solventes para materiales resinosos, siendo uno de ellos no-solvente.

Los bajos puntos de reblandecimiento de estas resinas indican que son muy sensibles al calor, por lo que no son satisfactorias en aplicaciones que deben calentarse a temperaturas de 65 °C o mayores.

El acetato de polivinilo es compatible con los ésteres usados como plastificantes (excepto el ftalato de dioctilo), generalmente se usan 20 partes por 100 de resina. Los acetatos de vinilo son incompatibles con la mayoría de las resinas alquídicas y resinas de urea formaldehído.

Sin embargo, presentan buena compatibilidad con algunas resinas fenólicas y con la nitrocelulosa.

Los adhesivos de acetato de polivinilo y películas son extremadamente estables y prácticamente no muestran ningún cambio. Esta estabilidad y retención de flexibilidad se aplican para usos en los recubrimientos.

C A P I T U L O I V

CONTROL QUIMICO DE RECUBRIMIENTOS VINILICOS

Para el Control Químico de Recubrimientos Vinílicos se analizarán cuatro tipos de pinturas según las especificaciones de Petróleos Mexicanos.

1.- PRIMARIO VINIL EPOXICO MODIFICADO (RP-7-70):

Esta especificación se refiere a un primario a base de pigmentos inhibidores de plomo, óxido de hierro, inertes y un vehículo vinílico con modificación epoxi - fenólica.

Características.- Tiene una excepcional adherencia, gran compatibilidad con diversos recubrimientos, excelente capacidad para detener la corrosión bajo película; resistente al ambiente húmedo y salino con gases derivados del azufre e inmersión en agua potable.

Usos.- Se usará sobre superficies metálicas de hierro y acero,

limpiadas con chorro de arena tipo comercial. Sin pigmentos inhibidores se usa como capa de liga o enlace para exteriores de cascos de embarcaciones.

2.- ACABADO VINILICO DE ALTOS SOLIDOS (RA-22-70):

Esta especificación se refiere a un recubrimiento de altos sólidos a base de resinas vinílicas, plastificantes, pigmentos colorantes, inertes y solventes.

Características.- Forma una película mate dura de alta resistencia a las condiciones de exposición en ambientes húmedo y salino con gases derivados del azufre, ambiente marino y exposición al agua potable.

3.- ACABADO VINIL ACRILICO (RA-25-70):

Esta especificación se refiere a un acabado de base vinil-acrílica, pigmentos, plastificantes y solventes.

Características.- Es semibrillante, con excelente retención del color, resistente a la abrasión, al intemperismo en ambiente húmedo con y sin salinidad, a inmersión continua en agua salada y a las salpicaduras de ácidos y álcalis. No resiste solventes aromáticos, tales como benceno, tolueno, xileno, etc.

4.- RECUBRIMIENTO ANTIVEGETATIVO (RE-31-70):

Recubrimiento antivegetativo con un vehículo a base de resinas vinílicas y un pigmento tóxico de óxido cuproso.

Características.- Proporciona un acabado duro de textura fina, con excelentes propiedades tóxicas que impiden el desarrollo de organismos en superficies en inmersión continua en agua.

PRUEBAS CUALITATIVAS PARA RESINAS VINILICAS.

Prueba para halógenos (Liebermann - Storch).- Colocar un pequeño fragmento de la resina en una cápsula y cubrirla con unas gotas de anhídrido acético. Después agregar una gota de ácido sulfúrico concentrado y mezclar. Se desarrolla lentamente un color azul o verde en la resina.

Prueba para Acetatos.- A una pequeña porción de resina colocada en una cápsula, se le agrega una solución acuosa de nitrato de lantano al 5 % y una gota de solución de yodo 0.1 N seguido de una gota de hidróxido de amonio concentrado.

En presencia de acetatos se desarrolla rápidamente una coloración café o azul en la resina. Esto debe ocurrir antes de agregar el hidróxido de amonio

ño e indica la adición de yodo a la resina.

Polivinil - acetales. - La prueba de Liebermann - Storch, generalmente da una coloración café.

Prueba de olor sobre ignición para polivinil - acetales. - Se coloca una pequeña porción de resina en un tubo de ensayo y se calienta con fuego fuerte, da un olor característico de aldehídos y un pequeño destilado.

DETERMINACIONES GENERALES.

DETERMINACION DE AGUA LIBRE:

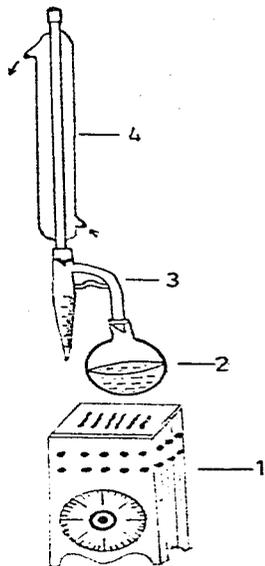
1).- Objeto.- Tiene por objeto determinar el contenido de agua libre en los recubrimientos y no deberá ser empleado para los recubrimientos emulsionados en agua.

2).- Equipo usado:

a. Aparato de destilación consistente de un matraz de fondo redondo de 250 ml, un condensador de reflujo de tubo recto y una trampa recibidora de agua graduada.

(Fig. 1).

b. Fuente de calor que puede ser un mechero de gas o una parilla eléctrica. (Fig. 1)



- 1.parrilla.
- 2.matras de bola.
- 3.trampa.
- 4.refrigerante.

FACULTAD DE QUIMICA 1973	
TESIS PROFESIONAL	
ERNESTINA CONTRERAS ESPINOSA	determinacion de agua libre
	fig. 1

PROCEDIMIENTO.- Se coloca la muestra pesada en el matraz y se agregan 100 ml de Tolueno o nafta de petróleo con una temperatura de ebullición entre 100 °- 120 °C y se mezcla perfectamente.

Enjuéguese el tubo interior del condensador con un poco de Tolueno o nafta de petróleo inmediatamente antes de empezar la destilación, de modo que se humedezca completamente la pared interior. Destílese a velocidad moderada hasta que no aumente el volumen de agua condensada en la trampa. Si se deposita agua en el tubo del condensador, lávese con solvente. El contenido de agua de la pintura se calcula en la forma siguiente:

$$\text{Agua libre (\% en peso)} = \frac{\text{ml de agua recogidos}}{\text{Peso muestra}}$$

MATERIA VOLATIL:

1).- Objeto.- Tiene por objeto determinar el contenido de materia volátil en los recubrimientos, el cual se cuantifica por la pérdida por evaporación en las condiciones señaladas en el procedimiento. En algunos recubrimientos, durante el calentamiento puede haber reacción con el oxígeno del aire, lo cual hace aumentar el peso de la materia residual y por consiguiente se tiene aparentemente una pérdida menor por evaporación.

2).- PROCEDIMIENTO.- Pésese con aproximación de 1 mg

una cápsula de fondo plano de 8 cm aproximadamente de diámetro, en la cual se ha puesto un pedazo de alambre duro de 10 cm de longitud. Déjese el alambre en la cápsula durante toda la prueba. Se coloca una muestra pesada en la cápsula y se extiende sobre el fondo con la ayuda del alambre. Se calienta durante dos horas y media a 105 °- 110 °C. Si se forma nata durante el calentamiento, rómpase con ayuda del alambre. Déjese enfriar la cápsula y contenido en un desecador y pésese. Calentar nuevamente durante 30 min y comprobar si aún hay pérdida de peso. Calcúlese el por ciento de materia volátil en la muestra como se indica a continuación:

$$\text{Materia volátil (\% en peso)} = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso de la muestra}}$$

CONTENIDO DEL PIGMENTO:

1).- Objeto.- Tiene por objeto determinar el contenido de pigmento en los recubrimientos, así como también separar el pigmento que posteriormente debe ser objeto de un análisis.

PROCEDIMIENTO:

Se pesa la muestra con aproximación de 0.01 g, dentro de un tubo de centrífuga de 60 ml, previamente pesado. Agréguese 30 ml de metil isobutil cetona, mézclase perfectamente con un agitador. Centrifuguese hasta lograr un -

asentamiento perfecto. Decántese el líquido que debe estar completamente claro y repítase la extracción con 40 ml de metil isobutil cetona y después con otros 40 ml. Se decanta y se coloca el tubo en una estufa de 105°- 110°C durante dos horas o más. Enfríese y péseze. Se calcula el contenido de pigmento como se indica a continuación:

$$\text{Contenido de Pigmento (\% en peso)} = \frac{\text{Peso del residuo}}{\text{Peso de la muestra}}$$

CONTENIDO DE RESINA SOBRE VEHICULO:

Para la separación del vehículo se sigue el mismo procedimiento que se siguió en el pigmento. Generalmente se separa con metil isobutil cetona - o en algunos casos con una mezcla, como es el caso de los recubrimientos RP-7-70 y RA-25-70, en los cuales es difícil la separación.

Una vez que se han hecho las extracciones necesarias para que el líquido quede claro, se transfiere este a un matraz aforado.

Se toma una alícuota y se pasa a un vaso que contiene 200 ml de hidroxidos de potasio alcohólico 0.125 N (se prepara disolviendo 8.3 g de lentejas de hidróxido de potasio en un litro de alcohol etílico absoluto y se filtra).

Una vez que se ha precipitado, agitando constantemente duran-

te 5 minutos, se filtra a través de un gooch tarado y se lava con alcohol, se mete a una estufa a 60 °C durante dos horas. Se saca, se enfría en un desecador y se pesa.

$$\% \text{ Resina / Vehículo} = \frac{\text{Peso del vehículo contenido en } a \times d}{\text{Peso total de vehículo}}$$

a - alícuota

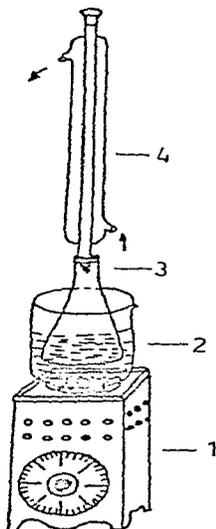
d - volumen total aforado entre volumen de la alícuota

DETERMINACION DE CLORURO DE POLIVINILO, ACETATO DE POLIVINILO Y PLASTIFICANTE EN VEHICULOS

PROCEDIMIENTO:

Disolver 1.0 g de la resina en 15 ml de o-diclorobenceno, calentando ligeramente si es necesario. Adicionar 100 ml de alcohol caliente, lentamente y con agitación; refluja la mezcla durante dos horas en baño maría. Enfríar y filtrar a través de un crisol tarado. Lavar el precipitado con tres porciones de 20 ml de eter etílico-alcohol (1:3). Secar a peso constante en una estufa de vacío a 70 °C. Anotar el peso del precipitado como A. (Fig. 2).

Combinar los filtrados y lavados, y evaporar casi a sequedad en baño maría. Disolver el residuo en 30 ml de acetona y agregar 10 ml de agua gota a gota y con agitación. Filtrar la mezcla a través de un crisol tarado. Lavar el crisol con tres porciones de 5.0 ml de una mezcla de acetona - agua (4:1). Secar el



- 1- parrilla.
- 2- vaso de precipitados.
- 3- matraz (250/40).
- 4- refrigerante.

FACULTAD DE QUIMICA 1973	
TESIS PROFESIONAL	
ERNESTINA CONTRERAS ESPINOSA	det. de acetato de vinilo, cloruro de polivinilo y plastificante.
	fig. 2

crisol y contenido a 70 °C. Anotar el peso del precipitado como B.

Combinar el filtrado y los lavados y evaporar casi a sequedad en baño maría. Transferir el vaso y su contenido a un desecador y secar hasta peso constante (16 - 24 horas). Anotar el peso del residuo como C.

$$\% \text{ PVC} = \frac{A}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ PVA} = \frac{B}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Plastificante} = \frac{C}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

NOTA: PVC - Cloruro de Polivinilo
PVA - Acetato de Polivinilo

DETERMINACION DE CLORO TOTAL EN RECUBRIMIENTOS

1).- Aparato: Thompson - Oakdale (Fig. 3)

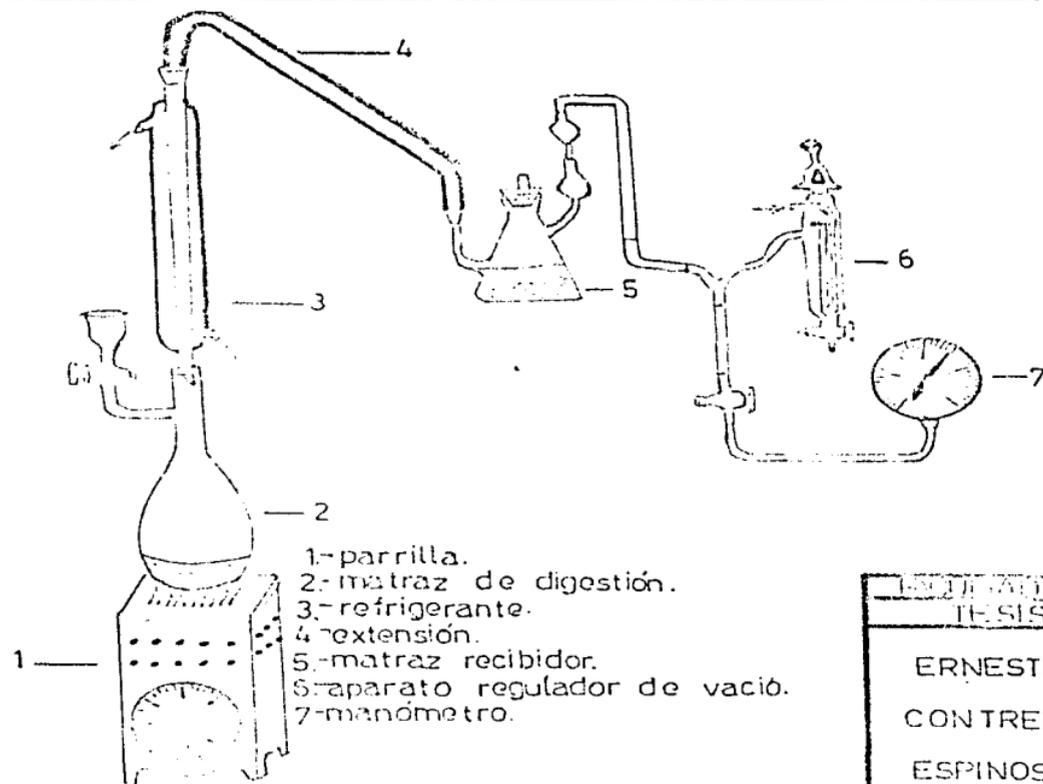
2).- Reactivos:

a).- Pureza de los reactivos.- Se deben usar los de grado - reactivo.

b).- Agua destilada.

c).- Sulfato de Cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

d).- Acido Nítrico.- Acido nítrico concentrado (HNO_3)



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA 1973	
TESIS LICENCIATURA	
ERNESTINA CONTRERAS ESPINOSA	determinación de cloro
fig. 3	

- e).- Acido Nítrico (1:3).- Mezclar un volumen de ácido nítrico concentrado con tres volúmenes de agua destilada.
- f).- Solución de Permanganato de Potasio (saturada).- Disolver 10 g de permanganato de potasio ($KMnO_4$) en 95 ml de agua caliente. Enfriar a temperatura ambiente y usar el líquido sobrenadante.
- g).- Persulfato de Potasio.- Persulfato de Potasio ($K_2S_2O_8$) (de bajo contenido de cloro)
- h).- Solución de Nitrato de Plata 50 g/l.- Disolver 5 g de nitrato de plata ($AgNO_3$) en agua y diluir a 100 ml. Guardar en un frasco ámbar.
- i).- Solución de Arsenito de Sodio.- A 10 g de anhídrido arsénico (As_2O_3) agregar 110 g de hidróxido de sodio ($NaOH$) y 800 ml de agua. Después que se ha disuelto diluir a un litro.
- j).- Acido Sulfúrico.- Acido Sulfúrico concentrado (H_2SO_4)
- k).- Acido Sulfúrico fumante (20 % SO_3).- ($H_2SO_4 \cdot SO_3$)

PROCEDIMIENTO:

a).- Colocar 100 ml de arsenito de sodio en el recibidor. Conectar el aparato (no se debe usar ningún lubricante en las uniones del aparato debido a posible absorción de ácido clorhídrico y por tanto bajos resultados, excepto el matraz de digestión) y conectar el agua al refrigerante. Aplicar algo de vacío (equivalente a 5 o 6 in de presión de agua) al extremo del recibidor para prevenir el escape de cloro del aparato.

b).- Colocar 0.5 g de sulfato de cobre en el matraz de digestión. Pesar de 0.07-0.1 g de muestra en un pequeño tubo y vaciarlo al matraz de digestión. Conectar el matraz al aparato. Por medio del embudo de separación del

matraz, agregar 20 ml de ácido sulfúrico fumante. Calentar lentamente durante 35 min., con flujo rápido de agua fría a través del condensador para que no escape nada de SO_3 . Dejar de calentar y agregar una suspensión de 10 g de persulfato de potasio en 20 ml de ácido sulfúrico concentrado a través del embudo de separación. Lavar cualquier material adherido a las paredes del condensador con 15 ml adicionales de ácido sulfúrico. Calentar la mezcla vigorosamente hasta que el color de la materia orgánica desaparezca. Desconectar el agua del condensador. Por medio del embudo de separación, agregar lentamente 5 ml de solución de permanganato de potasio, a la solución caliente en el matraz, estando seguro de que la llave esté cerrada durante el intervalo en que el permanganato se mezcla con la solución caliente. Si no se produce ninguna coloración del permanganato, agregar más del mismo en incrementos de 5 ml hasta que se tenga un exceso, agregar 10 ml de agua por el mismo embudo. Hervir durante 5 minutos para expeler cualquier cloro libre que se tenga en el condensador (parar el calentamiento final para acarrear cualquier residuo de cloro). Dejar de calentar, continuar la aspiración hasta que las partes superiores del aparato estén suficientemente frías. Remover el equipo y determinar el cloro en el líquido de acuerdo al inciso c.

c).- Pasar el contenido del matraz receptor a otro de más volumen. Cuidadosamente acidular con ácido nítrico (1:3) y después agregar 5 ml en exceso. Agregar 10 ml de solución de nitrato de plata. Hervir hasta coagulación del cloruro de plata.

Si se nota cualquier turbidez gris, calentar cuidadosamente -

hasta que desaparezca el color gris. Filtrar en frío a través de un gooch tarado y secado a 105°- 110°C. Lavar con ácido nítrico (3:97), después con agua y finalmente con acetona. Secar el crisol y contenido durante una hora a 105°- 110°C, enfriar y pesar. Calcular el contenido de cloro como se indica a continuación:

$$\% \text{ Cloro} = \frac{A \times 24.74}{B}$$

donde:

A - gramos de cloruro de plata

B - gramos de muestra usados.

DETERMINACION DE PIGMENTOS

OXIDO DE FIERRO:

Reactivos:

a).- Solución de cloruro estanoso.- Disolver 50 g de cloruro estanoso ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en 300 ml de ácido clorhídrico y diluir con agua hasta 500 ml. Guardar la solución en un frasco con tapón esmerilado.

b).- Solución de cloruro mercuríco.- Preparar una solución saturada de cloruro mercuríco (60 - 100 g/l).

c).- Mezcla de ácido sulfúrico - fosfórico.- Mezclar 150 ml de ácido sulfúrico con 150 ml de ácido fosfórico (85 %) y diluir con agua a un litro.

d).- Indicador de Difenilamina.- Disolver 1 g de difenilamina en 100 ml de ácido sulfúrico concentrado.

e).- Solución estándar de dicromato de potasio 0.1 N.- Disolver 4.904 g de dicromato de potasio en agua y diluir a un litro.

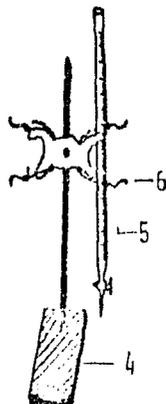
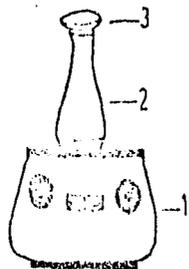
f).- Solución de Ferricianuro de Potasio.- Disolver aproximadamente 10.01 g de ferricianuro de potasio en 50 ml de agua. Se debe preparar cuando se va a usar (no se puede guardar).

PROCEDIMIENTO:

a).- De acuerdo a la cantidad de fierro en la muestra, pesar de 0.3-1.0 g de pigmento, colocarlo en una cápsula de porcelana para su ignición al rojo vivo para destruir la materia orgánica. Transferir a un matraz de 400 ml y agregar 25 ml de ácido clorhídrico. Cubrir con un vidrio de reloj y calentar a 80-90 °C hasta que no aparezca ninguna partícula oscura en el residuo insoluble.

La adición de unas cuantas gotas de cloruro estanoso después de agregar el ácido ayuda a la disolución del fierro. (Fig. 4)

Cuando el residuo es de color brillante, la solución de fierro se debe considerar completa. Esto se lleva de 15 minutos a una hora.



- 1-parrilla.
 2-matraz erlenmeyer.
 3-vidrio de reloj.
 4-soporte.
 5-bureta.
 6-pinzas para bureta.

FACULTAD DE QUIMICA 1973	
TESIS PROFESIONAL	
ERNESTINA CONTRERAS ESPINOSA	determinación de óxido de hierro.
	fig. 4

b).- Agregar de 25-50 ml de agua, y calentar a ebullición (evitar la ebullición violenta prolongada). Agregar cuidadosamente, gota a gota solución de cloruro estanoso hasta que la última gota haga la solución incolora o libre de cualquier color amarillo. Es conveniente mantener el vidrio de reloj mientras se agrega cloruro estanoso y agitando la solución de fierro después de cada adición. Si se pasa de cloruro estanoso por equivocación, agregar permanganato de potasio hasta que aparezca un color amarillo, después agregar nuevamente cloruro estanoso gota a gota hasta que desaparezca el color, se agregan unas dos gotas en exceso. Diluir con 200 ml de agua fría, después agregar 15 ml de solución de cloruro mercúrico, con agitación vigorosa. Dejar reposar 3 ó 4 minutos. Se debe formar un pequeño precipitado blanco. Si no se forma nada de precipitado o se forma un precipitado gris, se debe repetir la determinación.

c).- Agregar 15 ml de una mezcla de ácido sulfúrico - fosfórico y tres gotas de indicador de Difenilamina. Titular con una solución de dicromato de potasio tomando como punto final el cambio de color de verde oscuro a azul oscuro (Fig. 4)

d).- Si se prefiere se puede usar como indicador ferricianuro de potasio. En este caso omitir la adición de ácido sulfúrico-fosfórico y el indicador de difenilamina. Titular con solución de dicromato de potasio según el inciso c. excepto que el punto final requiere unas gotas más de exceso. Además el color azul del anterior es reemplazado por verde azulado, perceptible por la unión de las dos soluciones.

Se toma como punto final de la titulación cuando desaparece el color verde azulado.

El porcentaje de óxido de hierro se calcula en la forma siguiente:

$$\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{AB}{C} \times 100$$

donde:

A - Título de la solución de dicromato de potasio expresado en g de Fe_2O_3 por ml de solución.

B - ml de dicromato de potasio gastados en la titulación.

C - g de muestra usados.

DIOXIDO DE TITANIO:

Equipo:

a).- Tubo de liberación o de tiro (Fig. 5).- Hacer un tubo de vidrio de 4 mm de diámetro, con una parte horizontal de 15 cm y otra vertical - de 7.5 cm.

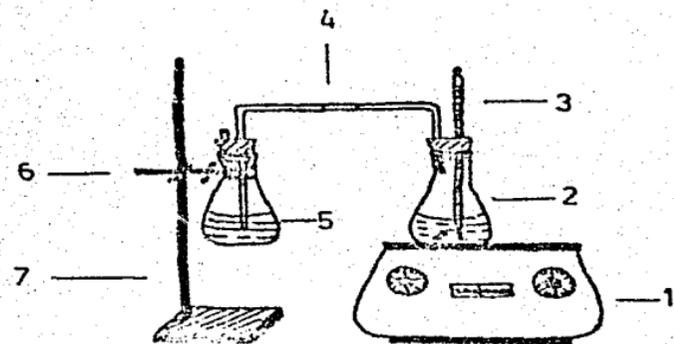
b).- Matraz de boca ancha con tapón.

Reactivos:

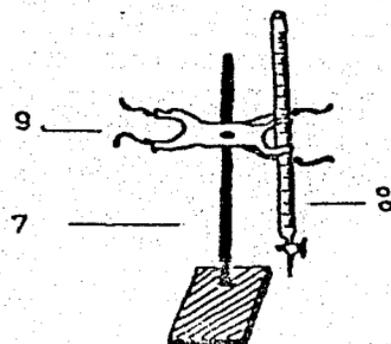
a).- Hoja metálica de aluminio.

b).- Sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

c).- Indicador de tiocinato de amonio. Disolver 24.5 g de



- 1- parrilla.
- 2- matraz erlenmeyer (muestra).
- 3- termómetro.
- 4- conexión.
- 5- matraz erlenmeyer (bicarbonato de sodio).
- 6- pinzas.
- 7- soporte.
- 8- bureta.
- 9- pinzas para bureta.



FACULTAD DE QUIMICA 1973	
TESIS PROFESIONAL	
ERNESTINA CONTRERAS ESPINOSA	determinación de dióxido de titanio
	fig. 5

tiocianato de amonio (NH_4CNS) en 80 ml de agua caliente, filtrar y dejar enfriar a temperatura ambiente y diluir a 100 ml. Guardar en un frasco ámbar.

d).- Solución de sulfato de amonio férrico (1 ml = 0.005 g de dióxido de titanio (TiO_2).- Disolver 30.16 g de sulfato de amonio férrico -- $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (fresco) en 80 ml de agua con 15 ml de ácido sulfúrico. Agregar permanganato de potasio 0.1 N hasta coloración rosa. Diluir a exactamente 1 litro y mezclar perfectamente. Filtrar si la solución está opaca.

Calcular el título de dióxido de titanio de la solución en gramos de dióxido de titanio por mililitro de solución en la siguiente forma:

$$\text{TiO}_2 = \frac{\text{AB}}{\text{C} \times 100}$$

donde :

A - g de muestra estándar de dióxido de titanio

B - % de dióxido de titanio

C - ml de sulfato de amonio férrico requeridos para la titulación de la muestra estándar.

e).- Acido clorhídrico concentrado.

f).- Solución de permanganato de potasio 0.1 N.- Disolver 3.16 g de permanganato de potasio en agua y diluir a un litro.

g).- Solución de Bicarbonato de Sodio.- Preparar una solución de bicarbonato de sodio saturada al momento de hacer el análisis. Aproximadamente 10 g de bicarbonato de sodio en 90 ml de agua.

h).- Ácido sulfúrico concentrado.

i).- Dióxido de Titanio.- Muestra estándar de dióxido de titanio.

PROCEDIMIENTO :

a).- Determinar el peso del matraz con tapón, se toma una muestra de 0.1900-0.2100 g.

b).- Secar la muestra en el matraz sin tapón durante dos horas a una temperatura de 105 °- 110 °C. Enfriar en un desecador, tapar el matraz y pesarlo inmediatamente.

Calcular el peso de la muestra seca y usar este peso y muestra para el análisis.

c).- Transferir la muestra a un matraz Erlenmeyer de boca ancha seco. Agregar de 7-9 g de sulfato de amonio y 20 ml de ácido sulfúrico concentrado. Mezclar, calentar en una parrilla hasta que se produzcan vapores blancos densos, y continuar calentando con flama fuerte durante 5 minutos a ebullición. Enfriar y con

precaución agregar 120 ml de agua y 20 ml de ácido clorhídrico. Calentar a ebullición.

d).- Insertar la terminal corta del tubo doblado en un tapón de hule con dos oradaciones, adaptado al matraz Erlenmeyer. En el otro orificio insertar un agitador con un gancho en la terminal que quedará sumergida en el fondo del matraz. Fijar aproximadamente 1 g de la lámina de aluminio a la terminal del agitador. Se puede usar un termómetro en lugar del agitador para determinar la temperatura. Tapar el matraz cuidando que la parte larga del tubo doblado casi toque el fondo que contiene 150 ml de solución saturada de bicarbonato de sodio (Fig. 5.)

e).- Tan pronto como se haya completado la disolución del aluminio, calentar el matraz a ebullición moderada durante 3 o 5 minutos sin apartar el tubo de la solución de bicarbonato de sodio. Enfriar a 60° , de preferencia sumergiendo el matraz en un baño de agua. La solución de bicarbonato de sodio sifonea en el matraz durante el enfriamiento, dando una atmósfera de CO_2 en la solución reducida de Titanio. Quitar el tapón, pero dejar el agitador y lavarlo con agua dejando que esta caiga al matraz antes de quitar el tapón completamente con el tubo doblado y el agitador.

f).- Agregar 2 ml de solución indicadora de sulfocianuro de amonio y titular inmediatamente con solución de sulfato de amonio férrico (1 ml = 0.005 g de dióxido de titanio) hasta coloración paja. Se debe terminar la titula -

ción gota a gota.

Calcular el porcentaje de dióxido de titanio según la siguiente

fórmula:

$$\% \text{TiO}_2 = \frac{A \times B \times 100}{C}$$

donde:

A - ml de sulfato de amonio férrico requeridos para la titulación de la muestra.

B - Título de la solución de sulfato férrico amónico expresado en mg de dióxido de titanio por mililitro de solución.

C - g de muestra seca usados.

PLOMO COMO Pb_3O_4 (MINIO) :

Tratar 1 g de muestra con 15 ml de ácido nítrico (1:1) y suficiente peróxido de hidrógeno para disolver todo el peróxido de plomo o minio y calentar.

Si no hay nada de materia insoluble presente, agregar 25 ml de agua, hervir, filtrar y lavar con agua caliente. Agregar al filtrado 20 ml de ácido sulfúrico concentrado y evaporar hasta que se desprendan vapores de SO_3 . Enfriar, agregar 150 ml de agua y 150 ml de alcohol etílico al 95 %, dejar reposar dos horas, filtrar a través de un gooch, lavar con alcohol al 95 % y secar a $105^\circ - 110^\circ\text{C}$ y pasar como PbSO_4 .

$$\text{Pb}_3\text{O}_4 = \% \text{PbSO}_4 \times 0.753$$

OXIDO CUPROSO:

Tratamiento de la muestra.- Antes de analizar la muestra se debe pulverizar y mezclar con el fin de que quede homogénea. Es importante además que la muestra esté seca, se debe guardar en frasco ámbar hermético.

Reactivos:

a).- Cloruro férrico.- Disolver 75 g de cloruro férrico - - - -
($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)- con una mezcla de 150 ml de ácido clorhídrico y 400 ml de agua -
destilada. Agregar 5 ml de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) (30 %) y calentar a -
ebullición para quitar el exceso.

b).- Indicador de ortofenantrolina.- Complejo ferroso de ortofenantrolina (ferroína).

c).- Solución estándar de Nitrato de amonio cármico 0.1 N.-
Mezclar 54.826 g de nitrato cármico amónico / $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ / (grado reactivo), con 56 ml de ácido sulfúrico (1:1). Disolver la sal y el ácido en agua, enfriar a temperatura ambiente y diluir a un litro. Estandarizar la solución con una muestra de cobre libre de cualquier recubrimiento de óxido.

d).- Solución estándar de sulfato de amonio ferroso 0.03 N.-
Disolver 12 g de sulfato ferroso amónico / $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ / en 200-300 ml de agua y agregar 40 ml de ácido sulfúrico agitando constantemente. Diluir a un li-

tro. Se deben agregar unos pedazos de aluminio musgoso para estabilizar la solución. La solución se debe reestandarizar frecuentemente).

PROCEDIMIENTO.

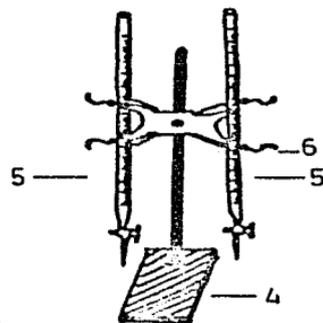
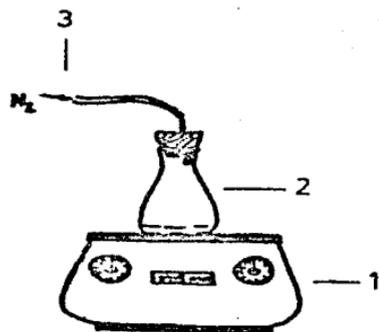
a).- Pesar aproximadamente 0,15 g de muestra y colocarla en un matraz Erlenmeyer de 250 ml llenado previamente con dióxido de carbono u otro gas inerte. Agregar cuentas de vidrio y 10 ml de cloruro férrico. Calentar cuidadosamente durante 15 minutos, agitando de vez en cuando y manteniendo en todo momento una atmósfera de gas inerte (Fig. 6)

b).- Después que se ha disuelto la muestra, enfriar, agregar 50 ml de agua destilada y titular con nitrato cérico amónico 0.1 N hasta que se aproxime al punto final. Agregar 2 gotas de ortofenantrolina y completar la titulación. El punto final es cuando se tiene el cambio de color de naranja a verde pálido. Para regresar al color naranja, se agrega sulfato ferroso amónico 0.03 N.

El porcentaje de óxido cuproso se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{Cu}_2\text{O} = \frac{(AB - CD) \times 0.07157}{E} \times 100$$

donde :



- 1.- parrilla.
- 2.- matraz erlenmeyer.
- 3.- atmósfera de nitrógeno.
- 4.- soporte.
- 5.- bureta.
- 6.- pinzas para bureta.

FACULTAD DE QUIMICA 1973	
TESIS PROFESIONAL	
ERNESTINA CONTRERAS ESPINOSA	determinación de óxido cuproso.
	fig. 6

A. - ml de nitrato de amonio cérico requeridos para la titulación de la muestra.

B - Normalidad de la solución de nitrato de amonio cérico.

C - ml de solución de sulfato ferroso amónico requeridos para la titulación de regreso al punto inicial.

D - normalidad de la solución de sulfato de amonio ferroso.

E - g de muestra usados.

DIOXIDO DE SILICIO (SiO_2) :

Reactivos:

a).- Acido clorhídrico concentrado.

b).- Acido clorhídrico 1:20.- Mezclar un volumen de ácido clorhídrico concentrado con 20 de agua destilada.

c).- Acido fluorhídrico (48 %).- Acido fluorhídrico concentrado.

d).- Carbonato de sodio (Na_2CO_3)

e).- Acido sulfúrico concentrado.

PROCEDIMIENTO.

Pasar 1 g de muestra a un crisol de platino y fundir con 5 g de

carbonato de sodio hasta que quede en estado de molde.

Continuar calentando durante 20 minutos, tapar el crisol con una lámina de platino (no es necesario si se calienta a fuego suave y con precaución). Dejar enfriar y pasar a una cápsula de porcelana, la cual contiene 200 ml de agua. Poner a ebullición hasta de integración.

b).- Acidular cuidadosamente el contenido de la cápsula con ácido clorhídrico concentrado, tapando con un vidrio de reloj para evitar cualquier pérdida. Agregar 30 ml de ácido clorhídrico en exceso y evaporar a sequedad en - baño de vapor. Se debe tener cuidado para quitar cualquier incrustación.

Cuando se ha secado completamente y no se detecta ningún - olor ácido (clorhídrico), quitar la cápsula del baño de vapor y dejar enfriar.

c).- Lavar las paredes de la cápsula con 20 ml de ácido clorhídrico y después con agua. Repetir la evaporación como en el paso b), después secar en una estufa durante una hora a 105 °C. Enfriar el residuo, empapar con 25 ml de ácido clorhídrico, agregar 175 ml de agua y calentar agitando hasta que se haya disuelto todas las sales. Filtrar en papel filtro de poro cerrado, lavar 5 veces con ácido clorhídrico 1:20 y después 5 veces con agua caliente.

d).- Pasar el papel y la sílice a un crisol de platino, calentar hasta ignición, primero en forma moderada hasta que se consuma el papel filtro y - después a 1200 °C durante 20 minutos, enfriar y pesar. Humedecer el residuo con

agua, agregar 5 gotas de ácido sulfúrico y 15 ml de ácido fluorhídrico. Evaporar a sequedad en baño de vapor, calentar en forma moderada hasta que el ácido sulfúrico se ha evaporado, calentar a ignición a 1200 °C durante 5 minutos. Enfriar y pesar. La pérdida en peso representa el dióxido de silicio. Se calcula en la forma siguiente:

$$\% \text{SiO}_2 = \frac{A}{B} \times 100$$

donde:

A - g de dióxido de silicio

B - g de muestra usados

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Por lo expuesto en esta tesis, se puede ver que el Control Químico de los Recubrimientos Vinílicos, utilizados para Petróleos Mexicanos para prevenir la corrosión, es realmente fácil, rápido y económico haciendo uso de métodos volumétricos y gravimétricos que dan resultados aceptables para el control de calidad de dichos recubrimientos y que servirán para dar buena apariencia y adecuada protección contra la corrosión de los equipos e instalaciones de Petróleos Mexicanos donde es recomendable su aplicación.

A continuación se presentan los datos experimentales de los Recubrimientos Vinílicos:

RESULTADOS EXPERIMENTALES

MUESTRA	AGUA LIBRE %	MATERIA VOLATIL %	PIGMENTO %	RESINA VINILICA %
RA-22-70	0.243	56.9	16.7	31.5
RA-25-70	0.325	64.09	20.31	19.94
RP-7-70	0.201	61.6	11.21	26.81
RE-31-70	0.000	34.81	43.88	14.4

MUSTRA	% Cl ₂	% PLASTIFI - CANTE	% PVC	% PVA
RA-22-70	55.9	2.0	80.3	10.2
RA-25-70	47.58	2.5	67.0	-
RP-7-70	49.31	2.1	68.3	-
RE-31-70	51.74	2.3	77.02	5

MUESTRA	% Fe ₂ O ₃	% Pb ₃ O ₄	% SiO ₂	% TiO ₂	% Cu ₂ O
RA-22-70	-	-	-	84.29	-
RA-25-70	-	-	-	85.16	-
RP-7-70	20.83	36.09	43.08	83.10	-
RE-31-70	-	-	-	-	(90.0)

C A P I T U L O V I

B I B L I O G R A F I A

1. Anual book of ASTM standards.
Parte 20
American Society for testing and materials.
1916 Race St. Philadelphia, Pa. 19103
(1970)
2. Billmeyer, W. F.
Textbook of Polymer Science
2a. Ed.
John Wiley Sons, Inc.
To Ppan Co. Ltd.
New York (1971)
3. Blanco M. A.; Ives V. C.
Tecnología de Pinturas y Recubrimientos Orgánicos
Editorial Química, S. A.
México, D. F.
(1966)
4. Brydson, J. A.
Plastics Materials
D. Van Nostrand Co. Inc.
Princeton, New Jersey.
(1966)
5. Especificaciones Generales para Construcción de Obras.
(Protección Anticorrosiva a base de Recubrimientos)
Norma No. 3.132.01
2da. Ed.
Petróleos Mexicanos (1970)

6. Federal Test Method Std.
No. 141-a
Septiembre 1, (1965)
7. Gardener H. A.; Sward, G. G.
Paint Testing Manual.
(Physical and Chemical Examinations)
Paint, varnish, lacquers and colors
12a. Ed.
Gardner Laboratory Inc.
(1962)
8. Gaynes, I. N.
Formulation of Organic Coatings
D. Van Nostrand Co. Inc.
(1967)
9. Humfrey, J. H.
Selección de Resinas para aplicaciones específicas.
Pinturerías
V. XXII, No. 261
Publicación mensual de la Asociación Nacional
de fabricantes de pinturas
(1971)
10. Morrison, T. R.; Boyd, N. R.
Organic Chemistry
2a. Ed.
Allynand Bacon, Inc.
Boston (1966)
11. Orozco, D. F.
Análisis Químico Cuantitativo
5a. Ed.
Editorial Porrúa, S. A.
México (1967)
12. Payne, H. F.
Organic Coating Technology
(Oils, resins, varnishes and polymers)
Vol. I y II
John Wiley & sons Inc.
(1965)

13. Rakoff, H.; Rose, C. N.
Química Orgánica Fundamental
Editorial Limusa Wiley, S. A.
México (1973)
14. Shriner, L. R.; Fuson, C. R., Curtin, Y. D.
Identificación Sistemática de Compuestos Orgánicos
Editorial Limusa - Wiley, S. A.
México (1966)
15. Welcher, F. J.
Standard Methods of Chemical Analysis
Vol. II
6a. Ed.
D. Van Nostrand Co. Inc.
(1962)
16. Apuntes de Plásticos y Silicones I y II
Prof. Julio Terán Zavaleta
U.N.A.M.
(1971)