



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

“Desarrollo de impermeabilizante acrílico
elastomérico con pigmento de aluminio
estabilizado para sistema base agua”

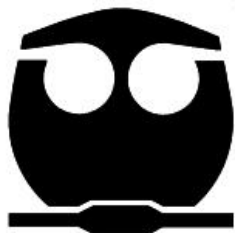
TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

JUAN PABLO FUENTES MARTÍNEZ

2016



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE:	Profesor:	Carlos Guzmán de las Casas
VOCAL:	Profesor:	Francisco Javier Rodríguez Gómez
SECRETARIO:	Profesor:	Marina Estévez Gallardo
1er. SUPLENTE:	Profesor:	María de los Ángeles Patricia Olvera Treviño
2° SUPLENTE:	Profesor:	Jorge Rafael Martínez Peniche

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

METAPOL SA DE CV

ASESOR DEL TEMA:

FIRMA

MARINA ESTEVÉZ GALLARDO

SUSTENTANTE (S):

FIRMA

JUAN PABLO FUENTES MARTÍNEZ

Índice

Introducción.	Página
1. Problema.	7
2. Solución.	
3. Objetivo.	
Desarrollo.	
4. Definición de Polímeros Termoplásticos	9
5. Definición de Polímeros Termofijos.	
6. Látex de resinas Acrílicas Elastoméricas.	
7. Resinas Poliéster	11
8. ASFALTOS	
8.1 Asfaltos Naturales	12
8.2 Composición del asfalto	
8.3 Asfaltos derivados de petróleo	
8.3.1 Petróleos crudos de base asfáltica y parafínica	
8.4 Ventajas.	13
9. Pruebas Mecánicas para elastómeros.	
9.1 Resistencia a la tracción y elongación de rotura.	14
9.2 Deformación elásticas	15
9.3 Fluencia o cedencia	
9.4 Deformación plásticos	16
9.5 Estricción	
9.6 Recuperación elástica	17
9.7 Módulo de elasticidad	
9.8 Resistencia a la abrasión	18
9.9 Resistencia a la compresión	
9.10 Resistencia a la flexión	19
9.11 Ensayo de flexión	
9.12 Resistencia al impacto	20
9.13 Dureza	
9.14 Fricción	21
10. Norma ASTM para impermeabilizantes acrílicos elastoméricos.	
10.1 Viscosidad, peso y volumen.	
10.1.1 Ejemplo.	
10.2 Propiedades mecánicas.	22
10.3 Adhesión.	24
10.4 Flexibilidad.	25
10.5 Permeabilidad e hinchazón.	
10.5.1 Ejemplo	26

- 10.6 Formación de hongos, eficiencia de biocidas
- 10.7 Conclusiones

Experimento. Página

- 11. Metodología. 28
 - 11.1 **Diagrama de Flujo de la fabricación de un impermeabilizante acrílico elastomérico color aluminio.**
 - 11.2 **Diagrama de Flujo de la fabricación de un impermeabilizante acrílico elastomérico color blanco.** 29
- 12. Fabricación. 30
- 13. Prueba térmica. 34
- 14. Resultados. 38

Costos.

- 15. Formulación para impermeabilizante COLOR PLATA de 3 años. 40
- 16. Formulación para impermeabilizante COLOR BLANCO de 3 años. 41
- 17. Precios de Impermeabilizantes al público en el 2016. 42

Conclusiones.

- 18. Conclusiones Generales. 44

Bibliografías.

- 19. Bibliografía. 49

Introducción

1. PROBLEMA

Los Impermeabilizantes asfálticos bases solventes son utilizados por su gran durabilidad, buena adherencia, buena flexibilidad. La formulación del impermeabilizante asfáltico es muy completa y versátil, tiene buena resistencia al agua, no cristaliza con el frío, cuenta con un acabado con pintura bituminosa en tono plata que ayuda a la reflexión de los rayos UV, con la idea de mantener una temperatura adecuada en el inmueble. Cuenta con una desventaja, es de difícil aplicación, ya que requiere contratar a un especialista que prepare la superficie para la aplicación, esperar que se concluya satisfactoriamente la primera aplicación para colocar un refuerzo, después de esto esperar nuevamente algunos días para poder aplicar el acabado de la pintura bituminosa en tono plata para tener la reflexión de los rayos UV¹.

Tanto la pintura bituminosa como el impermeabilizante asfáltico son nocivos para la salud, ya que presentan altas concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (VOC siglas en inglés) Esta tecnología ha sido reemplazada parcialmente por impermeabilizantes acrílicos elastoméricos por sus bajas concentraciones de VOC, puesto que su fabricación es base agua.

2. SOLUCIÓN

Los impermeabilizantes acrílicos elastoméricos cuentan con una tendencia ecológica, ya que no manejan solventes con bajo VOC, el tiempo de aplicación es mucho menor, puesto que no se tiene que contratar a personal especializado, están diseñados para aplicarlos uno mismo. Cuentan con buenas propiedades mecánicas, flexibilidad, elasticidad, buena adherencia y buena resistencia a la intemperie.

3. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un impermeabilizante acrílico elastomérico con pigmentos de aluminio estabilizado para sistemas base agua, obteniendo las mismas o mejores propiedades **TÉRMICAS Y MECÁNICAS**, al tener una mayor reflexión de los rayos UV, en relación con un impermeabilizante asfáltico base solvente y/o acrílicos elastoméricos blancos.

1.- <http://www.pasaimper.com/productos?id=150> (2013)

Desarrollo

4. DEFINICIÓN DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS.

Es un polímero que puede ser repetidamente reblandecido por calentamiento y endurecido por enfriamiento a través de un rango de temperaturas característico de cada tipo de polímero.

El desperdicio o rebaba de un termoplástico que no haya sido dañado por el calor puede ser reprocesado agregado a polímero virgen en porcentajes pequeños y los productos termoplásticos pueden ser reciclados en otros productos.

Las piezas hechas con termoplásticos generalmente pueden ser maquinadas, estampadas, pegadas, soldadas o termoformadas (inyectados, extruida, etc). Como regla general, los termoplásticos pueden ser disueltos por solventes inorgánicos y/u orgánicos específicos.

4.1 Ejemplo de polímeros termoplásticos: Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Cloruro de polivinilo (PVC), Policarbonato (PC), Acetato de celulosa (CA)².

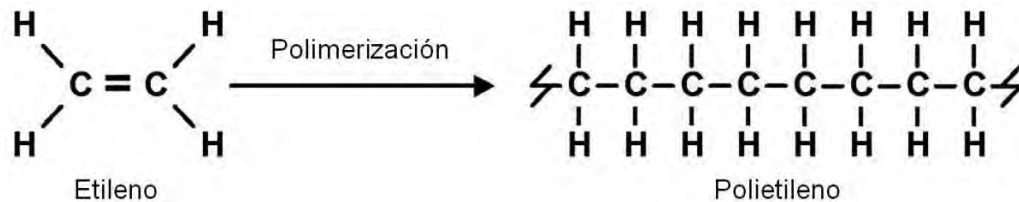


Fig 1.- Estructura química polietileno

5. DEFINICIÓN DE POLÍMEROS TERMOFIJOS.

Es un polímero que después de haber sido curado por el calor o por cualquier otro medio, no puede ser modificado nuevamente, los termofijos no pueden soldarse, no se pueden disolver, ni pueden sus productos ser reprocesados²

5.1 Ejemplo de polímeros termofijos: Poliuretanos (PU), Epóxicos, Baquelita, etc.

6. LÁTEX DE RESINAS ACRÍLICAS ELASTOMÉRICAS.

La preocupación por combatir la contaminación, mejorar la seguridad en el manejo de los impermeabilizantes y ahorrar energía ha impulsado a la investigación en el desarrollo de nuevas resinas, extendiendo los campos de aplicación y productos de secado a más baja temperatura.

2.- <http://www.ramtec.com.mx/Diseno.htm#TermoP> (2013)

De hecho, ya funcionan líneas de impermeabilizantes acrílicos con el sistema completo base agua.

Copolímeros acrílicos se pueden utilizar como plastificantes, ligantes únicos, en sistemas base agua. Debido a sus propiedades especiales (brillo y no amarilleo), se emplean principalmente en acabados y decoración.

Las dispersiones y emulsiones acuosas) están constituidas por partículas de polímeros de peso molecular elevado dispersas, pudiendo ser termoendurecibles o termoplásticas. Las partículas o micelas, de 0,2-5 micras, son insolubles en agua, por lo que se requiere un tensoactivo o emulsificante para dispersarlas y un coloide protector para mantenerlas estables. Los sólidos o productos no volátiles contenidos en estas emulsiones representan un 40%-60%; su aspecto es blanco y opaco. Las resinas hidrosolubles son complejos muy polares, debidos a la formación de sales orgánicas, resultantes de la reacción de los grupos carboxílicos de las resinas con aminas o amoníaco. Estos complejos son solubles en agua o en mezclas de agua y disolventes orgánicos (alcoholes y glicoles) y forman soluciones homogéneas y transparentes. La parte no volátil es del orden del 50-80 %. Su viscosidad está en función del peso molecular y del grado de solubilidad de la resina.

Los elastómeros son polímeros termoestables ó termoplásticos debido a sus largas cadenas poliméricas que se enlazan durante el curado. La elasticidad proviene de la habilidad de las cadenas para cambiar su posición por sí mismas y así distribuir la tensión. El enlace covalente asegura que el elastómero retornará a su posición original una vez deje de aplicarse la tensión. Como resultado de esa extrema flexibilidad, los elastómeros pueden alargarse de un 5% a un 700%, dependiendo del material. Sin los enlaces o con pocos de ellos, la tensión aplicada puede provocar una deformación permanente.

Los elastómeros que han sido enfriados hasta cristalizar tendrán menos movilidad en las cadenas, es decir, menos elasticidad que aquellos manipulados a temperaturas superiores a la temperatura de transición vítrea del polímero³.

Para un polímero es posible exhibir elasticidad que no es debida a los enlaces covalentes, sino a razones termodinámicas. Finalmente, hay que mencionar las llamadas dispersiones coloidales, productos intermedios entre las soluciones y las emulsiones, cuyas partículas son parcialmente solubles en el agua, y cuya fase insoluble es fácilmente emulsionable. Estas dispersiones son las que atraen la máxima atención de los investigadores modernos, dadas sus características favorables para evitar la contaminación ambiental.

Las resinas acrílicas puras son polímeros de los ésteres resultantes de la reacción de los ácidos acrílico y metacrílico con alcoholes (metanol, butanol y otros más complejos). El ligante de los impermeabilizantes termoplásticos está constituido por una resina acrílica pura.

Las características de los impermeabilizantes acrílicos de acabado son muy notables, presentan excelente dureza y elasticidad, resistencia a los agentes externos, y al amarilleo producido por los rayos ultravioleta.

3.- <http://es.wikipedia.org/wiki/Elast%C3%B3mero> (2013)

7. RESINAS POLIÉSTER

Las resinas ortoftálicas son para uso general, presentan buena resistencia a la intemperie y ambientes moderadamente agresivos

Algunas resinas Isoftálicas, de cadenas moleculares más largas que las ortoftálicas tienen mejor desempeño al estar expuestas a la intemperie, altas temperaturas y contacto permanente con el agua.

Las resinas ortoftálicas (rígidas) tienen menor brillo superficial y menor resistencia a la intemperie que las flexibles, además cuando son usadas son más susceptibles al desgaste superficial que facilitan la penetración de humedad por erosión, perjudicando la durabilidad de la capa protectora⁴.

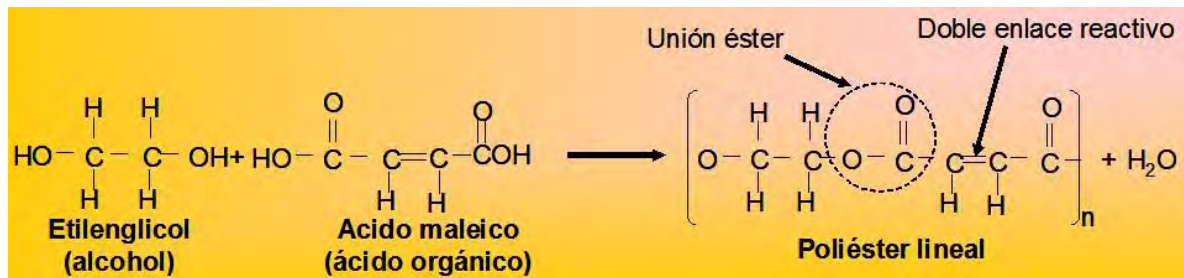


Fig 2.- Estructura química poliéster.

4.- http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/Bendezu_R_J/T_completo.pdf (2013)

8. ASFALTOS.

El asfalto es un material altamente impermeable, adherente y cohesivo, capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo la acción de cargas permanentes. Como aplicación de estas propiedades el asfalto puede cumplir, en la construcción de pavimentos, las siguientes funciones:

- Impermeabilizar la estructura del pavimento, haciéndolo poco sensible a la humedad y eficaz contra la penetración del agua proveniente de la precipitación.
- Proporciona una íntima unión y cohesión entre agregados, capaz de resistir la acción mecánica de disgregación producida por las cargas de los vehículos.

Igualmente mejora la capacidad de la estructura, permitiendo disminuir su espesor.

8.1 Asfaltos naturales.

Los asfaltos son materiales aglomerantes de color oscuro, constituidos por complejas cadenas de hidrocarburos no volátiles y de elevado peso molecular. Estos pueden tener dos orígenes; los derivados de petróleos y los naturales. Los asfaltos naturales se han producido a partir del petróleo, por un proceso natural de evaporación de las fracciones volátiles, dejando las fracciones asfálticas.

8.2 Composición del asfalto.

El asfalto es considerado un sistema coloidal complejo de hidrocarburos. El modelo adoptado para configurar la estructura del asfalto se denomina modelo micelar, el cual provee de una razonable explicación de dicha estructura, en el cual existen dos fases una discontinua (aromática) formada por dos asfaltenos y una continua que rodea y solubiliza a los asfaltenos, denominada maltenos. Las resinas contenidas en los maltenos son intermediarias en el asfalto, cumpliendo la misión de homogeneizar y compatibilizar a los de otra manera insoluble asfaltenos. Los maltenos y asfaltenos existen como islas flotando en el tercer componente del asfalto, los aceites.

8.3 Asfaltos derivados de petróleo.

Los asfaltos más utilizados en el mundo hoy en día, son los derivados de petróleo, los cuales se obtienen por medio de un proceso de destilación industrial del crudo. Representan mas del 90 % de la producción total de asfaltos. La mayoría de los petróleos crudos contienen algo de asfalto. Sin embargo existen algunos petróleos crudos, que no contienen asfalto. En base a la proporción de asfalto que poseen, los petróleos se clasifican en:

- a) Petróleos crudos de base asfáltica.
- b) Petróleos crudos de base parafínica.
- c) Petróleos crudos de base mixta (contiene parafina y asfalto).

El asfalto procedente de ciertos crudos ricos en parafina no es apto para fines viales, por cuanto precipita a temperaturas bajas, formando una segunda fase discontinua, lo que da como resultado propiedades indeseables. Con los crudos base asfáltica esto no sucede dada su composición. El petróleo crudo extraído de los pozos, es sometido a un proceso de destilación en el cual se separan las fracciones livianas como la nafta y kerosén de la base asfáltica mediante la vaporización, fraccionamiento y condensación de las mismas. El asfalto es además un material bituminoso pues contiene bitumen, el cual es un hidrocarburo soluble en bisulfuro de carbono (CS₂) El alquitrán obtenido de la destilación destructiva de un carbón graso, también contiene betún, por lo tanto también es un material bituminoso pero no debe confundirse con el asfalto, ya que sus propiedades difieren considerablemente. El asfalto de petróleo moderno, tiene las mismas características de durabilidad que el asfalto natural, pero tiene la importante ventaja adicional de ser refinado hasta una condición uniforme, libre de materias orgánicas y minerales extraños.

8.4 Ventajas.

- a) Resistentes al ataque químico y bacteriológico.
- b) Se pueden aplicar sobre cualquier superficie.
- c) Evitan el proceso de destrucción del concreto armado, que por su naturaleza propia es poroso y generalmente tiene microfisuras.
- d) Protegen el acero de refuerzo de la corrosión.
- e) Totalmente impermeable al agua y vapores de la misma.

Las propiedades del material permiten que se adhiera o integre a la superficie impermeabilizada, evitando que se levante por cambios bruscos de temperatura o dilataciones que se puedan presentar por diferentes motivos.

9. PRUEBAS MECÁNICAS PARA ELASTÓMEROS.

Las propiedades mecánicas de un material describen el modo en que éste responde a la aplicación de una fuerza. Solamente se pueden ejercer tres tipos de fuerzas mecánicas que afecten a los materiales: compresión, tensión y cizalla. (Figura 1)

Las pruebas mecánicas consideran estas fuerzas por separado o combinadas. Las pruebas de tensión, compresión y cizalla sirven solo para medir una fuerza, mientras que las de flexión, impacto y dureza implican dos o más fuerzas simultáneas.

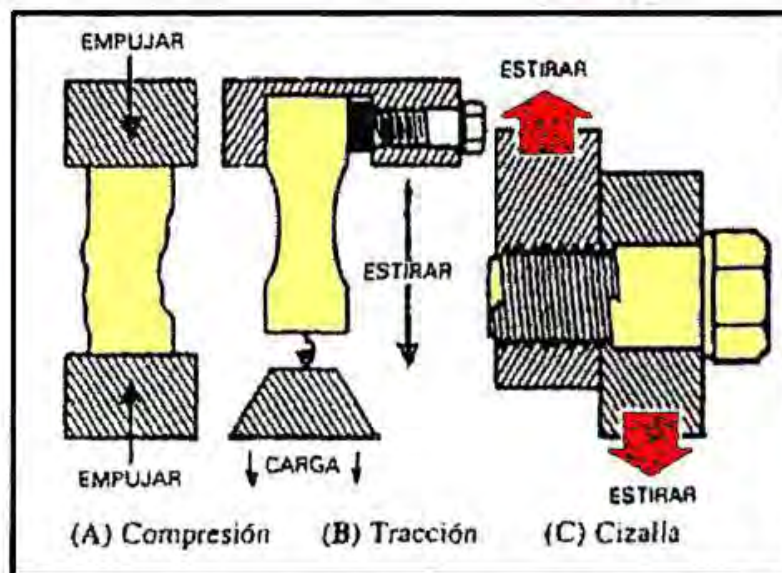


Fig.3.- Tres tipos de tensión.

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)

9.1 Resistencia a la tracción y elongación de rotura.

La resistencia a la tracción o tensión es el máximo esfuerzo que un material puede resistir antes de su rotura por estiramiento desde ambos extremos con temperatura, humedad y velocidad especificadas.

El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la probeta. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. (Figuras 2, 3 y 4)

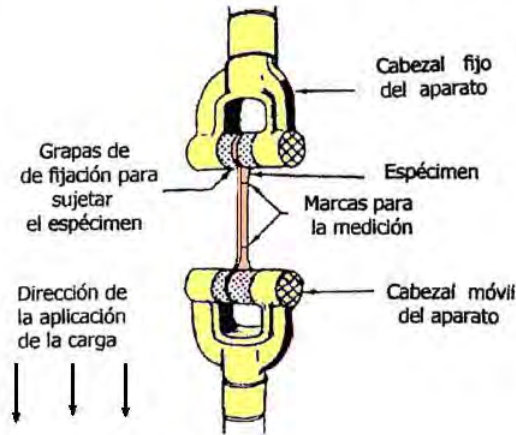


Fig. 4.- Probeta y mordaza

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)



Fig.5.- Ensayo de tracción

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)

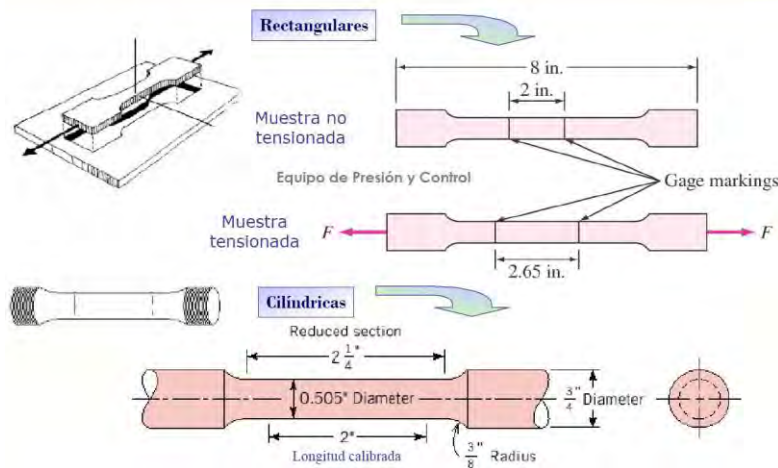


Fig. 6.- Probetas normalizadas

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)

Elongación o extensión es el máximo esfuerzo de tracción a que un material puede estar sujeto antes de su rotura.

La resistencia a la tracción y la deformación a la rotura, indican el máximo esfuerzo que el material puede soportar.

9.2 Deformaciones elásticas.

El coeficiente de proporcionalidad entre la tensión y la deformación se denomina módulo de elasticidad o de Young y es característico del material. La tensión más elevada que se alcanza en esta región se denomina límite de fluencia (Fig. 5) y es el que marca la aparición de este fenómeno. (Figura 6)

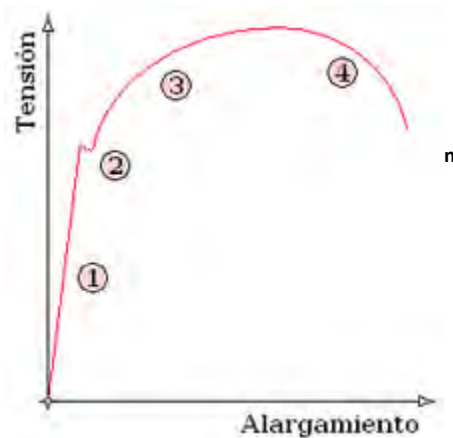


Fig. 7.- Zonas de curva de tensión-deformación
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html>

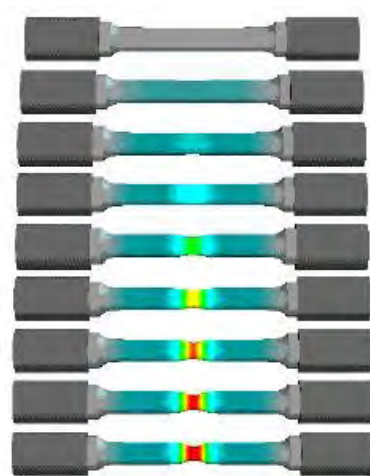


Fig. 8.- Evolución de las probetas rectangulares durante el ensayo de tracción (la zona central es la que soporta mayor deformación, y por esa zona se romperá).
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)

9.3 Fluencia o cedencia.

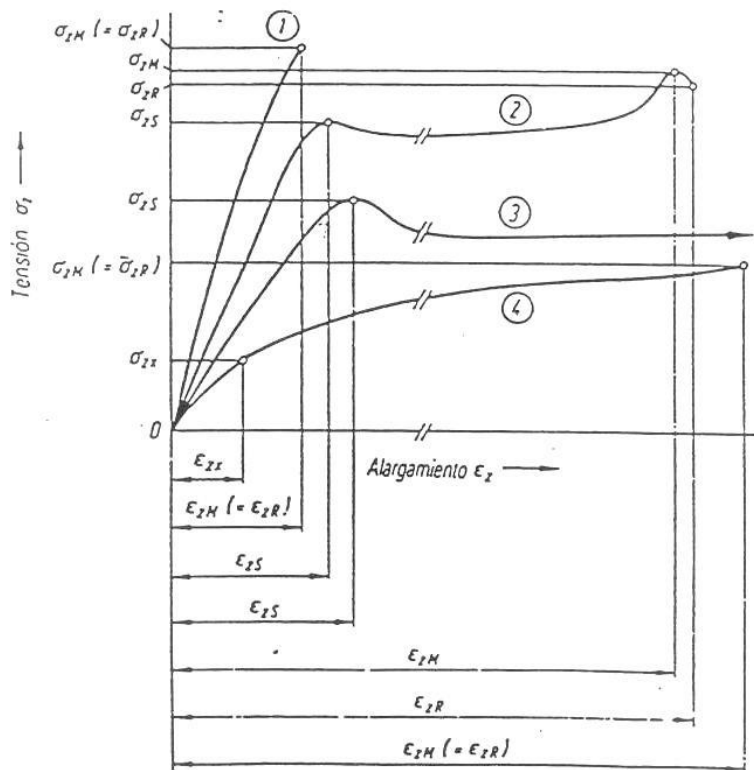
Es la deformación brusca de la probeta sin incremento de la carga aplicada. El fenómeno de fluencia se da cuando las impurezas o los elementos de aleación bloquean las dislocaciones de la red cristalina impidiendo su deslizamiento, mecanismo mediante el cual el material se deforma plásticamente. Alcanzado el límite de fluencia se logra liberar las dislocaciones produciéndose la deformación bruscamente. La deformación en este caso también se distribuye uniformemente a lo largo de la probeta pero concentrándose en las zonas en las que se ha logrado liberar las dislocaciones.

9.4 Deformaciones plásticas.

Si se retira la carga aplicada en dicha zona, la probeta recupera sólo parcialmente su forma quedando deformada permanentemente. Las deformaciones en esta región son más notables que en la zona elástica.

9.5 Estricción.

Llegado un punto del ensayo, las deformaciones se concentran en la parte central de la probeta apreciándose una notable reducción de la sección de la probeta, momento a partir del cual las deformaciones continuarán acumulándose hasta la rotura de la probeta por esa zona. La estricción es la responsable del descenso de la curva tensión-deformación; realmente las tensiones no disminuyen hasta la rotura, sucede que lo que se representa es el cociente de la fuerza aplicada (creciente) entre la sección inicial y cuando se produce la estricción la sección disminuye, efecto que no se tiene en cuenta en la representación gráfica.



Diagramas tensión-alargamiento (tracción)
 1 plástico quebradizo, 3 plástico estirable,
 2 plástico deformable, 4 plástico plastificado.

Fig.9.- Curvas de tensión-deformación para distintas clases de polímero
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)

9.6 Recuperación elástica

La recuperación elástica es una medida de la extensión a la cual una sustancia recupera sus dimensiones originales luego de retirado el esfuerzo. Es la fracción de una deformación dada que se comporta elásticamente. Un material perfectamente elástico tiene una recuperación del 100% mientras que un material perfectamente plástico no tiene recuperación elástica. La recuperación elástica es una importante propiedad en películas usadas para el envasado "stretch" por relacionarse directamente con la habilidad de una película para mantener junta a la carga. La retención del esfuerzo elástico - recuperación por un período de tiempo es también importante.

9.7 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad es la razón de esfuerzo a deformación o esfuerzo por unidad de deformación medido dentro de los límites de la deformación reversible.

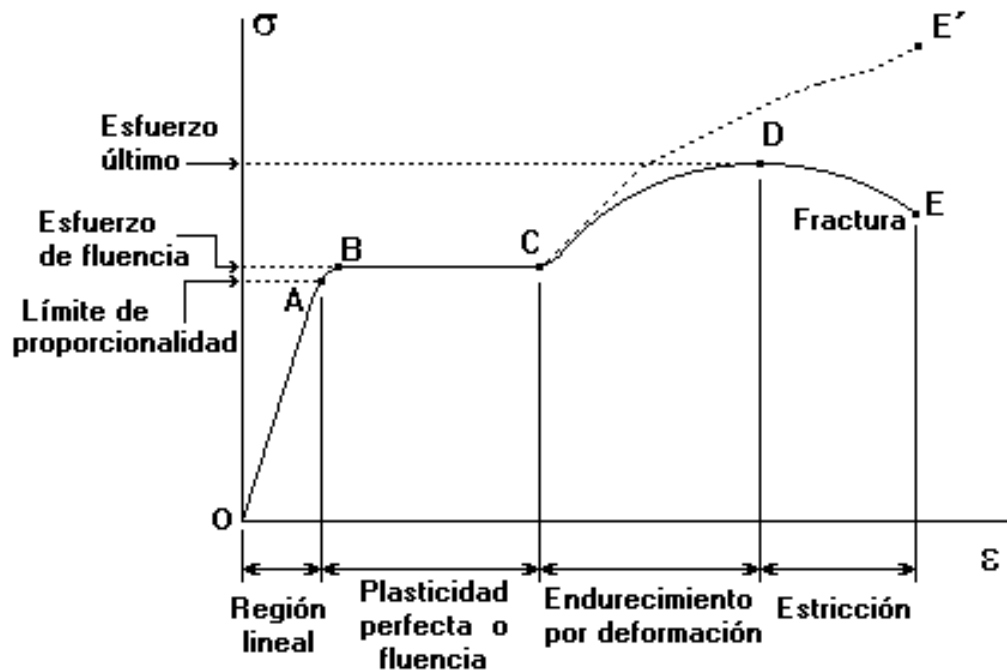


Fig.10.- Diagrama esfuerzo-deformación de materiales dúctiles en tensión.
<http://www.monografias.com/trabajos38/traccion-en-metales/traccion-en-metales.shtml> (2013)

9.8 Resistencia a la abrasión.

Se llama resistencia a la abrasión a la habilidad de un material para resistir acciones mecánicas como frotamiento, rascado, molienda, arenado o erosión que tiende progresivamente sacar material de su superficie. En los plásticos, la abrasión o resistencia al uso es importante en casos como cojinetes, rodamientos y engranajes.



Fig.11.-Máquina para pruebas de abrasión
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)

9.9 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es el máximo esfuerzo que un material rígido puede resistir bajo compresión longitudinal. No es necesario el esfuerzo en el punto de rotura, pero es de significación en materiales que rompen bajo una cierta carga. Se suele usar en materiales frágiles, la resistencia a compresión de todos los materiales siempre es mayor que a la resistencia a la tracción.

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)
Fig.12.- Máquinas para diferentes pruebas de compresión



9.10 Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión estática, también conocida como módulo de rotura, representa el máximo esfuerzo desarrollado en la superficie de la probeta en forma de barra, soportada cerca del extremo y cargada en el centro hasta que ocurra la falla.

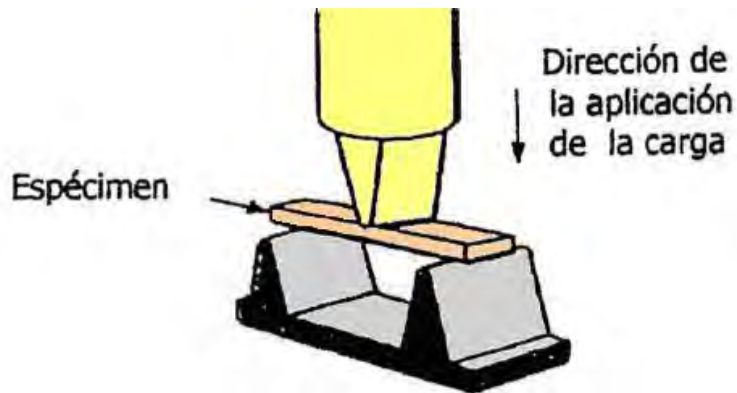


Fig.13.-Ensayo de Flexión

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)

9.11 Ensayo de flexión

Los ensayos de flexión se utilizan principalmente como medida de la rigidez. Este ensayo es casi tan habitual en materiales poliméricos duros como el ensayo de tracción, y tiene las ventajas de simplificar el mecanizado de las probetas y evitar los problemas asociados al empleo de mordazas. Entre las principales limitaciones se encuentra la imposibilidad de obtener información relevante en materiales poliméricos blandos como son las espumas flexibles y los cauchos. El parámetro más importante que se obtiene de un ensayo de flexión es el módulo de elasticidad (también llamado módulo de flexión). En función del número de puntos de apoyo pueden realizarse varios tipos de ensayos de flexión: flexión en tres puntos, en cuatro puntos o incluso flexión de una viga en voladizo.



Fig.14.-Ensayo de flexión

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)

9.12 Resistencia al impacto

La resistencia al impacto representa la resistencia o tenacidad de un material rígido a la repentina aplicación de una carga mecánica. Es convencionalmente determinado por medición de la energía requerida para fracturar una probeta bajo condiciones normalizadas. La energía absorbida en la fractura de la probeta estándar se expresa en Joule/m. El impacto es convenientemente obtenido por la caída del péndulo peso estandarizado. La probeta se coloca de forma tal que sea rota por un solo impacto.



Fig.15.- Máquina de ensayo de impacto (Izod)

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)

9.13 Dureza

La dureza expresa la resistencia a la deformación. Es una propiedad compleja y cuando se accede a métodos por penetración, factores como módulo elástico, resistencia al flujo, plasticidad y tiempo quedan involucrados. Las unidades de dureza derivan de la profundidad, ancho o área de la penetración realizada con alguna forma de cuchilla con un determinado peso cargado.



Fig.16.-Durómetros.

<http://www.directindustry.es/prod/wolpert-wilson-instruments/durometros-knoop-vickers-54434-423374.html> (2013)

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)

9.14 Fricción

La fricción o resistencia al deslizamiento es una importante propiedad en ingeniería, de polímeros orgánicos y textiles. Es independiente al área de contacto aparente pero proporcional a la carga aplicada⁶.

6.- <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html> (2013)

10. NORMAS ASTM PARA IMPERMEABILIZANTES ACRÍLICOS ELASTOMÉRICOS.

El usuario o aplicador de los impermeabilizantes acrílicos carecía de la información necesaria para determinar el verdadero valor de un impermeabilizante para concreto y no podría tomar una decisión de compra adecuada, ya que era cada vez más difícil para los arquitectos, consultores, albañiles, etc. comprobar la calidad los productos de los recubrimientos acrílicos para techos.

Por lo que la **American Society for Testing and Materials (ASTM)** en 1995 desarrolló en conjunto con el comité de impermeabilización una NORMA **ASTM D6083** titulada “especificación estándar para recubrimiento líquido acrílico aplicado en el techo de un inmueble”. Donde son evaluadas características fisicoquímicas de los impermeabilizantes, bajo los siguientes parámetros:

10.1 Viscosidad, peso y volumen de sólidos.

La viscosidad del producto se especifica como un método para proporcionar información para el usuario sobre el espesor relativo de la capa en la lata. Típicamente, los impermeabilizantes que tienen viscosidades de la gama son adecuados para aplicación en superficies verticales tales como parapetos y tapajuntas de penetración. Las viscosidades en el rango inferior son más adecuadas para laminación o cepillado en superficies irregulares o aplicadas sobre refuerzos donde la baja viscosidad es deseable para que humecte la fibra de refuerzo

10.1.1 Ejemplo: Todos los impermeabilizantes base agua se venden en base al volumen sin embargo no hay forma de contabilizar la cantidad de agua, por lo que el usuario no tiene manera de saber realmente el porcentaje de sólidos y porcentaje de agua. Dos impermeabilizantes pueden variar ampliamente en el costo, simplemente porque uno tiene más agua que el otro.

Las especificaciones en sólidos en peso y en volumen proporcionan una información muy valiosa sobre el impermeabilizante. La norma ASTM D 6083 de espesor seco tiene valores mínimos para ambos valores de sólidos. Mientras que el peso de sólidos es más factible de medir, el volumen de sólidos es la mejor medida del material utilizable en el impermeabilizante. Por ejemplo, si un producto tiene un 50% el volumen de sólidos, una película de 0.02 pulgadas de espesor húmedo dará lugar a una película seca de 0.01 pulgadas de espesor seco. El valor mínimo que cumple la norma ASTM D 6083 es de 60% en peso de sólidos y 50% de sólidos en volumen.

10.2 Propiedades Mecánicas.

La capacidad de un recubrimiento de tolerar el movimiento o la inestabilidad dimensional es lo que distingue claramente un impermeabilizante acrílico elastomérico de una pintura arquitectónica convencional. Como ya se sabe los techos son dinámicos, se expanden y contraen debido a factores térmicos. Por lo tanto, un recubrimiento totalmente adherido debe ser capaz de soportar estos movimientos.

Las pruebas mecánicas miden dos parámetros: la elongación y resistencia a la tracción.

La elongación es simplemente la distancia de un material que se puede estirar hasta que se rompa se reporta en porcentaje. Resistencia a la tracción es la cantidad de fuerza por unidad de área que es sometida un sustrato antes de su ruptura y se reporta de dinas o Nétwtones sobre centímetros cuadrados pulgadas cuadradas

Si tiene una elongación, pero no resistencia a la tracción, la membrana se comporta como goma de mascar y se deforma fácilmente sin recuperar su forma original. Si tiene alta resistencia a la tracción, pero el alargamiento pobre, es frágil y semejante al vidrio se romperá cuando se aplica a un techo dinámico. Los valores mínimos aquí son 100% de alargamiento y resistencia de 200 psi a la tracción.

La segunda parte de este requisito implica el uso de una cámara climática simulando un desgaste acelerado, como es el envejecimiento artificial a una exposición prolongada a la luz solar y/o la lluvia, entre otros factores, donde el sustrato es expuesto por determinado número de horas establecido por el fabricante o por alguna norma. Una vez finalizada la prueba se evalúan nuevamente las propiedades mecánicas. Los resultados pueden indicar que el recubrimiento cambio su apariencia física y/o propiedades mecánicas afectando al rendimiento del impermeabilizante, como es la degradación del polímero, observando cambios de apariencia, tales como grietas, erosión, etc.

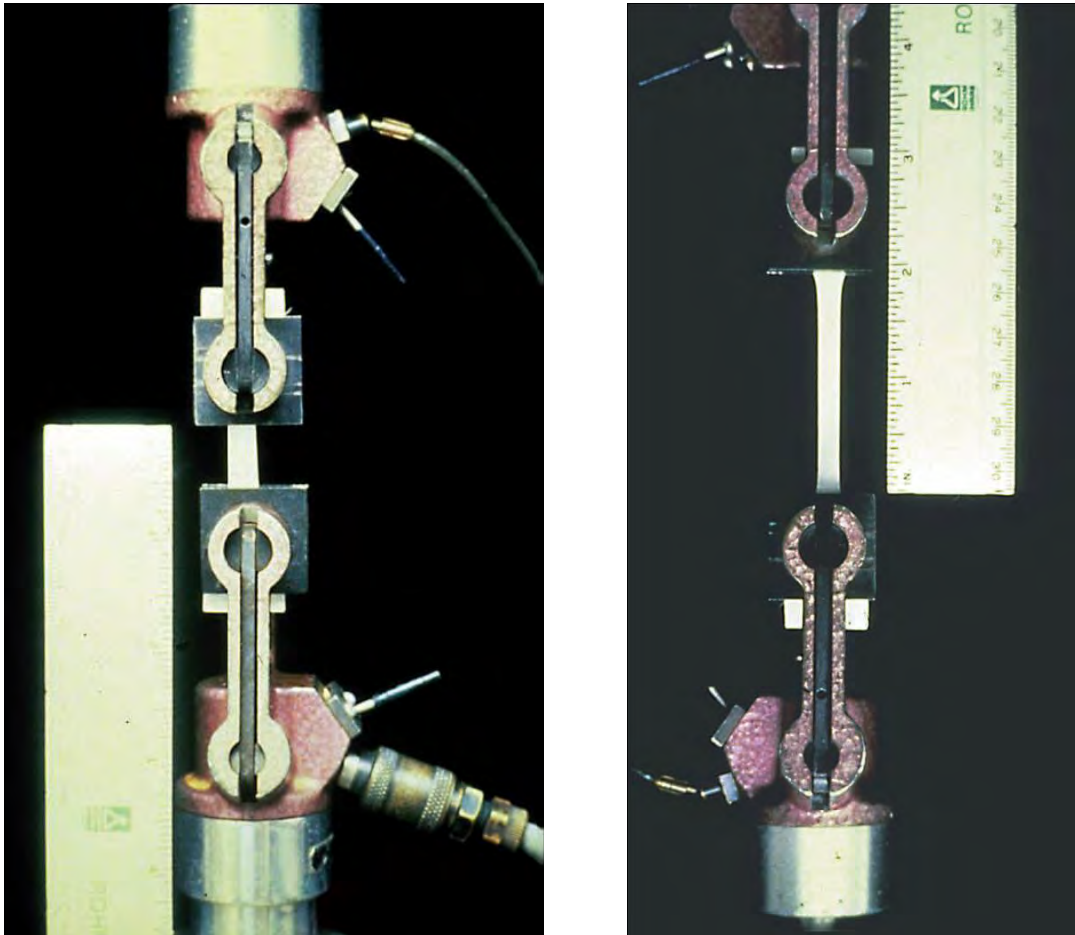


Fig.17.-Pruebas de elongación.

<http://www.rci-online.org/interface/2001-01-kirn.pdf> (2013)

10.3 Adhesión.

La adhesión es uno de los criterios más importantes de esta especificación. Si el revestimiento no se adhiere, no puede proporcionar una protección para el sustrato.

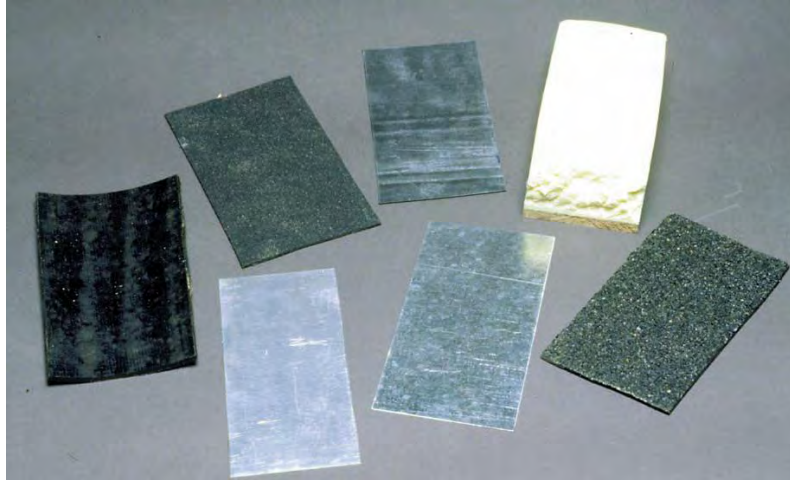


Fig.18.- Pruebas de adhesión en varios sustratos.

<http://www.rci-online.org/interface/2001-01-kirn.pdf> (2013)

La especificación ASTM D 6083 emplea un método para medir la adherencia de la película. Esta prueba utiliza una tira de tela incrustada en el revestimiento aplicado a una pequeña pieza del sustrato. La muestra de ensayo se deja secar durante dos semanas a temperatura ambiente. Se calcula la fuerza requerida para arrancar el revestimiento en una dirección, los resultados se muestran en libras lineales por pulgada (Pounds Linear Inches). Una segunda prueba para esta muestra de adhesión es sumergir la muestra en agua después del periodo de dos semanas de secado. Después de una semana bajo el agua, la muestra es inmediatamente re-analizada de la misma manera para determinar la adhesión en húmedo. El sustrato utilizado debe ser especificado, puesto que hay numerosos sustratos y no todos los impermeabilizantes se recomiendan para todos los sustratos, la especificación permite al fabricante estipular el sustrato que se ha probado. Los valores mínimos son 4.0 (PLI) en seco y 2.0 (PLI) en húmedo.

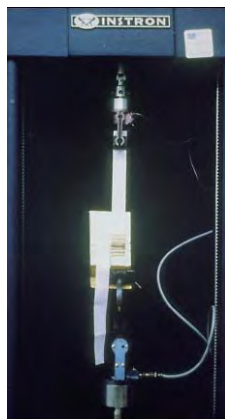


Fig.19.- Pruebas de adhesión

<http://www.rci-online.org/interface/2001-01-kirn.pdf> (2013)



10.4 Flexibilidad

La Flexibilidad a distintas temperaturas después de una prueba de intemperismo acelerado muy útil para determinar la resistencia al desgarre, ya que la mayoría de los materiales termoplásticos, como los recubrimientos, tienen menor alargamiento o flexibilidad a bajas temperaturas.

La resistencia al desgarre es un método para determinar la facilidad con la que puede ser dañada o modificada una película de recubrimiento. Esta prueba simula la propagación de un desgarre en un impermeabilizante que se ha desprendido desde el sustrato.

10.5 Permeabilidad e Hinchazón.

Uno de los factores que afectan el desempeño del impermeabilizante acrílico es su capacidad de permeación del vapor de agua. El impermeabilizante acrílico tiene que permitir que cantidades moderadas de vapor de agua pasen a través de la película sin daños a la misma. Por lo tanto, las características de transmisión de vapor de agua del impermeabilizante acrílico son importantes en la evaluación de su desempeño en el uso práctico.

El propósito de estos métodos de ensayo es obtener valores de transferencia de vapor de agua a través del impermeabilizante acrílico. Estos valores son para uso en el diseño, fabricación y comercialización.

La transmisión de vapor de agua no es una función lineal del espesor de la película, la temperatura o la humedad relativa.

Los valores de transmisión de vapor de agua y permeabilidad al vapor de agua se pueden utilizar en recubrimientos acrílicos sólo si se someten a pruebas en las mismas condiciones estrechamente controladas de temperatura, humedad relativa y los mismos espesores de película.



Fig.20.- prueba de absorción.
www.rci-online.org/interface/2001-01-kirn.pdf (2013)

10.5.1 Ejemplo: Un sustrato recubierto con un impermeabilizante acrílico se coloca en un vaso de precipitados con agua se retira periódicamente, se pesa y se registra el valor. Cuanto mayor sea el valor mayor es la hinchazón, como también la tensión, a su vez aumenta la probabilidad de un desgarre⁶.



Fig.21.-Prueba de humedad.

<http://www.rci-online.org/interface/2001-01-kirn.pdf>

10.6 Bacterias.

Para mantener la apariencia y el rendimiento del impermeabilizante la formulación debe tener resistencia a microorganismos biológicos con biocidas.

10.7 Conclusiones.

La norma ASTM D 6083 sirve como indicador general de desempeño, seleccionando pruebas y estándares mínimos basados en pruebas de campo con un impermeabilizante acrílico elastomérico de desempeño exitoso, hecho a más de 20 techos de diferentes edades en USA, por lo que esta norma da la confianza de su uso cuando se aplica correctamente⁷.

6.- <http://www.astm.org/Standards/D1653.htm> (2013)

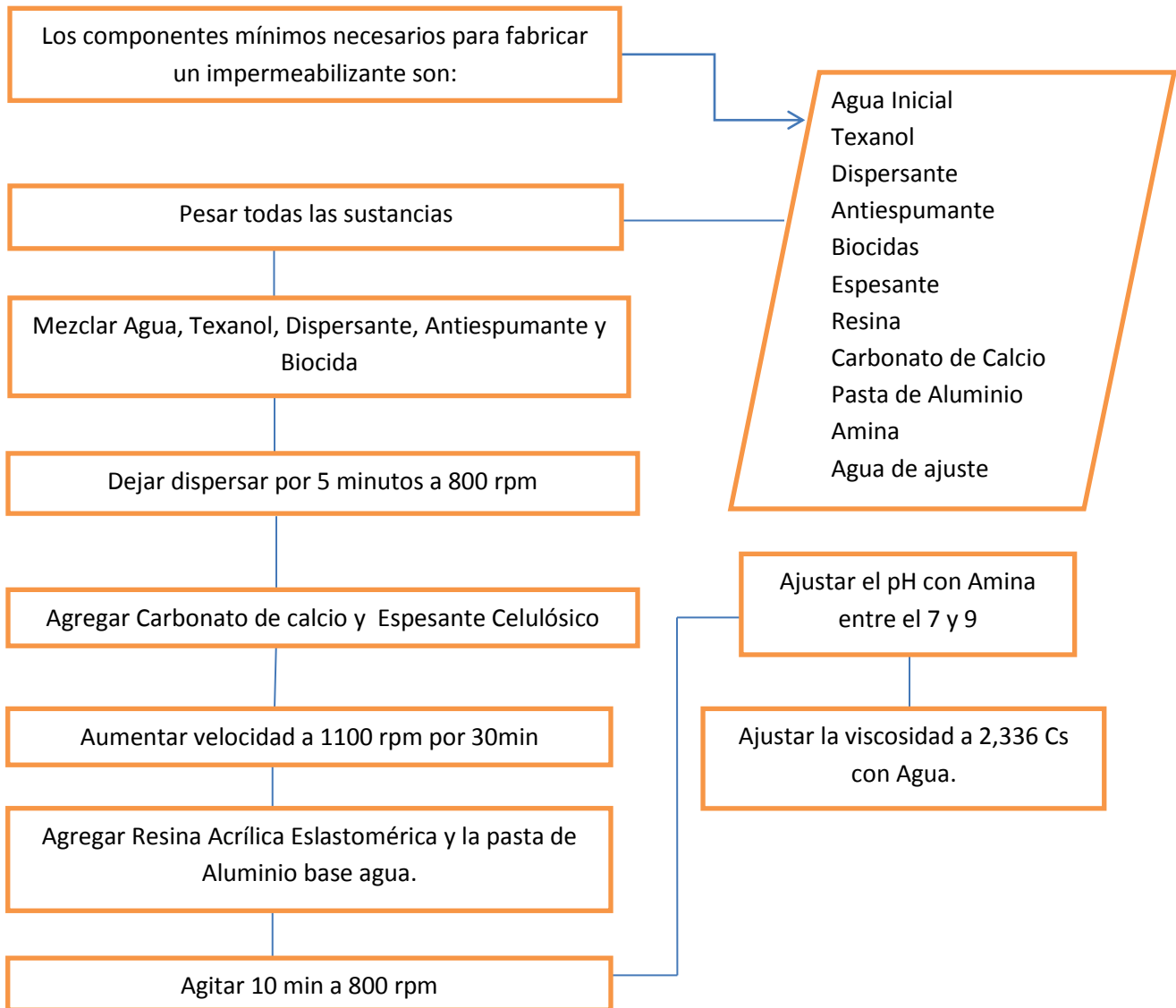
7.- <http://www.rci-online.org/interface/2001-01-kirn.pdf> (2013)

Experimento

11. Metodología.

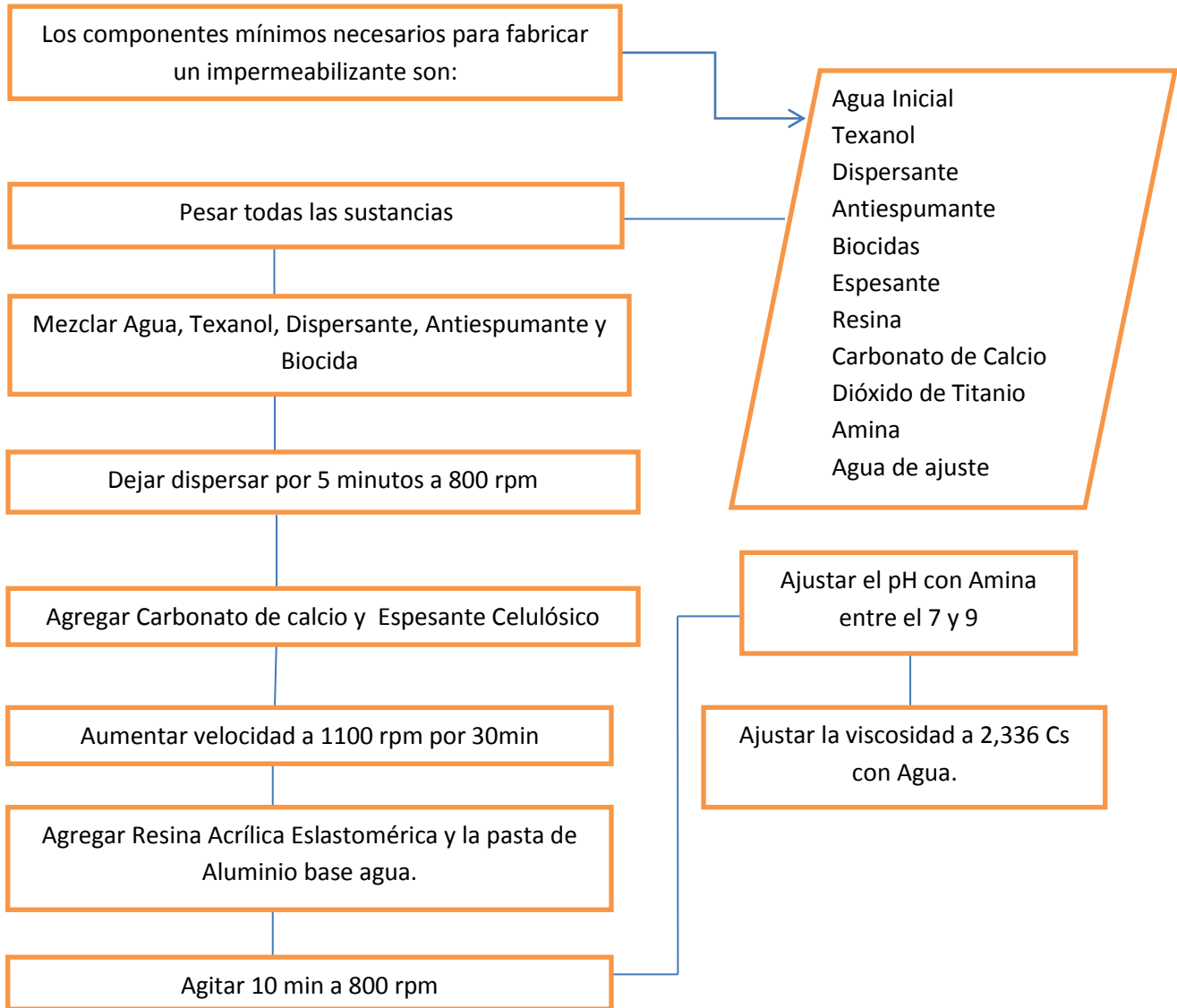
11.1 Diagrama de Flujo de la fabricación de un impermeabilizante acrílico elastomérico color aluminio

Fabricación de impermeabilizante.



11.2 Diagrama de Flujo de la fabricación de un impermeabilizante acrílico elastomérico color blanco.

Fabricación de impermeabilizante.



12. Fabricación.

Pesar y mezclar:

- ✘ Agua.
- ✘ Coalescente.
- ✘ Dispersante.
- ✘ Antiespumante.
- ✘ Biocidas.

Mezclar durante 5 minutos a 800 revoluciones por minuto. Esto se debe a que son líquidos los compuestos y necesitan alto esfuerzo cortante para poder homogenizar, como se muestra en la figura 22.



Fig.-22 Mezcla de primeros aditivos. Laboratorio de Ingeniería Química facultad de Química CU, UNAM.

Agregar:

- ✘ Carbonato de calcio.
- ✘ Espesante celulósico.

Mezclar durante 30 minutos a 1100 revoluciones por minuto, esto para poder dispersar el carbonato de calcio y se disuelva el espesante celulósico a un alto esfuerzo cortante, como se muestra en la figura 23.



Fig.-23 Mezcla de Espesante celulósico y carbonato de calcio. Laboratorio de Ingeniería Química facultad de Química CU, UNAM.

Agregar:

- ✘ Resina Acrílica Elastomérica.
- ✘ Pasta de aluminio.

Mezclar por 10 minutos a 800 Revoluciones por minuto, esto para poder incorporar la pasta de aluminio en la resina, la velocidad se disminuyó, ya que a gran velocidad las partículas de aluminio pueden fracturarse, sedimentarse y obtener un color gris, como se muestra en las fig 24 y 25.



Fig.-24 Mezcla de Resina Acrílica Elastomérica. Laboratorio de Ingeniería Química facultad de Química CU, UNAM.



Fig.-25 Mezcla de pasta de aluminio. Laboratorio de Ingeniería Química facultad de Química CU, UNAM.

Agregar:

- ✘ Aminas para ajuste de pH, como se muestra en la figura 26.

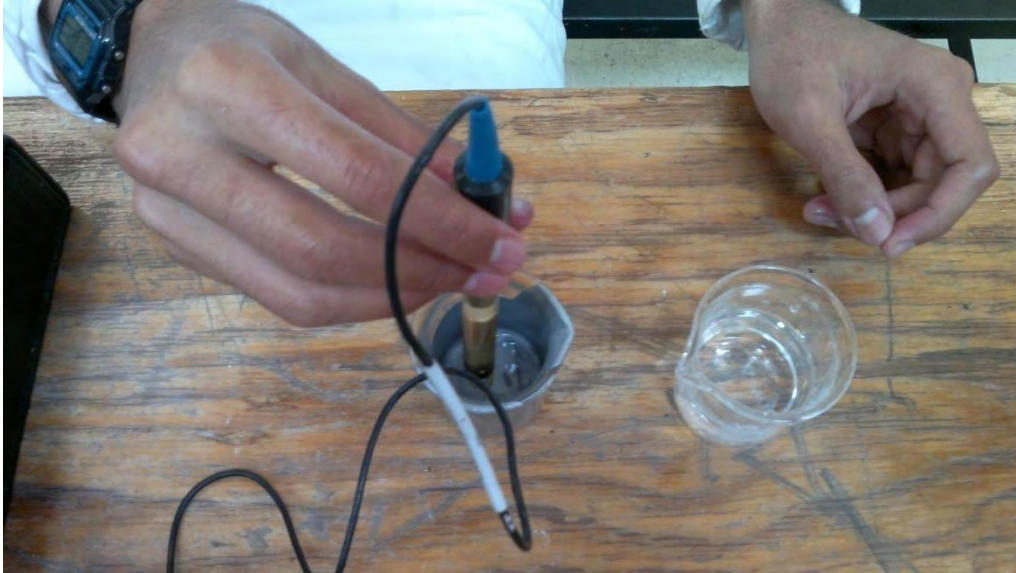


Fig.-26 Medición de pH. Laboratorio de Ingeniería Química facultad de Química CU, UNAM.

Agregar:

- ✘ Agua para ajuste de viscosidad a 2,336 CS, como se muestra en la figura 27.



Fig.-27 Ajuste de Viscosidad. Laboratorio de Ingeniería Química facultad de Química CU, UNAM.

13. Prueba térmica.

Una vez formulado el impermeabilizante acrílico elastomérico tono plata, se aplicará sobre una superficie de panel de yeso de 300 cm² con una brocha de 2 pulgadas., como se indica en la figura 28.

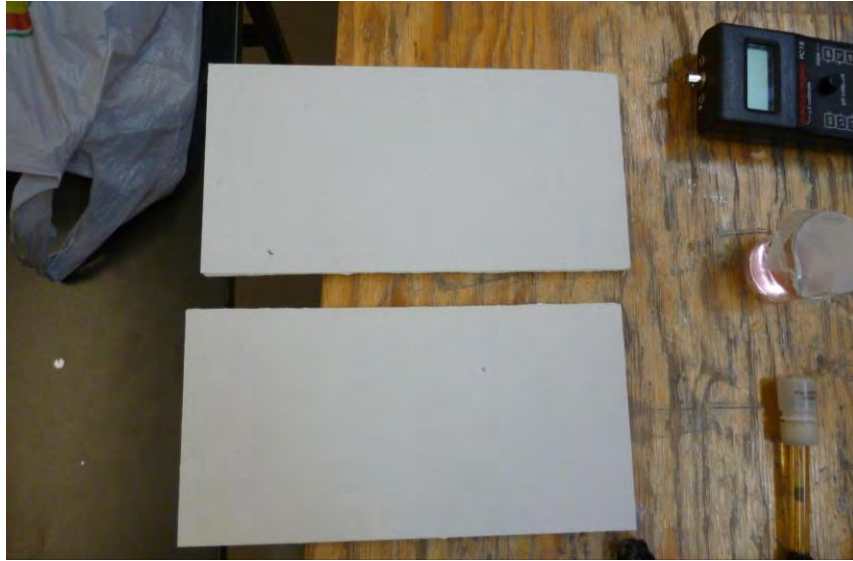


Fig.-28 Sustratos de Tlabaroca.



Fig.-29 y 30 Materiales para pruebas térmicas.

Experimento.

Se aplica una película de 2 capas, la primera mano se coloca de izquierda a derecha y la segunda mano se aplica de arriba hacia abajo dejando un espesor de película seca de 2.5 mm. De igual manera se aplica el impermeabilizante blanco dejando secar por 7 días para poder hacer las pruebas térmicas, como se ve en la figura 31,32 y 33.



Fig.-31 Aplicación de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba

Fig.-32 Aplicación de izquierda a derecha



Fig.-33 Aplicación de impermeabilizante.

Se armó una conexión de 2 sockets en paralelo, visto en la figura 34.



Fig.-34- Colocación de focos.

Se colocaron 2 focos tipo Spot de 250 watts para simular una exposición de los impermeabilizantes ya aplicados en un sustrato al sol durante 10 min, como se aprecia en las fig 35 y 36.



Fig.-35- Impermeabilizante color blanco.

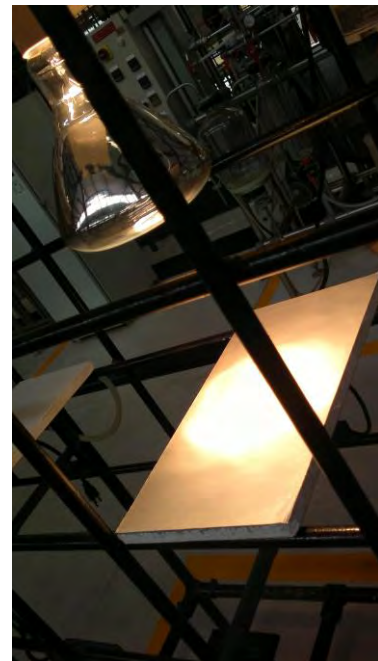


Fig.-36- Impermeabilizante color plata

Después de los 10 minutos se tomaron las temperaturas con un termómetro de mercurio, como se ve en las figuras 37 y 38.

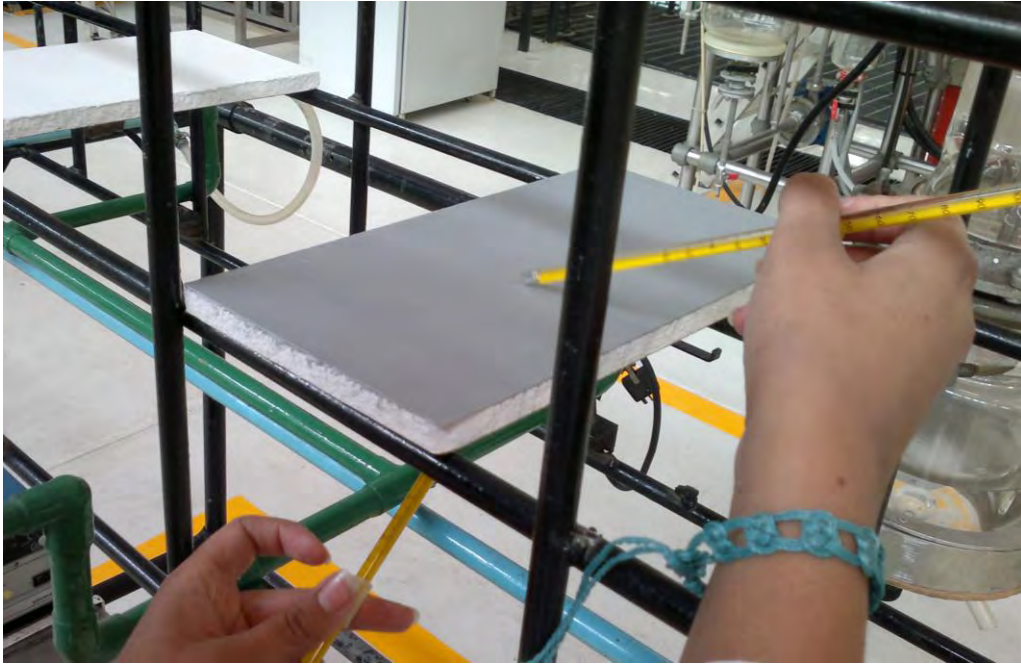


Fig.-37· Lectura de temperatura en impermeabilizante color planta.

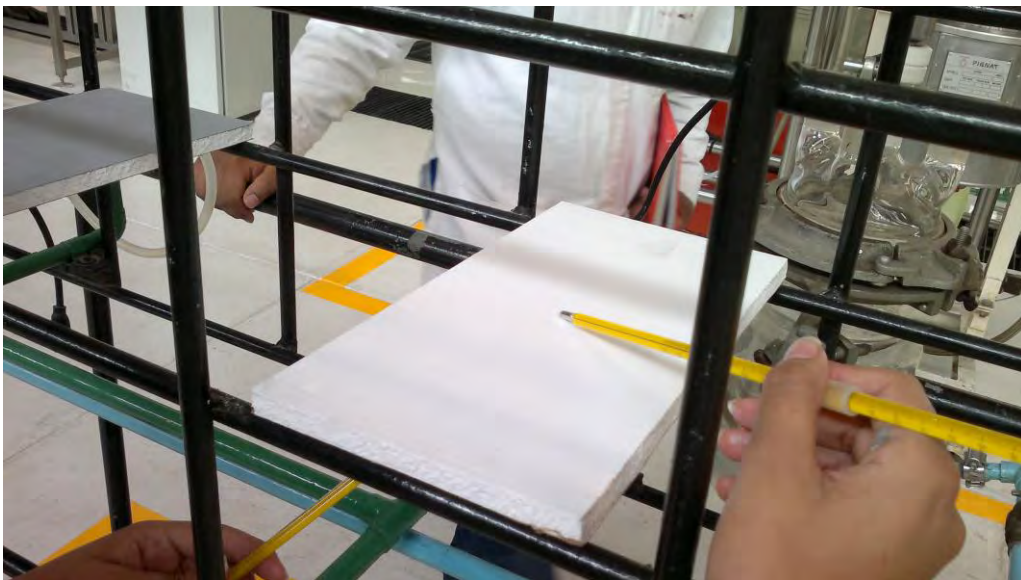


Fig.-38· Lectura de temperatura en impermeabilizante color blanco.

Las pruebas térmicas representan la temperatura de una habitación, es decir, cuando estamos midiendo la temperatura superior del sustrato impermeabilizado, en sus distintos tonos, nos indica el techo. La temperatura inferior del sustrato impermeabilizado, nos indica la temperatura dentro de la habitación.

14. Resultados.

IMPERMEABILIZANTE	TEMPERATURA INICIAL	TEMPERATURA FINAL	ΔT
COLOR BLANCO			
SUPERIOR	20°C	36°C	16°C C±2°C
INFERIOR	20°C	31°C	11°C C±2°C
COLOR PLATA			
SUPERIOR	20°C	32°C	12°C C±2°C
INFERIOR	20°C	27°C	7°C C±2°C

Costos

15. FORMULACIÓN PARA IMPERMEABILIZANTE COLOR PLATA DE 3 AÑOS.

Impermeabilizante Acrílico Elastomérico con pasta de aluminio base agua													Tipo de cambio	\$ 18.32	
Materia Prima	ρ	% peso	% Sólidos c/u	Sólidos Total	ρ Total	%Peso Volumen	%Peso Volumen Total	Costo USD kg	Volumen c/material	%volumen	ρ Mat sol	Volumen del Vehiculo solidos	Costo MN kg	Fórmula	
Agua Inicial	1	20	0	0	0.20	100	20	\$ 0.07	20.00	22.34	0.00	0.0000	\$ 1.31	0.0143000	
Dispersante	1	0.36	45	0.162	0.00	55	0.198	\$ 4.00	0.36	0.40	0.00	0.0000	\$ 73.28	0.0144000	
Coalescente	0.95	1.1	0	0	0.01	100	1.1	\$ 3.50	1.16	1.29	0.00	0.0000	\$ 64.12	0.0385000	
Antiespumante	1	0.3	0	0	0.00	100	0.3	\$ 2.80	0.30	0.34	1.00	0.3000	\$ 51.30	0.0084000	
Pasta de Aluminio	1.55	6	65	3.9	0.09	35	2.1	\$ 13.98	3.87	4.32	1.55	3.8710	\$ 256.11	0.8388000	
Espesante Celulosico	1	0.3	100	0.3	0.00	0	0	\$ 11.00	0.30	0.34	1.00	0.3000	\$ 201.52	0.0330000	
Cargas	2.7	10	100	10	0.27	0	0	\$ 0.20	3.70	4.14	2.70	3.7037	\$ 3.66	0.0200000	
Biocida	1	0.5	30	0.15	0.01	70	0.35	\$ 4.00	0.50	0.56	0.00	0.0000	\$ 73.28	0.0200000	
Solucion Buffer	1	0.1	0	0	0.00	100	0.1	\$ 0.80	0.10	0.11	0.00	0.0000	\$ 14.66	0.0008000	
Resina Acrilica Elastomérica	1.056	40	55	22	0.42	45	18	\$ 1.67	37.88	42.32	1.10	19.9670	\$ 30.59	0.6680000	
Agua de ajuste	1	21.34	0	0	0.21	100	21.34	\$ 0.07	21.34	23.84	0.00	0.0000	\$ 1.31	0.0152581	
Suma		100		36.512	1.22		63.488		89.51	100		28.14166815		1.6714581	
									ρ Calculada	1.11717671					
			Dispersantes	6%											
			Coalescente	5%											
ρ teorica	1.22														
% Volátiles Totales	63.49														
% No volátil	36.51														
PVC	26.92						PVC=	volumen pigmento/	Volumen pigmento + volumen vehiculo solido						
COSTO USD LITRO	\$ 2.05														
COSTO MN CUBETA	\$ 712.62														
COSTO MN LITRO	\$ 37.51														

16. FORMULACIÓN PARA IMPERMEABILIZANTE COLOR BLANCO DE 3 AÑOS.

Impermeabilizante Acrílico Elastomérico color blanco.												Tipo de cambio	\$ 18.32	
Materia Prima	ρ	% peso	% Sólidos c/u	Sólidos Total	ρ Total	%Peso Volumen	%Peso Volumen Total	Costo USD kg	Volumen c/material	%volumen	ρ Mat sol	Volumen del Vehículo sólidos	Costo MN kg	Fórmula
Agua inicial	1	20	0	0	0.20	100	20	\$ 0.07	20.00	24.30	0.00	0.0000	\$ 1.31	0.0143000
Dispersante	1	0.72	45	0.324	0.01	55	0.396	\$ 4.00	0.72	0.87	0.00	0.0000	\$ 73.28	0.0288000
Coalescente	0.95	1.1	0	0	0.01	100	1.1	\$ 3.50	1.16	1.41	0.00	0.0000	\$ 64.12	0.0385000
Antiespumante	1	0.3	0	0	0.00	100	0.3	\$ 2.80	0.30	0.36	1.00	0.3000	\$ 51.30	0.0084000
TiO2	4.507	12	100	12	0.54	0	0	\$ 4.50	2.66	3.24	4.50	2.6667	\$ 82.44	0.5400000
Espesante celuloso	1	0.3	100	0.3	0.00	0	0	\$ 11.00	0.30	0.36	1.00	0.3000	\$ 201.52	0.0330000
Cargas	2.7	10	100	10	0.27	0	0	\$ 0.20	3.70	4.50	2.70	3.7037	\$ 3.66	0.0200000
Biocida	1	0.5	30	0.15	0.01	70	0.35	\$ 4.00	0.50	0.61	0.00	0.0000	\$ 73.28	0.0200000
Solucion Buffer	1	0.1	0	0	0.00	100	0.1	\$ 0.80	0.10	0.12	0.00	0.0000	\$ 14.66	0.0008000
Resina Acrilica Elastomérica.	1.056	40	55	22	0.42	45	18	\$ 1.67	37.88	46.02	1.10	19.9670	\$ 30.59	0.6680000
Agua de ajuste	1	14.98	0	0	0.15	100	14.98	\$ 0.07	14.98	18.20	0.00	0.0000	\$ 1.31	0.0107107
Suma		100	430	44.774	1.61		55.226		82.30	100		26.93736707		1.3825107
ρ Calculada										1.215023848				
			Dispersantes	6%										
			Coalescente	5%										
ρ teorica	1.61													
% Solidos	44.77													
% Volatiles	55.23													
PVC	23.65													
			PVC= volumen pigmento/ Volumen pigmento + volumen vehiculo solido											
COSTO USD LITRO	\$ 2.23													
COSTO MN CUBETA	\$ 776.07													
COSTO MN LITRO	\$ 40.85													

17. PRECIOS AL PÚBLICO DE IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS ELASTOMÉRICOS EN EL 2016.

MARCA PARTICIPANTES EN EL MERCADO	IMPERMEABILIZANTE DE 3 AÑOS DE 19 L. EN PESOS MN
PASA	\$1,451.00
IMPAC	\$785.00
FESTER HOME DEPOT	\$969.00
THERMOTEK	\$1,359.00
SIKA	\$998.00
COMEX	\$967.00
AL-KOAT	\$927.00
FESTER AKRITON	\$1,754.00
IMPERQUIMIA	\$990.00
PROMEDIO	\$1,133.33

Fuente: Visitas hechas a los puntos de distribución.

Conclusiones

18.- Conclusiones Generales.

El presente trabajo de investigación da lugar a las siguientes conclusiones.

18.1 Con base en los resultados presentados en la siguiente tabla, el color plata tiene mayor reflexión de los rayos UV que el color blanco, ya que su absorción de temperatura es menor.

18.2 Por lo consiguiente se tiene una temperatura menor dentro de la habitación, teniendo una estancia más agradable.

IMPERMEABILIZANTE a 2.5 mm de espesor seco	TEMPERATURA INICIAL	TEMPERATURA FINAL	ΔT
COLOR BLANCO			
CARA SUPERIOR	20°C	36°C	16°C C±2
CARA INFERIOR	20°C	31°C	11°C C±2
COLOR PLATA			
CARA SUPERIOR	20°C	32°C	12°C C±2
CARA INFERIOR	20°C	27°C	7°C C±2

18.3 Mediante estos resultados se obtiene un ahorro de energía dentro de la habitación. Por ejemplo: el trabajo del aire acondicionado para mantener una temperatura adecuada dentro de la habitación es menor, a su vez su consumo de energía.

18.4 El costo de la formulación del impermeabilizante acrílico elastomérico color plata es menor al color blanco, ya que se utiliza menos dispersante y menos pigmento, tomando un tipo de cambio de \$18.32 Pesos MN por dólar.

Impermeabilizante Plata	Costo
COSTO USD LITRO	\$ 2.05
COSTO MN CUBETA	\$ 712.62
COSTO MN LITRO	\$ 37.51

Impermeabilizante Blanco	Costo
COSTO USD LITRO	\$ 2.23
COSTO MN CUBETA	\$ 776.07
COSTO MN LITRO	\$ 40.85

18.5 Estos resultados no cumplen con ASTM, ya que el objetivo es demostrar la reflexión del pigmento de aluminio.

18.6 Los impermeabilizantes asfálticos no se consideraron como tampoco se compararon ya que son base solvente, sin embargo en el mercado aún son considerados.

Bibliografía

19. Bibliografía.

1. <http://www.pasaimper.com/productos?id=150>
2. <http://www.ramtec.com.mx/Diseno.htm#TermoP>
3. <http://es.wikipedia.org/wiki/Elast%C3%B3mero>
4. http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/Bendezu_R_J/T_completo.pdf
5. http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_civil/asfalto/default.asp
6. <http://www.astm.org/Standards/D1653.htm>
7. <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-mecanicas.html>
8. <http://www.rci-online.org/interface/2001-01-kirn.pdf>
9. http://www.energy-seal.com/UserDyn/ACS/pdfs/ta_astm-6083.pdf