

# INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



## PROPIEDADES FUNCIONALES DE IMPERMEABILIZANTE ECOLOGICO CON GRASA ANIMAL. CASO DE ESTUDIO EN VISCOSIDAD E INTEMPERISMO

Opción 2: Titulación Integral – Tesis Profesional

Elaborada por:

Berenice Méndez Vázquez.

Que presenta para obtener el título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Asesor:

Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz

# “Propiedades funcionales de impermeabilizante ecológico con grasa animal. Caso de estudio en viscosidad e intemperismo”

Elaborada por:

**Berenice Méndez Vázquez.**

Aprobado por.....

Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz  
Jefe de División de la carrera de Ingeniería Ambiental  
Asesor de Tesis Profesional

Revisado por.....

Q.F.B. Fernando Daniel Bedolla Flores  
Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental  
Revisor de Tesis Profesional

Revisado por.....

Q. Brenda Huichapa Rocha  
Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental  
Revisor de Tesis Profesional



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto., 28/04/2023

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

M.C. José Gabriel Aguilera González  
Director Académico  
ITSUR  
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre de estudiante y/o egresado(a): Berenice Méndez Vázquez	
Carrera: Ingeniería Ambiental	Núm. de control: A17120276
Nombre del proyecto: Propiedades funcionales de impermeabilizante ecológico con grasa animal. Caso de estudio en viscosidad e interperismo.	
Producto: Tesis profesional	

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz  
Jefe de División de Ingeniería Ambiental  
ITSUR

La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz	Q.F.B. Fernando Daniel Bedolla Flores	Q. Brenda Huichapa Rocha



Instituto Tecnológico Superior  
del Sur de Guanajuato  
COORDINACIÓN  
INGENIERÍA AMBIENTAL

c.c.p.- Expediente

Julio 2017

**Resumen:**

Es importante generar impermeabilizantes ecológicos que causen los menores efectos agresivos al ambiente y se evite la utilización de contaminantes o acciones que agredan a la naturaleza.

En este proyecto se contempla desarrollar un impermeabilizante ecológico el cual cumpla con las pruebas de funcionalidad de la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019.

Se llegó a la conclusión de que el impermeabilizante ecológico a base de cal y sebo de toro cumple con dos de los tres lineamientos analizados acorde a lo que dicta la norma NMX-C450-ONNCCE-2019. De acuerdo a los datos obtenidos de las pruebas que se le realizaron se puede definir que el impermeabilizante cumple con los parámetros de un producto comercial.

Finalmente, es importante que se le sigan realizando pruebas al impermeabilizante para lograr una mejora continua y en un futuro obtener un agente que pueda ser elastómero y obtener un polímero natural. Así mismo poder llegar a cumplir con todos los parámetros establecidos para poder sustituir a un impermeabilizante industrial, esto mediante los equipos apropiados para así poder llegar a obtener resultados precisos.

**Abstract:**

It is important to generate ecological waterproofing that causes the least aggressive effects on the environment and avoids the use of pollutants or actions that attack nature.

This project contemplates developing an ecological waterproofing which complies with the functionality tests of the NMX-C-450-ONNCCE-2019 standard.

It was concluded that the ecological waterproofing based on lime and bull tallow complies with two of the three guidelines analyzed according to what is dictated by the NMX-C450-ONNCCE-2019 standard. According to the data obtained from the

tests that were carried out, it can be defined that the waterproofing complies with the parameters of a commercial product.

Finally, it is important that tests continue to be carried out on the waterproofing to achieve continuous improvement, and in the future have an agent that can be an elastomer and obtain a natural polymer, as well as being able to meet all the established parameters to be able to replace an industrial waterproofing, this through the appropriate equipment in order to obtain more precise results.

Palabras claves (*keywords*)

- Impermeabilizante
- Ecológico
- Sebo

Agradecimientos:

Primeramente, agradezco al Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato por construir en mi crecimiento académico, profesional y personal. A sus docentes especialmente a la coordinación de la carrera de ingeniería ambiental, por compartir todos sus conocimientos brindados. Principalmente quiero hacer mención a asesor interno del tecnológico, el Dr. Edgar Guadalupe Blanco Diaz, quien siempre estuvo dispuesto a apoyarme y compartir sus conocimientos para lograr mi objetivo y mi meta.

Finalmente quiero agradecer a mi familia por apoyarme en cada paso que e dado desde el comienzo de mis estudios. A mis padres por darme el sustento económico y emocional por siempre estar presente en cada una de mis decisiones y tener su apoyo en todo por su amor incondicional y ver más de mí que cualquier persona pudiera, a mis hermanos por siempre estar para mi apoyándome en cualquier situación, por ese apoyo emocional que nunca falto de su parte.

*Dedicatoria:*

*Dedico este trabajo a las personas que son mi motor de vida.*

*Mi madre, por ser la persona más amorosa, trabajadora y sencilla.*

*A mi padre, por ser el pilar de la familia por su fortaleza y inteligencia.*

*A mi hermano, por su amor y carisma que siempre hace que todo sea color rosa.*

*A mi hermano, por ser mi niño chiquito y su amor tan tierno que me podrá dar.*

*A mis tías, por siempre confiar en mí, apoyarme en todo y sentirlas como mis hermanas por todo el amor y la confianza en mí.*

## Tabla de contenido

Capítulo 1 .....	1
Introducción. ....	1
Capítulo 2.....	2
Marco teórico. ....	2
Capítulo 3.....	14
Planteamiento del problema .....	14
Capítulo 4.....	16
Objetivos .....	16
Capítulo 5.....	17
Metodología. ....	17
Capítulo 6.....	33
Resultados. ....	33
Capítulo 7.....	48
Análisis de Resultados.....	48
Capítulo 8.....	42
Conclusiones y trabajo a futuro.....	42
Referencias bibliográficas. ....	43
Anexos.....	44

## Índice de tablas.

Tabla 1. Materiales y equipos para la realización del impermeabilizante.....	17
Tabla 2. Descripción del proceso del impermeabilizante. ....	19
Tabla 3. Materiales y equipos para la obtención de la película base. ....	21
Tabla 4. Descripción del proceso de obtención de la película base. ....	23
Tabla 5. Materiales y equipos para la realización de la prueba de la viscosidad. .	24
Tabla 6. Descripción del proceso de la prueba de la viscosidad.....	27
Tabla 7. Materiales y equipos para la realización de la prueba de intemperismo acelerado.....	29
Tabla 8. Descripción del proceso de la prueba de intemperismo acelerado. ....	30
Tabla 9. Materiales y equipos para la realización de la prueba de resistencia a la tensión y porcentaje de elongación. ....	31
Tabla 10. Obtención de los datos experimentales de la viscosidad de temperatura de 313.15 K - 338.15 K .....	34
Tabla 11. Clasificación de acuerdo a la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019.....	41

## Índice de figuras

Figura 1. El rango de temperaturas de 313.15 K a 323.15 K como se marca en la zona gris es el ideal para que se realice la aplicación, ya que se encuentra dentro del rango establecido por la norma. ....	35
Figura 2. Representación gráfica de las distribuciones de los valores de la viscosidad a diferentes temperaturas.....	36

## Índice de imágenes.

Imagen 1. Obtención de la mezcla precisa para la realización de las pruebas como lo marca la norma.....	33
Imagen 2. Obtención de la película base. ....	33
Imagen 3. Exposición en lámpara UV por 1700 horas categoría alcanzada 50 B. 37	
Imagen 4. Exposición en lámpara UV por 1300 horas categoría alcanzada 25 B.37	

## Índice de Anexos

Anexo A. Datos experimentales de la viscosidad a temperatura de 313.15 K. ....	44
Anexo B. Datos experimentales de la viscosidad a temperatura de 318.15 K. ....	45
Anexo C. Datos experimentales de la viscosidad a temperatura de 323.15 K. ....	46
Anexo D. Datos experimentales de la viscosidad a temperatura de 328.15 K. ....	47
Anexo E. Datos experimentales de la viscosidad a temperatura de 333.15 K. ....	48
Anexo F. Datos experimentales de la viscosidad a temperatura de 338.15 K. ....	49
Anexo G. Resultados de análisis estadístico obtenidos empleando el método LSD de Fisher. ....	50

## Términos y definiciones:

Probeta: son los especímenes de recubrimiento destinado a las evaluaciones especificadas en la norma y que deben cumplir con las dimensiones y especificaciones definidas según el método de ensayo a realizar.

Película base: Es la película seca de impermeabilizante a partir de la que se obtienen las probetas que se requieren para realizar los ensayos.

# Capítulo 1

## **Introducción.**

Uno de los problemas más recurrentes en la temporada de lluvia son las goteras y humedad, para ello se requiere el uso de impermeabilizantes para combatir este problema. El caucho de etileno propileno dieno (EPDM) es uno de los materiales más usados en la impermeabilización, sin embargo, los aditivos, gases y compuestos orgánicos volátiles en este material presentan una gran contaminación ambiental en su fabricación, manipulación y posterior permanencia en la edificación [1].

Por esta razón, es importante generar impermeabilizantes ecológicos que causen los menores efectos agresivos al ambiente y se evite la utilización de contaminantes o acciones que agredan a la naturaleza.

En este proyecto se contempla desarrollar un impermeabilizante ecológico el cual cumpla con las pruebas de funcionalidad de la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019 [2]. Lo anterior se realizará con la finalidad de revisar si las características del impermeabilizante se cumplen en los casos prácticos y reales.

## **Capítulo 2**

### **Marco teórico.**

#### **2.1 ¿Qué es un impermeabilizante?**

La impermeabilización es el sistema aislante hidrófugo que se coloca a la vivienda para evitar el paso de agua hacia el interior. Puede estar compuesto por uno o varios elementos que lograrán anular las filtraciones. Se realizan en el exterior e interior de paredes, pisos y techos.

Cuando una vivienda no tiene una suficiente impermeabilización, puede correr el riesgo de crear una vivienda insegura e insalubre. Por un lado, la humedad en el interior de la casa puede provocar graves enfermedades respiratorias.

Por otro lado, las filtraciones en el techo y en el muro, pueden dañar la estructura, provocando una debilidad en la misma. Puesto que el agua corroe y oxida los metales y pudre la madera.

Un hogar insalubre y una estructura débil afectarán negativamente al valor de la propiedad.

Entonces, impermeabilizar una vivienda nos brinda las siguientes ventajas:

- Aumenta el valor de la propiedad.
- Vivienda más segura.
- Protege la estructura.
- Hogar más saludable.
- Protege los cimientos, logrando una estructura sólida.

Cada una de estas estructuras necesita un tipo de impermeabilización para que sea más efectiva [3].

## **2.2 Tipos de impermeabilizantes**

### **2.2.1 Acrílicos o líquidos**

Son una mezcla de polímeros, pigmentos, polvos y diversos aditivos. Visualmente, son muy parecidos a una pintura para exteriores.

Para este tipo de impermeabilizante, se necesita sellador, resanador y cepillo de ixtle como herramientas. El primero tapa la porosidad de la superficie a impermeabilizar, el resanador cubre las grietas y el cepillo garantiza una aplicación uniforme.

En casos donde exista la formación de grietas en la superficie y movimientos estructurales importantes, se recomienda el uso de una tela de refuerzo que se coloca entre cada capa de impermeabilizante.

### **2.2.2 Asfáltico**

Estos se componen de asfalto disuelto en solvente o emulsionado con agua, fibras de vidrio, polvos y resinas hidrocarbonadas.

Si la superficie que va a impermeabilizar está en contacto eventual con el agua, un impermeabilizante de este tipo probablemente sea la mejor solución.

Además de impermeabilizante asfáltico, se necesita un sellador y un cepillo de ixtle. El primero tapa la porosidad de la superficie a impermeabilizar, el resanador cubre la grieta y el cepillo garantiza una aplicación uniforme.

También en este caso se recomienda el uso de una tela, para la formación de grietas y movimientos estructurales importantes.

Todo impermeabilizante asfáltico, por su olor y naturaleza, tiende a desgradarse muy rápidamente. Para evitarlo, se recomienda el uso de una pintura o

recubrimiento reflectivo el cual (como su nombre lo indica) recubre y refleja los rayos del sol, aumentando la vida útil del impermeabilizante.

### 2.2.3 Cementosos

Como su nombre lo sugiere, están hechos a base de cemento; es decir, de cal, silicatos y óxido de hierro.

Este tipo de impermeabilizante es muy resistente a la intemperie, va bien con climas templados y fríos, brinda una gran durabilidad e impide la aparición del salitre, una sustancia salada blancuzca y algodonosa que se acumula generalmente en las paredes.

Esencialmente, este tipo de impermeabilizantes se ocupa en cisternas, diques, tanques de almacenamiento de agua o muros de contención.

### 2.2.4 Mantos prefabricados

Son impermeabilizantes listos para aplicarse por medio de un pegamento o calor (termofusión). Pueden ser de naturaleza asfáltica, PVC o TPO. Estos se forman por medio de polímeros obtenidos por la combinación de dos o más moléculas idénticas.

La principal característica de los impermeabilizantes prefabricados es que tienen una gran capacidad impermeable y resistencia a la contracción y dilatación.

### 2.2.5 Poliuretanos

Están hechos a base de resinas de poliuretano, ya sea disueltas en agua o 100% sólidas.

Los impermeabilizantes de poliuretano tienen una enorme flexibilidad y excelentes propiedades de durabilidad [4].

El CTE (Código Técnico de la Edificación) expone como impermeabilizantes los compuestos bituminosos, láminas de poli (cloruro de vinilo), PVC plastificado, etileno propileno dieno (EPDM) monómero y poliolefinas.

El betún contiene un gas extremadamente tóxico e inflamable (sulfuro de hidrógeno, H<sub>2</sub>S, el PVC (cloruro de vinilo), debido a sus incuestionables efectos cancerígenos y a su gran persistencia, no se queda atrás. También son contaminantes los EPDM o las poliolefinas obtenidas al añadir gran cantidad de etileno (solventes naftas o gas natural).

Estos aditivos, gases y compuestos orgánicos volátiles presentan una gran contaminación ambiental en su fabricación, manipulación y posterior permanencia en la edificación. Su permanencia en la edificación resulta peligrosa al desprender de la película dichos productos volátiles en el transcurso de los años y de manera permanente, pudiendo producir todo un rosario de contraindicaciones, mareos, daños permanentes en el hígado, reacciones del sistema inmunitario, alteración en el sistema nervioso, cáncer del hígado, etc [5].

Los impermeabilizantes convencionales químicos.

Al ser un producto con creación química a inicios del siglo pasado, obtuvo resultados positivos en su aplicación, pero también resultados negativos e incluso resultados nocivos para la salud de las personas tanto de los que aplicaban el impermeabilizante como de los que habitaban los inmuebles donde era aplicado este producto, ya que los impermeabilizantes sintéticos están hechos a base petróleo el cual pasa por un proceso químico que se hace de la industria petroquímica, si partimos desde ahí, ya existirán afectaciones a la salud que se verán a mediano o largo plazo con enfermedades degenerativas con tendencia a una mortalidad alta. Para conocer más los riesgos a la salud que presentan estos impermeabilizantes sintéticos, se hicieron pruebas de estas y se demostró que el peligro real reside en los metales pesados que contienen, como el plomo, cadmio y mercurio, al igual que en los denominados compuestos orgánicos volátiles (COV), como el xileno, el tolueno, los epóxidos, las acetonas, los fenoles y el formaldehído;

todos estos tóxicos gases son generados al momento de aplicar el producto, cuando se secan, e incluso meses después. Por lo tanto, por esta simple razón es motivo suficiente para cambiar la manera de fabricar impermeabilizantes, buscando mejores alternativas para la salud de las personas y mucho menos al planeta [6].

### **2.3 Impermeabilizante ecológico**

Debe ser aquel material que desde su fabricación y/o aplicación causen los menores efectos agresivos al ambiente y evite la utilización de contaminantes o acciones que agredan a la naturaleza. Esta clase de impermeabilizantes no contiene sustancias contaminantes, asisten a la reducción de la contaminación de la cubierta de ozono.

Casi la mitad (45%) de los hogares en el país presentan rezagos en los materiales o la construcción de sus viviendas. Esta característica que implica un riesgo para el desarrollo social y económico de las personas afecta principalmente a la población más pobre de México [7].

### **2.4 Pintura ecológica para muros de tapia pisada**

La tapia pisada es una antigua técnica en tierra armada, poco tecnificada y investigada que ha perdurado por años como sistema constructivo y que, a pesar de la modernización y surgimiento industriales de construcción, no muestra indicios de desaparecer.

Pintura impermeabilizante ecológica para el mejoramiento de muros y exteriores de tapia pisada.

Actualmente las pinturas convencionales que son comercializadas en el país se caracterizan por ser altamente tóxicas y contaminantes debido a la alta cantidad de metales pesados que contienen en sus componentes lo que puede ser dañino para la salud de las personas que habiten en estas edificaciones.

Por tal razón se realiza una pintura sin aditivos tóxicos que contaminen el medio ambiente, preserve edificaciones en tierra y permitan protegerla de bacterias y hongos, ya que estas dañan y afectan la estabilidad de la misma produciendo desplome en ocasiones por no tener un tratamiento a factores de humedad.

Su objetivo general es implementar una pintura a base de sábila y cal que busque impermeabilizar y minimizar consecuencias de humedades como eflorescencias en fachadas de tapia pisada.

En la construcción y en especial en la Cal, la pintura brinda una ventaja esencial y es su bajo costo, pero se encuentra un gran problema debido a que para interiores no es adecuada por la toxicidad y los componentes de metales pesados que esta contiene, esta es antiséptica y ayuda a eliminar bacterias e insectos. La gran solidez que da para muros exteriores es el dióxido de carbono. En cuanto a lo que refiere a humedad es excelente ya que en baños es muy utilizada, ya que permite el pasaje de vapores gracias a eso permite que espacios como cocinas y baños puedan “respirar” con esto hongos y bacterias no se forman en estos espacios [1].

## **2.5 Protección e impermeabilización con cal en la restauración de edificio de albañilería**

Mapei [8]. ha desarrollado un revestimiento elástico bicomponente a base de cal y EcoPuzolana, resistente a las sales y libre de cemento. Mape-Antique Ecolastic se emplea para la impermeabilización y protección de superficies con formas irregulares o geometrías complejas, bóvedas de fábrica, soleras, albardillas, depósitos, fuentes y elementos constructivos en general, tales como: cornisas, impostas, columnas e incluso estructuras existentes de valor histórico-artístico o bajo la dirección de las autoridades de patrimonio.

Este revestimiento puede incluso ser pintado con pinturas elastoméricas o pigmentado con óxidos o tierras naturales.

La mezcla de sus dos componentes da como resultado un mortero de consistencia plástica que se aplica fácilmente con brocha, rodillo o mediante proyección, en superficies horizontales y verticales. El elevado contenido en resinas sintéticas de alta calidad, confieren a la membrana seca de una insigne elasticidad, que se mantiene inalterable en todas las condiciones ambientales.

Es impermeable al agua a presión positiva y a presión hidrostática negativa de hasta dos atmósferas (igual a una columna de agua de 20 m). Una vez completada su maduración es resistente a las sales solubles en general. Su adherencia es excelente tanto en superficies revocadas como sobre albañilerías de ladrillo o de materiales pétreos, siempre que sean sólidas y sin partes en fase de desprendimiento.

“La puzolana es una especie de arena que parece provenir de los pedazos de piedras pómez y lavas porosas expulsadas por el Vesubio, y otros volcanes, en sus erupciones, y dispersados por el viento a distancias considerables. Esta materia ha tomado el nombre de la ciudad de Pozzuoli, de donde parece que los Romanos la extrajeron la primera vez que la utilizaron.”

El uso conjunto de la cal y la Eco-Puzolana ha permitido la formulación de una línea específica de productos denominados Mape-Antique®, dedicados a la consolidación y al saneamiento de los muros y otros elementos de los edificios, incluso de valor histórico y artístico, realizados con ladrillos, piedra, tufo o albañilería mixta. Poseen características físico-mecánicas totalmente similares a las de los morteros de albañilería o de revoque utilizados en el pasado y, por tanto, resultan ser compatibles con cualquier tipo de estructura original. Además, presentan elevadas resistencias químico-físicas ante las acciones agresivas tanto ambientales, como por ejemplo las lluvias ácidas, los ciclos hielo-deshielo y los gases contaminantes, como internas de los muros producidas por agentes como las sales solubles y la humedad.

Al mismo tiempo, poseen elevados valores de transpirabilidad, siendo capaces de permitir la evaporación del agua presente en el muro, de manera muy superior en

comparación con los morteros tradicionales de revoque con base cementosa de cal-cemento. Dicho proceso permite el secado de la estructura sujeta a la humedad, independientemente de que se trate de humedad meteórica o de remonte capilar, permitiendo alcanzar un mayor confort en el espacio habitado.

Atendiendo a la finalidad que se perseguía, la de crear una membrana elástica impermeabilizante y protectora en base cal, se eligieron aquellas normas europeas orientadas al cumplimiento de tales funciones en los soportes más habituales.

Como, por ejemplo:

- EN 15824: Especificaciones para revocos exteriores y enlucidos interiores basados en ligantes orgánicos.
- EN 1504-2: Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 2: Sistemas de protección superficial para el hormigón.
- EN 14891: Membranas líquidas de impermeabilización para su uso bajo baldosas cerámicas. Requisitos, métodos de ensayo, evaluación de la conformidad, clasificación y designación [8].

### **2.6 Cal**

La cal es un material económico, eficaz, durable y amigable con el ambiente, tiene múltiples posibilidades técnicas y constructivas en la arquitectura.

La cal ha sido utilizada durante siglos por su excelente desempeño en tareas de albañilería tales como las mamposterías, repellados, enlucidos, pinturas, impermeabilizantes y demás. Es un producto de origen natural que ofrece grandes beneficios a un costo razonable y lo mejor de todo, es que fue, es y promete ser una alternativa de construcción a largo plazo; que se integra al ambiente de forma respetuosa y coadyuvando de muchas formas a combatir el deterioro del medio circundante.

Además, así como en algunos climas la estrategia bioclimática es la de captar los rayos solares para el calentamiento pasivo, también se tiene el opuesto; en el que se debe evitar la incidencia solar, siendo las superficies blancas una buena opción para disminuir considerablemente la temperatura al interior de los espacios [9].

Ventajas de la cal:

- Protección de bacteria.
- Hidratación y flexibilidad.
- Biodegradación y gran impermeabilizante.
- Brindan mayor resistencia a los tapiales.
- Dependiendo del tipo de cal su fijación y resistencia al agua es mayor.
- Ayuda a estabilizar muros.
- Mayor resistencia mecánica en muros.
- En lechadas brinda mayor fijación en muros exteriores.

Hasta el momento se han visto los beneficios de un impermeabilizante ecológico a base de nopal y otros componentes, sin embargo, es importante que se sigan haciendo innovaciones en este producto, haciendo uso de otros compuestos que tengan propiedades que beneficien a la impermeabilización. Uno de esos compuestos que podría mejorar el efecto impermeabilizante es el sebo de toro debido a sus propiedades.

### **2.7 Sebo de toro**

El sebo es una grasa de origen animal, este comúnmente se obtiene de los bovinos, pero también se puede sacar de otros animales como los corderos o los bueyes. El sebo sirve como combustible y también como material para trabajar a nivel industrial.

Las propiedades del sebo hacen que este sea usado desde hace muchos años atrás en la industria, pues tiene una dureza especial y también con un buen tratamiento se logra cremosidad [10].

Uno de las principales propiedades que posee el sebo de toro es el ácido esteárico el cual es un compuesto de color blancuzco, inoloro y sólido cuando se encuentra a temperatura ambiente. Presente en lípidos de origen animal y vegetal, se trata de una de las grasas de mayor consumo humano. Su composición química es de 18 átomos de carbono, 36 de hidrógeno y 2 de oxígeno ( $C_{18}H_{36}O_2$ ) las cuales conforman cadenas hidrofóbicas que lo hacen lucir parecido a la cera. Gracias a que se trata de un compuesto inocuo con propiedades tensoactivas o emulsificantes que permite que dos sustancias insolubles puedan mezclarse en cierta medida es muy apreciado en la industria farmacéutica, alimenticia, e incluso industrial, como lubricante [11].

Otra propiedad importante del sebo es el ácido oleico, al ser un compuesto estable, inocuo y con propiedades emulsificantes, es decir, que permite mezclar componentes indisolubles entre sí, es apreciado por varias industrias [12].

Ventajas del sebo de toro:

- Sebo sirve como combustible.
- Sirve como material para trabajar a nivel industrial.
- Tiene dentro de su composición química carbono, hidrógeno y oxígeno, la proporción de carbono es alta, pues corresponde al 70%, mientras que tiene un 11% de hidrógeno y el restante, 19% es oxígeno.
- Produce menos energía que los combustibles comunes.
- Industrialmente el sebo se debe mantener empacado al vacío, de lo contrario va a ser víctima de la oxidación y puede empezar un proceso de descomposición.
- Por su dureza se usa en la fabricación de jabones.

- Las propiedades del sebo hacen que éste sea usado desde hace muchos años atrás en la industria, pues tiene una dureza especial y también con un buen tratamiento se logra cremosidad [13].

## **2.8 Propiedades de lípidos o grasas**

Las grasas son un conjunto heterogéneo de moléculas, algunas de ellas muy complejas, que tienen en común su insolubilidad en agua [10].

### **2.8.1 Moléculas polares**

Están formadas por átomos que tienen diferente electronegatividad. Los electrones se desplazan hacia el átomo más electronegativo, lo que genera una densidad de carga negativa sobre él y una positiva sobre el otro átomo. Esta separación de cargas sobre la molécula resulta en la formación de un dipolo eléctrico, es decir, la molécula queda con cierta carga eléctrica. Por ejemplo, el agua.

### **2.8.2 Moléculas apolares**

Sus átomos tienen una idéntica electronegatividad, sin desigualdades respecto a la atracción de los electrones por los núcleos atómicos. Estas moléculas no tienen una carga eléctrica asociada a la desigual distribución de sus electrones. Por ejemplo, el oxígeno molecular (O<sub>2</sub>) [14].

## **2.9 Emulsión**

Llamamos emulsión a la asociación más o menos duradera de dos líquidos que no se mezclan, como agua y aceite.

Preparar una emulsión, entonces, significa mezclar lo que no se mezcla y lograr que se mantenga así por lo menos hasta que lo utilicemos. En la práctica, se trata de conseguir que pequeñas gotas de uno de los líquidos queden dispersas en el otro durante el mayor tiempo posible.

Para conseguir que gotas de aceite se mezclen con agua y no se separen de ella en cuanto dejemos de agitar el conjunto es posible tomar dos caminos: crear un medio con poca fluidez, en el cual el aceite no pueda moverse con facilidad ni juntarse sus moléculas, o agregar una sustancia cuyas moléculas tengan una parte polar y una no polar [15].

## **Capítulo 3**

### **Planteamiento del problema**

#### **3.1 Identificación.**

Uno de los problemas más comunes en la temporada de lluvia son las goteras y humedad. Para ello se requiere el uso de impermeabilizantes industriales para combatir este problema, los cuales, a partir de sus componentes tóxicos, como el plomo, generan un impacto ambiental en la atmósfera por el constante aumento de las concentraciones.

#### **3.2 Justificación.**

Los impermeabilizantes industriales comunes se ha comprobado que generan un impacto negativo al medio ambiente como al ser humano por los componentes tóxicos que estos contienen, por lo cual, es prioritario otra alternativa la cual son los impermeabilizantes ecológicos que no causen daño alguno y cubran el problema de las goteras y humedad los cuales han sido una opción eficaz.

Se plantea que el desarrollo de este proyecto cumpla con los criterios establecidos en la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019, para lograr la sustitución de un impermeabilizante industrial y así poder brindar una solución que minimice el impacto negativo al medio ambiente.

Se empleará la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019 para revisar los parámetros que se requieren en un impermeabilizante comercial como lo son: viscosidad, absorción de agua, interperismo acelerado, flexibilidad a baja temperatura, resistencia a la tensión y porcentaje de elongación. Se empleó esta norma debido a que es la única presente en México que revisa los parámetros necesarios para

considerar la calidad de un impermeabilizante. Además, no hay una normativa para impermeabilizantes de los componentes que se utilizaron en este proyecto.

### **3.3. Alcance.**

Este proyecto contempla realizar una serie de pruebas de funcionalidad en el impermeabilizante. Lo anterior se realizará con la finalidad de obtener un impermeabilizante ecológico que brinde las mejores características en casos prácticos y reales, así contribuyendo al ecosistema de buena manera y disminuir el impacto ambiental negativo de los últimos años.

## **Capítulo 4**

### **Objetivos.**

#### **4.1. Objetivos generales.**

4.1.1 Realizar pruebas de funcionalidad en el impermeabilizante de acuerdo con la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019.

#### **4.2. Objetivos específicos.**

4.2.1 Obtener mezcla precisa del impermeabilizante.

4.2.2 Elaborar pruebas de efectividad del impermeabilizante.

4.2.3 Realizar pruebas de la viscosidad.

4.2.4 Realizar pruebas de intemperismo acelerado.

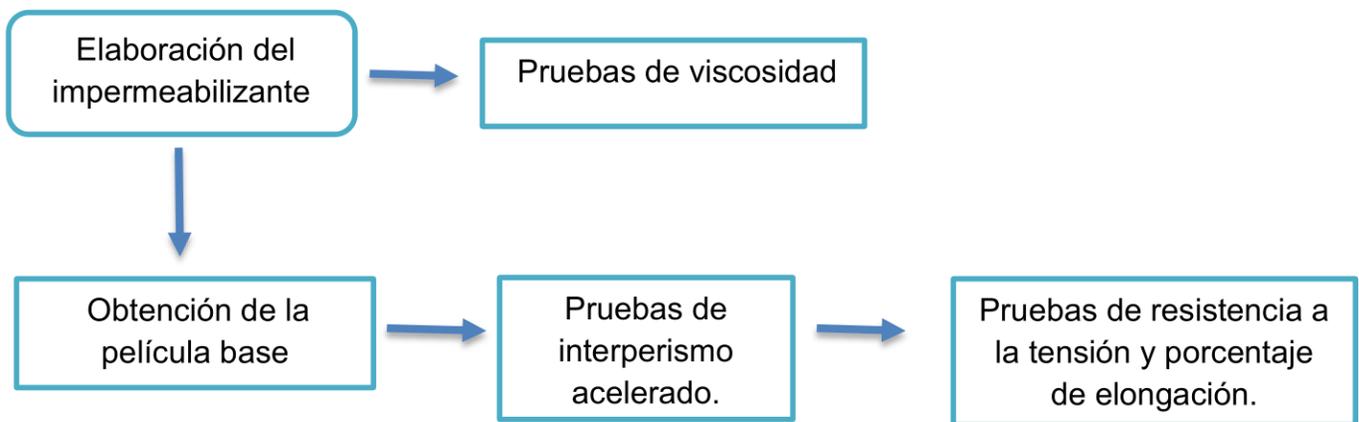
4.2.5 Realizar pruebas de resistencia a la tensión y porcentaje de elongación.

## Capítulo 5

### Metodología.

Las pruebas aplicadas al impermeabilizante se llevaron a cabo en el laboratorio del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato.

Descripción del proceso para la realización de las pruebas de funcionalidad en el impermeabilizante de acuerdo con la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019.



A continuación, se desarrollará más a detalle este proceso.

#### 5.1 Elaboración del impermeabilizante.

La elaboración del impermeabilizante para comenzar a realizar las pruebas como lo marca la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019.

Para la realización del impermeabilizante se utilizaron materiales y equipos como se muestra en la Tabla 1.

*Tabla 1. Materiales y equipos para la realización del impermeabilizante.*

Material	Equipo
Sebo de toro Cal hidratada Mechero	Bacula Parrilla eléctrica

Tripie Malla Recipiente para baño maría Cristalizador Vasos de precipitado de 500 ml Agitador de cristal Espátula Colador	
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

5.1.1 Se obtuvieron los componentes.

- Se derritió el sebo de toro hasta conseguir una consistencia líquida.
- Se pesó 166 gramos de cal y 290 mililitros de sebo.
- Se pasó la cal por el colador en el cristalizador para quitar las impurezas que esta pudiera tener.

5.1.2 Obtención de la mezcla.

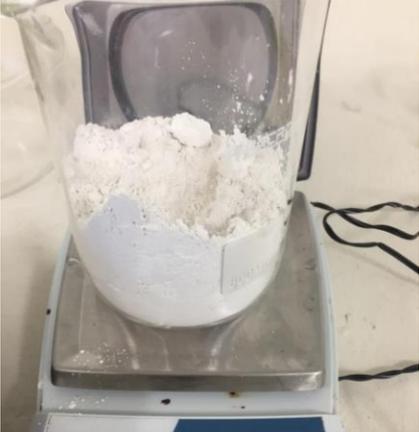
- Se mezclaron la cal y el sebo en el cristalizador.
- Se colocó el cristalizador en la parrilla eléctrica a una temperatura hasta que la mezcla fuera homogénea.
- Se dejó reposar el impermeabilizante por un día.

5.1.3 Realización de las pruebas.

- Posteriormente se realizaron las pruebas.

El proceso de la realización paso a paso del impermeabilizante para la realización de las pruebas se describe como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción del proceso del impermeabilizante.

Imagen	Descripción
	<p>Preparación del sebo de toro en consistencia sólida a temperatura ambiente y al aplicarle calor se obtiene una consistencia líquida.</p>
	<p>Se realizó un pesado de la consistencia de la cal para obtención del peso adecuado.</p>
	<p>Filtración de la cal para la eliminación de impurezas que esta pueda tener.</p>

	<p>Medición del volumen del sebo de toro y filtración para la eliminación de impurezas en su estado líquido en un vaso de precipitado.</p>
	<p>Realización de la mezcla el sebo de toro y la cal.</p>
	<p>Aplicación de calor durante realización de la mezcla para obtener una mezcla homogénea.</p>

	<p>Obtención de la mezcla homogénea libre de grumos.</p>
	<p>Realización de pruebas en moldes desechables para la aplicación de pruebas que marca la norma.</p>

### **5.2 Obtención de la película base.**

Este método es para la obtención de las probetas para la realización de las pruebas.

Para la realización de la película base se utilizaron los materiales y equipos como se muestra en la Tabla 3.

*Tabla 3. Materiales y equipos para la obtención de la película base.*

Materiales	Equipos
Espátula Hojas desmoldables de un material tipo papel siliconizado Impermeabilizante Cinta	Calibrador de vernier

5.2.2 Primera capa.

- Se colocó una hoja desmoldable en la base para la aplicación verificando que este limpia.
- Se sujetó la hoja con la cinta.
- Con la ayuda de una espátula se adicionó el producto aplicar.
- Se desplazó lentamente a lo largo de la hoja desmoldable, asegurando que la aplicación sea homogénea y quede sin imperfecciones.
- Se dejó secar por un espacio de 24 horas en condiciones de laboratorio.

5.2.2 Segunda capa.

- Una vez que transcurrieron las 24 horas de secado de la primera capa, con la ayuda de la espátula se agregó la segunda capa del impermeabilizante hasta obtener el espesor conforme a lo descrito en el 8.2.4.2 de la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019.
- Se dejó secar por otro espacio de 7 días bajo las condiciones del laboratorio.
- Se desmoldó la película, se colocó la otra cara sobre la hoja desmoldable y se dejó por espacio de otros 7 días en las mismas condiciones.

En la Tabla 4 se muestra la descripción de la realización de la película base conforme lo marca la norma en el punto 8.2.4.1.

*Tabla 4. Descripción del proceso de obtención de la película base.*

Imagen	Descripción
	<p>Aplicación del impermeabilizante en papel desmoldable para obtener las películas base.</p>
	<p>Obtención de las películas base con el espesor correspondiente conforme lo marca la norma.</p>

### **5.3 Pruebas de viscosidad.**

Este método sirve para efectuar una serie de mediciones de viscosidad.

Se realizaron varias mediciones del impermeabilizante a distintas temperaturas mediante un método el cual consiste en tomar medidas de una esfera y su pasaje a través de un líquido para calcular la viscosidad.

Para la medición de la viscosidad se utilizó la ecuación de Navier-Stokes

$$n = \frac{g \times d^2 \times (p_c - p_l)}{18 \times v}$$

en donde:

$p_c$  es densidad de la esfera,  $p_l$  es la densidad del líquido,  $g$  es la aceleración de la gravedad,  $d$  el diámetro y  $v$  la velocidad de la esfera.

Para la realización de la prueba de la viscosidad se utilizaron los materiales y equipos como se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Materiales y equipos para la realización de la prueba de la viscosidad.

Materiales	Equipos
Matraz	Parrilla eléctrica
Probeta	Termómetro
Esfera	Cronometro
Cinta	Calibrador de vernier
	Bascula

### 5.3.1 Cálculo de la densidad de la esfera:

- Se midió la masa de la esfera en una báscula.
- Se midió el diámetro de la esfera con el calibrador de vernier.
- Se determinó el volumen de la esfera con la fórmula:

$$v = \left(\frac{4}{3}\right) (\pi r^3)$$

- Se calculó la densidad con la fórmula:

$$d = \frac{m}{v}$$

### 5.3.2 Cálculo de la densidad del líquido:

- Se pesó la probeta vacía para obtener su masa.
- Se pesó la probeta con el líquido, y se restó la masa de la probeta vacía a la probeta con el líquido para obtener la masa del líquido.
- Para encontrar el volumen del líquido se determinó la cantidad del líquido que se vertió en la probeta usando las marcas graduadas a un lado de la probeta.

5.3.3 Para calcular la densidad del líquido se usó la fórmula:

$$d = \frac{m}{v}$$

- Llenado de la probeta con el líquido.
- Se marcó con la cinta en la parte superior de la probeta.
- Se volvió a marcar con la misma cinta en la parte inferior de la probeta.
- Se midió la distancia entre las marcas superior e inferior.
- Se registró la distancia.

5.3.4 Preparación del líquido a distintas temperaturas:

- Se colocó el matraz con agua en la parrilla eléctrica a una temperatura.
- Se agregó la probeta con el líquido al matraz.
- Con un termómetro se estuvo controlando la temperatura para obtener la que se pretendía.
- Se realizó a 6 diferentes temperaturas en un rango de 313.15 K – 338.15 K.

5.3.5 Cálculo del tiempo:

- Una vez alcanzada la temperatura que se deseaba, se dejó caer la esfera en líquido.
- Con un cronómetro se midió el tiempo que transcurría en caer la esfera de la marca superior de la probeta a la parte inferior de esta misma.
- Se registró el tiempo.
- Se realizó 10 veces por cada temperatura.

5.3.6 Cálculo de la velocidad de la esfera:

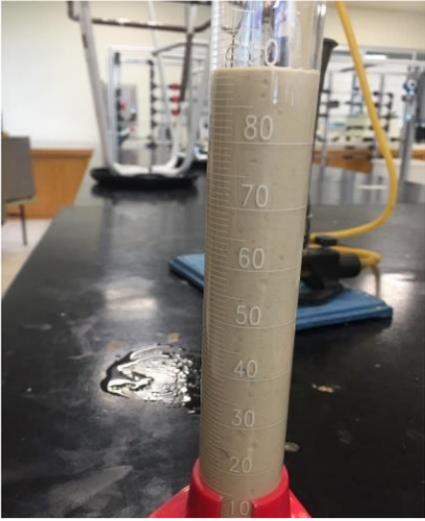
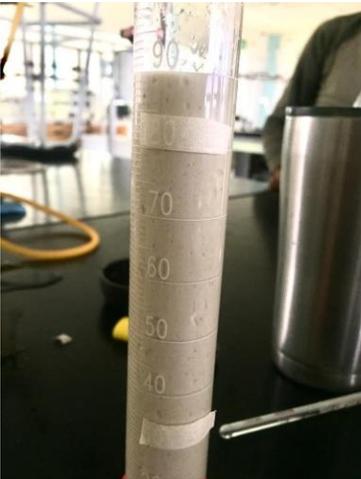
- Se calculó la velocidad con la fórmula:

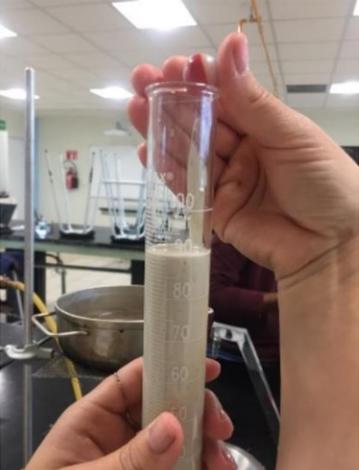
$$v = \frac{d}{t}$$

Donde  $d$  es la distancia recorrida y  $t$  el tiempo que tardó en caer la esfera.

En la Tabla 6 se muestra la descripción de la realización de la prueba de la medición de la viscosidad conforme a la ecuación de Navier-Stokes.

Tabla 6. Descripción del proceso de la prueba de la viscosidad.

Imagen	Descripción
	<p>Medición de la esfera con un calibrador de vernier digital para obtención el diámetro.</p>
	<p>Pesó de la masa y medición del volumen del líquido en una probeta.</p>
	<p>Llenado de la probeta con el impermeabilizante, marcando con cinta las posiciones en la parte superior e inferior de la probeta obteniendo una distancia.</p>

	<p>Colocación del tubo de ensayo en el matraz con agua en la parrilla eléctrica a la temperatura deseada y midiéndola así con un termómetro.</p>
	<p>Una vez obtenida la temperatura deseada se lanzó repetidas veces la esfera al líquido.</p>
	<p>Cálculo del tiempo que tardaba en caer la esfera a la parte inferior del tubo de ensayo con un cronómetro.</p>

### **5.4 Pruebas de intemperismo acelerado**

Esta prueba sirve para evaluar los posibles cambios que esta pudiera presentar después de la exposición en la lámpara UV.

Para la realización de esta prueba se utilizaron los siguientes materiales y equipos que se muestran en la Tabla 7.

*Tabla 7. Materiales y equipos para la realización de la prueba de intemperismo acelerado.*

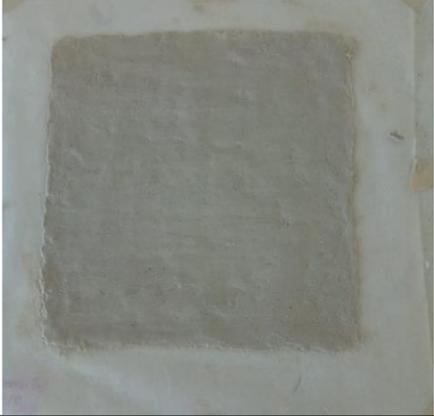
Material	Equipo
Película base	UV 365 nm

#### 5.5.1 Obtención de la película base:

- Se cortó una probeta de acuerdo a las dimensiones del panel de soporte del equipo.
- Se colocó la probeta de la película base dentro de la lámpara.
- Cuando término del tiempo de exposición se registró la presencia de cualquier clase de ampollamiento, reblandecimiento, agrietamiento u otra evidencia de deterioro.

El proceso de la prueba de intemperismo acelerado se describe como se muestra en la Tabla 8 conforme lo marca la norma.

Tabla 8. Descripción del proceso de la prueba de intemperismo acelerado.

Imagen	Descripción
	<p>Obtención de la probeta con las medidas correspondientes como lo marca la norma.</p>
	<p>Lámpara UV con la probeta del impermeabilizante.</p>
	<p>Probeta del impermeabilizante una vez concluido el tiempo en la lámpara UV conforme lo marca la norma.</p>

	<p>Observación de los resultados de la primera lámpara UV, se observó que la probeta no presente ningún tipo de ampollamiento, reblandecimiento, agrietamiento y ningún tipo de deterioro.</p>
	<p>Observación de los resultados de la segunda lámpara UV, se observó que la probeta no presente ningún tipo de ampollamiento, reblandecimiento, agrietamiento y ningún tipo de deterioro.</p>

### **5.5 Pruebas de resistencia a la tensión y porcentaje de elongación**

Este método sirve para evaluar la resistencia a la tensión y el porcentaje de elongación de probetas de película seca preparada en el punto 8.2 de la norma, después de exposición en el equipo de envejecimiento acelerado.

Para la realización de esta prueba se utilizaron los siguientes materiales y equipos como se muestra en la Tabla 9.

*Tabla 9. Materiales y equipos para la realización de la prueba de resistencia a la tensión y porcentaje de elongación.*

Material	Equipo
Exacto 3 probetas de impermeabilizante	Micrómetro Tensómetro

5.6.1 Obtención de las probetas:

- Se cortó 3 probetas con las dimensiones mencionadas en la norma en el punto 8.9.5 y se midió el espesor de cada probeta.
- Se programó el equipo para que pare automáticamente después de ocurrir el rompimiento de la probeta.
- Se sujetó la probeta entre el eje superior e inferior.
- Se registraron resultados.

## Capítulo 6

### Resultados.

#### 6.1 Elaboración del impermeabilizante.

*Imagen 1. Obtención de la mezcla precisa para la realización de las pruebas como lo marca la norma.*



En la Imagen 1, se muestra la mezcla precisa para la realización de las películas base, para las pruebas de interperismo acelerado y resistencia a la tensión y porcentaje de elongación.

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.2 Realización de la película base.

*Imagen 2. Obtención de la película base.*



En la Imagen 2 se muestra la obtención de las películas base con el espesor correspondiente como lo marca la norma.

Fuente: Elaboración propia.

**6.3 Pruebas de viscosidad.**

En la tabla 10 se muestran la obtención de los datos experimentales de la viscosidad a temperaturas de 313.15 K – 338.15 K obtenidas con la ecuación de Navier-Stokes.

*Tabla 10. Obtención de los datos experimentales de la viscosidad de temperatura de 313.15 K - 338.15 K*

Turno	Temperatura 313.15 K	Temperatura 318.15 K	Temperatura 323.15 K	Temperatura 328.15 K	Temperatura 333.15 K	Temperatura 338.15 K
	Viscosidad ( $\frac{Kg}{m \cdot s}$ )					
1	46.72	21.19	16.14	10.01	8.48	7.04
2	46.36	23.18	15.24	10.09	9.11	7.04
3	42.40	20.91	15.82	9.91	9.07	7.64
4	43.46	20.12	16.36	10.65	9.25	6.57
5	45.97	20.52	15.94	10.37	9.75	6.83
6	42.98	24.59	14.39	10.11	9.27	6.29
7	43.74	20.61	14.72	10.35	7.96	6.59
8	41.71	22.62	16.14	10.01	8.89	7.50
9	46.10	22.72	16.32	10.57	8.80	6.59
10	43.75	20.36	14.98	9.93	8.08	7.10
11	41.73	24.55	15.60	10.67	7.60	6.47
12	42.68	20.14	16.22	9.83	8.34	6.83
13	40.35	23.86	15.68	10.37	7.78	6.33
14	44.29	24.16	15.82	10.53	7.64	7.10
15	44.27	22.37	16.79	10.19	7.36	7.04
16	46.30	20.54	15.96	9.97	8.78	6.53
17	41.65	24.75	15.38	10.47	8.16	6.98
18	41.29	22.98	16.28	10.55	7.78	7.76
19	42.86	20.56	14.67	10.21	7.56	6.56
20	42.01	21.87	15.38	10.41	7.48	6.85
<b>Promedio</b>	<b>43.53</b>	<b>22.13</b>	<b>15.69</b>	<b>10.26</b>	<b>8.35</b>	<b>6.88</b>

A continuación, en la Figura 1 se muestra que al aumentar la temperatura la viscosidad presenta un adelgazamiento viscoso y a una temperatura menor se obtuvo que la viscosidad es menor esto se debe a que en este rango de temperaturas se encuentra el punto de fusión del sebo.

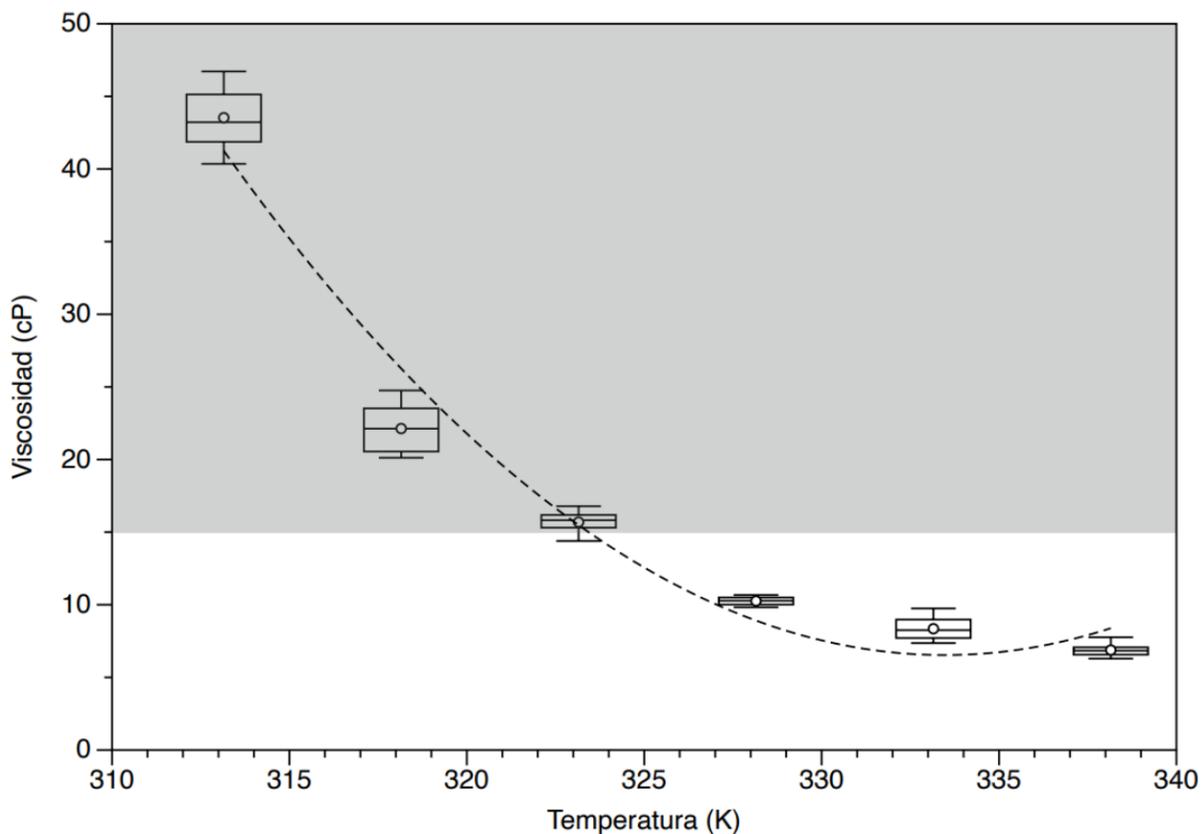
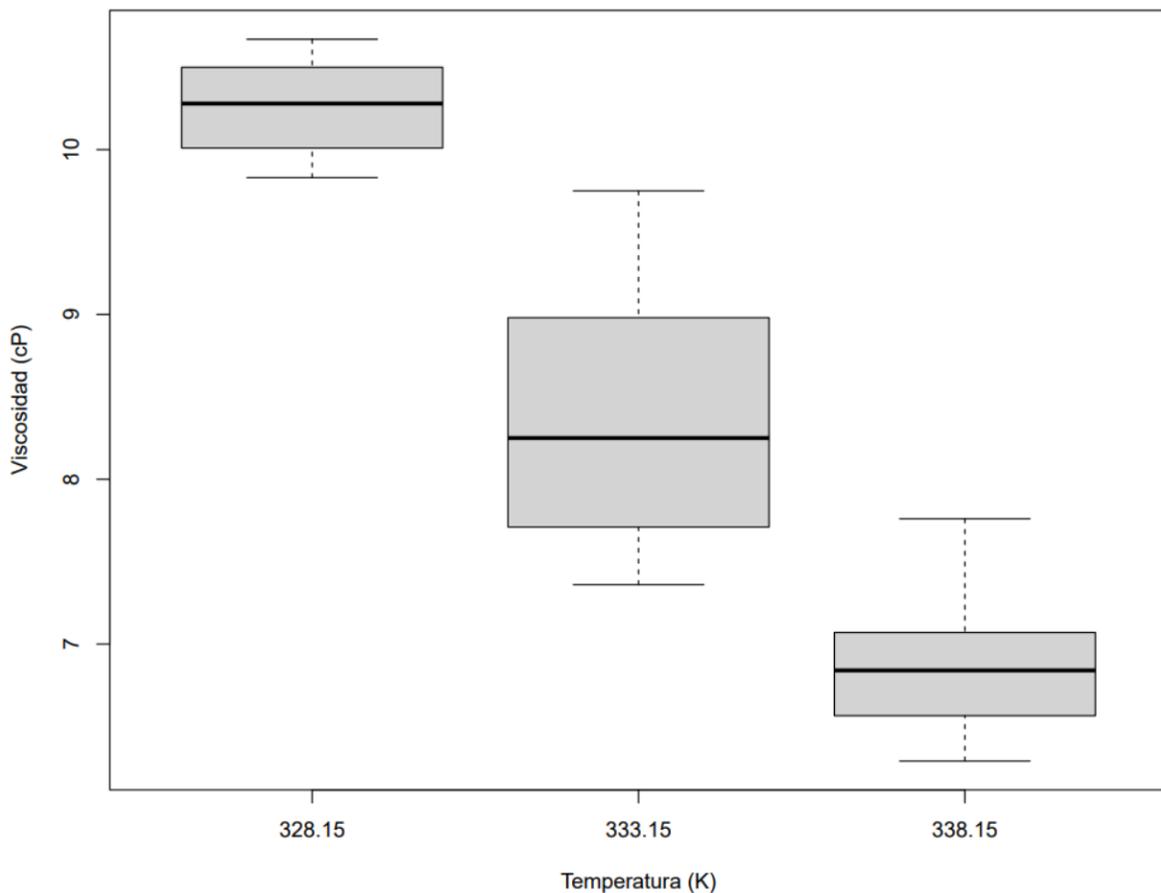


Figura 1. El rango de temperaturas de 313.15 K a 323.15 K como se marca en la zona gris es el ideal para que se realice la aplicación, ya que se encuentra dentro del rango establecido por la norma.

A continuación, en la Figura 2 se muestran los resultados de análisis estadístico entre las temperaturas 328.15 K, 333.15 K y 338.15 K. Los resultados muestran que si hay una diferencia significativa, eso lo dicen los valores obtenidos empleando el método LSD de Fisher. Los resultados indican que las viscosidades no son las mismas. (Anexo G).



*Figura 2. Representación gráfica de las distribuciones de los valores de la viscosidad a diferentes temperaturas.*

#### **6.4 Pruebas de intemperismo acelerado**

*Imagen 3. Exposición en lámpara UV por 1700 horas categoría alcanzada 50 B.*



En la Imagen 3, se muestra la probeta que fue expuesta en la lámpara UV por 1700 horas categoría alcanzada 50 B.

Fuente: Elaboración propia.

*Imagen 4. Exposición en lámpara UV por 1300 horas categoría alcanzada 25 B.*



En la Imagen 4, se muestra la probeta que fue expuesta en la lámpara UV por 1300 horas categoría alcanzada 25 B.

Fuente: Elaboración propia.

### **6.5 Pruebas resistencia a la tensión y porcentaje de elongación**

Esta prueba no se pudo realizar correctamente, debido a que al aplicarle algún tipo de fuerza la probeta se rompía demasiado fácil, un factor que hace que esto ocurra es debido al espesor que se realizó la probeta conforme lo marca la norma, otro factor importante es que los materiales utilizados en la realización del impermeabilizante ninguno contiene un polímero y esto hace que no tenga una elasticidad.

No se logró utilizar el equipo para medir la tensión y elongación, en el momento de sujetar la probeta con las pinzas, ésta se rompía fácilmente y no se obtuvo ningún resultado de esta prueba.

## **Capítulo 7**

### **Análisis de Resultados**

Una vez que se obtuvieron los datos experimentales de cada una de las pruebas que se le realizaron al impermeabilizante, se analizaron los resultados de cada una de ellas de acuerdo a lo que establece la norma.

#### **7.1 Elaboración del impermeabilizante.**

Se realizaron muestras de impermeabilizante con distintas cantidades de los componentes. Estas muestras se aplicaron en moldes desmoldables, los cuales se colocaron directo al sol para su secado. Como resultado final se obtuvieron muestras que no presentaron ningún agrietamiento o daño.

#### **7.2 Obtención de la película base.**

Se obtuvieron exitosamente las películas base para la realización de los ensayos de funcionalidad, estas muestras (probetas) se sometieron a las pruebas correspondientes de acuerdo a la norma NMX-C450-ONNCCE-2019.

#### **7.3 Pruebas de viscosidad.**

Al obtener los resultados de esta prueba, se analizó entre cada conjunto de datos de cada temperatura sacando su promedio, que entre más alta era la temperatura más baja la viscosidad a lo que da como resultado que al aplicarse el

impermeabilizante a una temperatura ambiente este tendría un secado más rápido que un impermeabilizante industrial.

Esto sucede ya que el impermeabilizante contiene un gran porcentaje de sebo, ya que estamos hablando de una grasa y está a altas temperaturas tiene un estado líquido y a bajas temperaturas un estado sólido, a lo que también nos da como resultado que se recomienda aplicar en aquellos lugares que no rebasen la temperatura que se encuentra el punto de fusión del sebo.

La prueba de la viscosidad se realizó a seis distintas temperaturas (313.15 K – 338.15 K) a lo que se obtuvo como resultado que solo tres temperaturas (313.15 K, 318.15 K y 323.15 K) se entraron en el rango que establece la norma como se muestra en la Figura 1, la marca de la zona gris indica las temperaturas que entran en el rango.

Esto se debe que al aumentar la temperatura la viscosidad presenta un adelgazamiento viscoso y a una temperatura menor se obtuvo que la viscosidad es menor esto se debe a que en este rango de temperaturas se encuentra el punto de fusión del sebo.

*Nota: Cabe mencionar que la norma indica hacer la medición con un viscosímetro calibrado y a una temperatura específica de 298.15 K por cuestiones de condiciones del impermeabilizante no se pudo realizar de esa manera, pero realizándole unas mejoras al impermeabilizante y con otro equipo más adecuado podría llegarse a obtener mejores resultados y más precisos.*

### **7.4 Pruebas de intemperismo acelerado.**

En la Tabla 11 se muestra la clasificación de las categorías de impermeabilizante/tiempo de exposición de la prueba de intemperismo acelerado de acuerdo a la norma.

Tabla 11. Clasificación de acuerdo a la norma NMX-C-450-ONNCCE-2019.

Equipo a utilizar	Lámpara UV-A 340				
Categoría de impermeabilizante	100 B	75 B	50 B	25 B	0 B
Tiempo de exposición (h)	2800	2300	1700	1300	800

Al término del tiempo de exposición de la primera prueba, se analizaron los resultados después de 1700 horas en exposición en la lámpara UV de 365 nm con control de irradiación a lo que esto alcanzo la categoría de 50 B, esta probeta de impermeabilizante no presento ningún tipo de deterioro, cambio o efecto negativo durante la exposición ni después de ella, como lo marca la norma.

Una vez concluida la segunda prueba, se obtuvo como resultado después de 1300 horas se alcanzó la categoría de 25 B, esta probeta no presento ningún tipo de ampollamineto, reblandamiento, agrietamiento y ningún tipo de deterioro como lo indica la norma, durante la exposición ni después de ella.

Nota: Los impermeabilizantes que no entren al menos en la categoría del tipo 0 B no se consideran impermeabilizantes elastoméricos.

De acuerdo a lo anterior se obtuvo como resultado que el contar con un equipo que simule las condiciones causadas por el tiempo, temperatura, agua. Se pudo observar que no presento ningún daño mientras estuvo la probeta en la lámpara UV ni después de ello. Sin embargo y desafortunadamente esto es un indicativo de como el impermeabilizante al ser expuesto en la lámpara UV se comportará a la intemperie, ya que no es un resultado contundente ni indica la realidad, desafortunadamente existe mucha controversia en los resultados obtenidos en la lámpara UV y lo observado en la realidad.

## **Capítulo 8**

### **Conclusión y trabajo a futuro.**

Con base en el análisis de resultados y bases teóricas de esta investigación, se logró el objetivo esperado y se llegó a la conclusión de que el impermeabilizante ecológico a base de cal y sebo de toro cumple con dos de los tres lineamientos analizados acorde a lo que dicta la norma NMX-C450-ONNCCE-2019. De acuerdo a los datos obtenidos de las pruebas que se le realizaron se puede definir que el impermeabilizante cumple con los parámetros de un producto comercial.

Se puede concluir que, en la prueba de la viscosidad al aumentar la temperatura la viscosidad presenta un adelgazamiento viscoso y a una temperatura menor se obtuvo que la viscosidad es menor, esto tiene como resultado que a una temperatura ambiente este tendría un secado rápido que un producto comercial.

Se concluye con respecto en la prueba de interperimos acelerado que esta no ningún tipo de deterioro, cambio o efecto negativo durante la exposición ni después de ella, pero no se logró alcanzar la prueba de elongación, ya que los materiales utilizados en la realización del impermeabilizante ninguno contiene un polímero y esto hace que no tenga una elasticidad.

Finalmente, es importante que se le sigan realizando pruebas al impermeabilizante para lograr una mejora continua y en un futuro obtener un agente que pueda ser elastómero y obtener un polímero natural. Así mismo poder llegar a cumplir con todos los parámetros establecidos para poder sustituir a un impermeabilizante industrial, esto mediante los equipos apropiados para así poder llegar a obtener resultados más precisos.

## **Referencias bibliográficas.**

### **Referencias**

- [1] Rodríguez Prieto, C. A., & Peña Guzmán, J. A. (2019). *Pintura ecológica para mejoramiento de muros exteriores de tapia pisada*. Bogotá D. C
- [2] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. (15 de Noviembre de 2019). Obtenido de [www.onncce.org.mx](http://www.onncce.org.mx)
- [3] *Home Solution*. (24 de Septiembre de 2020). Obtenido de Home Solution: <https://homesolution.net>
- [4] Squinzi, R. (21 de Septiembre de 2021). *Mapei*. Obtenido de Mapei: <https://www.mapei.com>
- [5] Vilamala, I. J. (14 de Diciembre de 2007). *Canales Sectoriales*. Obtenido de Canales Sectoriales: <https://www.interempresas.net>
- [6] Lugardo González, E. d. (2022). *ropuesta de Plan de pruebas para determinar el nivel de calidad de una pintura base cal para impermeabilización*. Puebla: Publicaciones BUAP.
- [7] Garcia, A. K. (19 de Diciembre de 2018). *El economista*. Obtenido de El economista: <https://www.eleconomista.com.mx>
- [8] Ortín, G., Lleal, J., Valdivieso, E., & Sala, D. (2020). *Protección e impermeabilización con cal en la restauración de albañilería*. España.
- [9] Tovar Alcázar, R. (2009). *La cal en la arquitectura bioclimática*. Tamaulipas
- [10] *conama10.es*. (17 de Septiembre de 2015). *conama10.es*. Obtenido de *conama10.es*: <https://www.conama10.es>
- [11] México, C. L. (15 de Enero de 2020). *Cuidado con la piel*. Obtenido de ¿Que es y para que sirve el acido estéarico?: <https://www.conjuntolar.com>
- [12] México, C. L. (28 de Enero de 2020). *Cuidado de la piel*. Obtenido de ¿Que es el acido oleico y cuales son sus usos?: <https://www.conjuntolar.com>
- [13] Fernandez, C. U. (25 de Septiembre de 2010). *Las grasas o lipidos*. Obtenido de Las grasas o lipidos: <https://zonahospitalaria.com>
- [14] Uriarte, J. M. (29 de Septiembre de 2022). *Moléculas*. Obtenido de Humanidades: <https://humanidades.com>
- [15] Koppmann, M. (Junio-Julio de 2013). *Emulsiones*. Obtenido de Emulsiones: [https://cienciahoy.org.ar/wp-content/uploads/Revista\\_133\\_Emulsiones.pdf](https://cienciahoy.org.ar/wp-content/uploads/Revista_133_Emulsiones.pdf)

**Anexos**

**Anexo A. Obtención de los datos experimentales de la viscosidad a la temperatura de 313.15 K.**

*Anexo A. Datos experimentales de la viscosidad a temperatura de 313.15 K.*

Turno	Tiempo ( s )	Velocidad ( $\frac{m}{s}$ )	Viscosidad ( $\frac{Kg}{m \cdot s}$ )
1	23.24	0.004	46.72
2	23.03	0.004	46.36
3	21.09	0.005	42.4
4	21.62	0.004	43.46
5	22.87	0.004	45.93
6	21.38	0.004	42.98
7	21.76	0.004	43.74
8	20.75	0.005	41.71
9	22.93	0.004	46.10
10	21.76	0.004	43.75
11	20.76	0.005	41.73
12	21.23	0.004	42.78
13	20.07	0.005	40.35
14	22.03	0.004	44.29
15	22.02	0.004	44.27
16	23.03	0.004	46.30
17	20.72	0.005	41.65
18	20.54	0.005	41.29
19	21.32	0.004	42.86
20	20.9	0.005	42.01

**Anexo B. Obtención de los datos experimentales de la viscosidad a la temperatura de 318.15 K.**

*Anexo B. Datos experimentales de la viscosidad a temperatura de 318.15 K.*

Turno	Tiempo ( s )	Velocidad ( $\frac{m}{s}$ )	Viscosidad ( $\frac{Kg}{m \cdot s}$ )
1	10.54	0.009	21.19
2	11.53	0.009	23.18
3	10.4	0.01	20.91
4	10.01	0.01	20.12
5	10.01	0.01	20.52
6	12.23	0.008	24.59
7	10.25	0.01	20.61
8	11.25	0.009	22.62
9	11.3	0.009	22.72
10	10.13	0.01	20.36
11	12.21	0.008	24.55
12	10.02	0.01	20.14
13	11.87	0.008	23.86
14	12.02	0.008	24.16
15	11.13	0.009	22.37
16	10.22	0.01	20.54
17	12.31	0.08	25.75
18	11.43	0.09	22.98
19	10.23	0.01	20.56
20	10.88	0.009	21.87

**Anexo C. Obtención de los datos experimentales de la viscosidad a la temperatura de 323.15 K.**

*Anexo C. Datos experimentales de la viscosidad a temperatura de 323.15 K.*

Turno	Tiempo ( s )	Velocidad ( $\frac{m}{s}$ )	Viscosidad ( $\frac{Kg}{m \cdot s}$ )
1	8.03	0.012	16.14
2	7.58	0.013	15.24
3	7.87	0.013	15.82
4	8.14	0.012	16.36
5	7.93	0.013	15.94
6	7.16	0.014	14.39
7	7.32	0.014	14.72
8	8.03	0.013	16.14
9	8.12	0.012	16.32
10	7.45	0.014	14.98
11	7.76	0.013	15.6
12	8.07	0.012	16.22
13	7.08	0.013	15.68
14	7.87	0.013	15.82
15	8.35	0.012	16.79
16	7.94	0.013	15.96
17	7.65	0.013	15.38
18	8.1	0.012	16.28
19	7.3	0.014	14.67
20	7.65	0.014	15.38

**Anexo D. Obtención de los datos experimentales de la viscosidad a la temperatura de 328.15 K.**

*Anexo D. Datos experimentales de la viscosidad a temperatura de 328.15 K*

Turno	Tiempo ( s )	Velocidad ( $\frac{m}{s}$ )	Viscosidad ( $\frac{Kg}{m \cdot s}$ )
1	4.98	0.020	10.01
2	5.02	0.021	10.09
3	4.93	0.021	9.91
4	5.3	0.019	10.65
5	5.16	0.020	10.37
6	5.03	0.020	10.11
7	5.13	0.020	10.35
8	4.98	0.021	10.01
9	5.96	0.019	10.57
10	4.94	0.021	9.93
11	5.31	0.019	10.67
12	4.89	0.021	9.83
13	5.16	0.020	10.37
14	5.24	0.019	10.53
15	5.07	0.020	10.19
16	4.96	0.021	9.97
17	5.21	0.019	10.47
18	5.25	0.019	10.55
19	5.08	0.020	10.21
20	5.18	0.020	10.41

**Anexo E. Obtención de los datos experimentales de la viscosidad a la temperatura de 333.15 K.**

*Anexo E. Datos experimentales de la viscosidad a temperatura de 333.15 K*

Turno	Tiempo ( s )	Velocidad ( $\frac{m}{s}$ )	Viscosidad ( $\frac{Kg}{m \cdot s}$ )
1	4.22	0.024	8.48
2	4.53	0.022	9.11
3	4.51	0.023	9.07
4	4.6	0.022	9.25
5	4.85	0.021	9.75
6	4.61	0.022	9.27
7	3.96	0.026	7.96
8	4.42	0.023	8.89
9	4.38	0.023	8.8
10	4.02	0.025	8.08
11	3.78	0.027	7.6
12	4.15	0.025	8.34
13	3.87	0.026	7.78
14	3.8	0.027	7.64
15	3.66	0.028	7.36
16	4.37	0.023	8.78
17	4.06	0.025	8.16
18	3.87	0.026	7.78
19	3.76	0.027	7.56
20	3.72	0.028	7.48

**Anexo F. Obtención de los datos experimentales de la viscosidad a la temperatura de 338.15 K.**

*Anexo F. Datos experimentales de la viscosidad a temperatura de 338.15 K*

Turno	Tiempo ( s )	Velocidad ( $\frac{m}{s}$ )	Viscosidad ( $\frac{Kg}{m \cdot s}$ )
1	3.5	0.029	7.04
2	3.5	0.029	7.04
3	3.8	0.027	7.64
4	3.27	0.031	6.57
5	3.4	0.03	6.83
6	3.13	0.033	6.29
7	3.28	0.031	6.59
8	3.73	0.027	7.5
9	3.28	0.031	6.59
10	3.53	0.029	7.10
11	3.22	0.032	6.47
12	3.4	0.03	6.83
13	3.15	0.033	6.33
14	3.53	0.029	7.1
15	3.5	0.029	7.04
16	3.25	0.032	6.53
17	3.47	0.029	6.98
18	3.86	0.026	7.76
19	3.26	0.031	6.56
20	3.41	0.03	6.85

### Anexo G. Resultados de análisis estadístico obtenidos empleando el método LSD de Fisher

*Anexo G. Resultados de análisis estadístico obtenidos empleando el método LSD de Fisher.*

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
viscosidad	2	114.72	57.36	228.1 <2e-16 ***
Residuals	57	14.34	0.25	

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes.

Temperatura (K)	Promedio	Grupos
328.15	10.260	a
333.15	8.357	b
338.15	6.882	c