

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**"CREACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN DE MATERIAL ECOLÓGICO-
SUSTENTABLE PARA LA CONSTRUCCIÓN HECHO A BASE DE RESINA DE
PINO DE LA REGIÓN DE CHERÁN"**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JUAN CARLOS GUERRERO JERONIMO

ASESOR DE TESIS:

NOEL DÍAZ GONZÁLEZ

CODIRECTOR INTERNO:

JUDITH ALEJANDRA VELÁZQUEZ PÉREZ

CODIRECTOR EXTERNO:

JOSÉ TRINIDAD PÉREZ QUIROZ

MORELIA, MICHOACÁN, OCTUBRE DEL 2022

RESUMEN

En la siguiente investigación se presentan el desarrollo de los procesos que se emplearon para llegar al resultado final el cual es: la creación de un nuevo material destinado a la construcción. Elaborado principalmente de resina de pino extraída de los bosques de pino de la comunidad indígena de Cherán, Michoacán. Comunidad dedicada a la extracción de resina, al cuidado del bosque y del medio ambiente.

La resina de pino cuenta con grandes propiedades químicas las cuales son amigables con el medio ambiente, además de ser un producto completamente renovable, sustentable e impulsadora de la economía, ya que muchas familias dependen económicamente de su extracción.

El material desarrollado es un material con capacidades mecánicas muy interesantes, así como capacidades físicas que presenta a lo largo de las diferentes pruebas. La resistencia a la compresión es su principal atractivo, puesto que, es obtenida a partir de las 24 horas de su elaboración superando los 300 kg/cm², misma que es mantenida a edades tempranas (60 días), su apariencia física puede ser muy moldeable en la forma que se deseé, así mismo, cuenta con capacidades de resistividad eléctrica muy altas, indicando la escases de poros dentro del material.

Actualmente no se encuentra ninguna investigación o producto a base de resina de pino dentro del mercado, siendo esta la primera en desarrollar un producto con capacidades mecánicas elaborado a base de resina de pino, con lo cual se pretende ayudar en el consumo excesivo de materiales de construcción que conllevan sofisticados procesos químicos tal es el caso del cemento, de igual forma se pretende auxiliar en el consumo de asfalto el cual es un material no renovable, así mismo, contribuir con el cuidado del bosque y reactivar la economía de los campesinos dedicados a este gran labor de extracción de resina de pino.

Palabras clave: Resina de pino, economía, resistencia, reforestación, asfalto.

ABSTRACT

In the following investigation, the development of the processes that were used to reach the final result, which is: the creation of a new material for construction, is presented. Made mainly from pine resin extracted from the pine forests of the indigenous community of Cherán, Michoacán. Community dedicated to resin extraction, caring for the forest and the environment.

Pine resin has great chemical properties that are friendly to the environment, in addition to being a completely renewable, sustainable and economic boosting product, since many families depend economically on its extraction.

The developed material is a material with very interesting mechanical capacities, as well as physical capacities that it presents throughout the different tests. The compressive strength is its main attraction, since it is obtained after 24 hours of its elaboration, exceeding 300 kg/cm², which is maintained at an early age (60 days), its physical appearance can be very moldable. in the desired way, likewise, it has very high electrical resistivity capacities, indicating the scarcity of pores within our material.

Currently there is no research or product based on pine resin in the market, this being the first to develop a product with mechanical capabilities made from pine resin, which is intended to help in the excessive consumption of building materials. construction that involve sophisticated chemical processes such as cement, in the same way it is intended to help in the consumption of asphalt which is a non-renewable material, likewise, contribute to the care of the forest and reactivate the economy of the peasants dedicated to this great work of extracting pine resin.

Keywords: Pine resine, economy, resistance, reforestation, asphalt.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- OBJETIVOS.....	1
1.1.1.- OBJETIVO GENERAL	1
1.1.2.- OBJETIVOS PARTICULARES	1
1.2.- HIPÓTESIS.....	1
1.3.- JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4.- INTRODUCCIÓN	4
CAPITULO 2.- MARCO TEÓRICO	7
2.1.- ANTECEDENTES.....	7
2.1.1.- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y SU IMPACTO AMBIENTAL	8
2.1.1.1.- MATERIALES RENOVABLES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN	10
2.1.1.2.- INGENIERÍA SUSTENTABLE	12
2.1.2.- RESINA DE PINO EN CHERÁN, MICHOACÁN, MÉXICO.	14
2.1.3.- USO DEL AGUA EN LA CONSTRUCCIÓN.....	18
2.1.4.- AGREGADOS PÉTREOS EN LA CONSTRUCCIÓN	19
2.1.5.- HISTORIA DEL CEMENTO	20
2.2.- MATERIALES ECOLÓGICOS-SUSTENTABLES PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	22
2.2.1.- MADERA.....	22
2.2.2.- BAMBÚ	24

2.2.3.- ADOBE	25
2.3.- PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES (PFNM)	27
2.3.1.-PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES (PFNM)	28
2.3.2.- RESINA DE PINO EN EL MUNDO	29
2.3.3.- QUE ES LA RESINA DE PINO	30
2.3.4.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA RESINA DE PINO.....	31
2.3.5.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA BREA DE PINO.	31
2.3.6.- MÉTODOS DE EXTRACCIÓN EN MÉXICO	31
CAPITULO 3.- DESARROLLO EXPERIMENTAL PRELIMINAR DE INVESTIGACIÓN.	33
3.1.- MEZCLAS QUE SOLIDIFICARON A LA RESINA DE PINO:.....	33
3.2.- DISEÑO DE MEZCLA A BASE DE RESINA DE PINO EN SU ESTADO NATURAL, CAL Y ARENA.....	37
3.3.- ADICIÓN DE RESINA DE PINO A UNA MEZCLA DE MORTERO CONVENCIONAL.	47
3.4.- MEZCLAS DE MORTERO ADICIONADAS CON EL PRODUCTO DE LA TRITURACIÓN DE LA BREA DE PINO.....	53
3.5.- MEZCLAS DE MORTERO ADICIONADAS CON RESINATO DE SODIO....	57
3.6.- DISEÑO DE MEZCLAS DE MORTERO CON ADICIÓN DE POLÍMEROS DE RESINA DE PINO	59
3.7.- MEZCLAS CON POLÍMERO HECHO CON RESINA DE PINO.	68

CAPITULO 4.- PRUEBAS FÍSICO - MECÁNICAS, PRUEBAS DESTRUCTIVAS Y NO DESTRUCTIVAS	80
4.1.- ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CON MEDIDAS DE 5 X 5 X 5 CM DE ACUERDO A LAS MEZCLAS DEFINIDAS.	80
4.2.- RESISTIVIDAD ELÉCTRICA (NMX-C-514-ONNCCE-2016)	81
4.3.- GRAVEDAD ESPECÍFICA (ASTM C127-04).....	84
4.4.- COMPRESIÓN SIMPLE (NMX-C-083-ONNCCE-2014)	86
4.5.- ATAQUE POR SULFATOS (NMX-C-075-ONNCCE-2018).....	88
CAPITULO 5.- RESULTADOS Y DISCUSIONES	94
5.1.- RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	94
5.2.- GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	97
5.3.- COMPRESIÓN SIMPLE	98
5.4.- ATAQUE POR SULFATOS.....	101
CAPITULO 6.- CONCLUSIONES	105
BIBLIOGRAFÍAS.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Cantidades de material implementado para la mezcla numero 7	37
Tabla 2.- Mezcla M1.....	37
Tabla 3.- Mezcla M2.....	40
Tabla 4.- Mezcla M3.....	40
Tabla 5.- Primeros datos de esfuerzo a compresión obtenidos.	41
Tabla 6.- Cantidades de las siguientes mezclas propuestas.	43
Tabla 7: Esfuerzo a compresión.....	44
Tabla 8.- Esfuerzo a compresión	46
Tabla 9.- Cantidades de material para mortero a utilizar en especímenes testigos	47
Tabla 10.- Proporciones para primera mezcla de mortero adicionada con resina de pino	48
Tabla 11.- Proporciones para mezcla M9	49
Tabla 12.- Resultados de la resistencia a la compresión:	49
Tabla 13.- Su nuevo formato presenta la adicción de resina caliente	51
Tabla 14.- Cantidades de material para mezcla M12	52

Tabla 15.- Materiales para mezcla M13 y M14	54
Tabla 17.- cantidades para elaboración de un resinato de sodio	57
Tabla 18.- Contenido de mezcla M15 y M16.....	60
Tabla 19.- Contenido de diferentes mezclas.....	63
Tabla 20.- Mezclas M25 y M26	69
Tabla 21: Contenido de mezclas M27, M28, M29	70
Tabla 22.- Contenido mezclas M30 y M31	72
Tabla 23.- Resistencias de la mezclas M31 y M32	74
Tabla 24.- Elaboración de diferentes Mezclas y su resistencia.....	75
Tabla 25.- Mezclas con correcciones en los moldes y la forma de vaciado.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Se observa, en la parte central, el barrasco con un color blanco uniforme.	3
Figura 2.- Ubicación de Cherán dentro del territorio de Michoacán.	15
Figura 3.- Captador de agua pluvial más grande de América latina, ubicado en la cima del cerro "kukundikata" en el municipio de Cherán, Michoacán, México.	16
Figura 4.- Bosque de Cherán, ecosistema donde predominan especies como el pino y encino.....	23
Figura 5.- Especie de bambú (CONAFOR, 2020)	25
Figura 6.- Casa hecha con adobe, ubicada en Cherán, siendo una de las pocas construcciones con adobe que han sobrevivido dentro del pueblo.	26
Figura 7.- Primera muestra solidificada de resina de pino perteneciente a la mezcla 3 que contempla: resina de pino + arena + cal	35
Figura 8.- Se puede observar la superficie húmeda a los pocos minutos después de colar.	38
Figura 9.- Pasado una hora el material ya contaba con un endurecimiento el cual permitía que se desmoldara fácilmente sin perder su estado físico.....	39
Figura 10.- Se puede apreciar en el bote amarillo (parte derecha-9 la resina con el contenido orgánico en exceso, de lado izquierdo se encuentra la resina pre colada cambiando a un color blanco que caracteriza a la resina de pino.....	42

Figura 11 Se pretende que con la temperatura del agua la solidificación que pueda producirse se lleve a una mayor velocidad.	45
Figura 12.- La mezcla M8 presenta una menor fluidez a la mezcla de los especímenes testigos.	49
Figura 13.- Se observa la solidificación de la resina de pino, convirtiéndose en brea.....	51
Figura 14.- Se identifica los restos de la resina solidificada, proceso en el cual se obtiene una solidificación conocida e identificada como brea.	52
Figura 15.- Fibras que se obtuvieron a partir de la resina de pino y su choque térmico con la mezcla de mortero.	53
Figura 16.- Molienda de la brea de pino.....	54
Figura 17.- Superficie de los especímenes con adicción de brea molida.....	55
Figura 18.- Mezcla puesta al fuego por 2 ocasión.....	58
Figura 19.-Resinato de sodio terminado	58
Figura 20.- Mezcla M16 solidificada dentro del contenedor.	61
Figura 21.- La mezcla M16 aparenta al cemento portland ordinario.	62
Figura 22.- Resultados de la mezcla M19, M0, M21, M22, M23, M24	65
Figura 23.- Mezcla con piedra solidificada.	67
Figura 24.- Carga soportada en la prensa hidráulica ya solidificada el espécimen	67

Figura 25.- Carga soportada de mezcla M25.....	69
Figura 26.- Acabado de la mezcla M25.....	69
Figura 27.- Mezcla M27 después de haber sido probada en la prensa hidráulica.	71
Figura 28.-Mezcla M31 después de su prueba.	73
Figura 29.- Cabeceado de especímenes con yeso.	73
Figura 30.- Mezclas cubiertas de papel con la función que nuestro polímero no se adhiera a las paredes del molde.	81
Figura 33.- Especímenes sumergidos en agua a temperatura ambiente.....	83
Figura 34.- Equipo conectado para la lectura de resistividad eléctrica.	84
Figura 35.- Lecturas arrojadas por el quipo de resistividad eléctrica.	84
Figura 36.- Mezclado constante con intervalos para evitar el sobrecalentamiento del sulfato de sodio.	90
Figura 37.- Colocación de los especímenes en un contenedor de plástico y con tapa para evitar la evaporización del sulfato de sodio.....	91
Figura 38.- Saturación de los especímenes sobrepasando su altura.....	91
Figura 39.- Secado de los especímenes después de su saturación en sulfato de sodio. Figura 40.- Especímenes pasado un lapso de 5 minutos, se observa un ligero cambio en su color.	92
Figura 41.- Formación del sulfato de sodio un vez que el espécimen este completamente seco.	93

Figura 42.- Espécimen dañado que representa la capacidad impermeable que este material posee..... 94

Figura 31 Falla representativa de las mezclas 1 y 2 .
Figura 32.- falla representativa de la mezcla 3.....101

DEDICATORIAS

Con especial dedicatoria a mis abuelitos **Santiago, Carolina y Hermelinda** que partieron en el transcurso de esta investigación, gracias por todo, un abrazo hasta el cielo abuelitos ¡lo logramos! ¡La resina es lo mejor que existe!

A mi abuelito **Abraham**, por todas sus bendiciones, buenos deseos y que por fortuna me vera como ingeniero.

A mis increíbles padres, **Ma. Guadalupe Jeronimo Leco y Salvador Guerrero Romero**, las personas que me han enseñado a luchar y aferrarme a mis sueños, mis pilares en esta vida, las dos personas que siempre creerán en mí y en mis sueños, gracias por tanto padres, jamás tendré como agradecerles todo el apoyo, los quiero mucho, son los mejores.

A mi hermana **Nayeli Guerrero Jeronimo**, parte fundamental en esta investigación. A demás de ser una increíble hermana serás una increíble QFB, ¡estoy seguro que la mejor! Gracias por ser mi hermana, ¡eres increíble!

A mi hermano **Salvador Guerrero Jeronimo** y su increíble familia, hermano eres un gran ejemplo a seguir, gracias por tan buenos consejos, por estar siempre para mí y por regálanos la fortuna de convivir con tu gran familia y esos dos pequeños que queremos tanto, José y Salvador.

A mis amigos **Sergio Estrada García e Iván López Pérez**, grandes amigos y personas que hicieron de la universidad un lugar increíble, por todos esos momentos juntos, por todas esas anécdotas y por ese gran equipo que formamos juntos.

A dios, mis santos y al bosque de Cherán que me han acompañado durante estos 24 años, gracias por ponerme en este lugar, en este momento, por esta increíble vida llena de cosas buenas.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor **M.I. Noel Díaz González** por creer en esta idea y abrirme las puertas del laboratorio de materiales, por todo el tiempo invertido en esta investigación, cada consejo y toda la ayuda que he recibido de su parte, por ese entusiasmo contagioso para seguir adelante y por ser una gran persona que se preocupa ayudando a quien lo necesita.

Al **Dr. Ramiro Silva Orozco**, por creer en mí y en esta gran idea, por sus grandes ánimos, sus buenos deseos, por el interés que ha puesto en esta investigación desde un inicio, por cada uno de sus consejos que han ayudado a que esta investigación tenga un enfoque y un gran sentido, gracias por siempre ayudar.

A la **M.I. Sandra del Carmen Arguello Hernández** por todos sus consejos y la formulación de todas las pruebas realizadas, por su gran conocimiento aplicado en las pruebas mecánicas, por ser una increíble persona, por el interés que ha puesto a este gran proyecto.

Al **M.I.T Cipriano Bernabé Reyes** por el asesoramiento en dudas a lo largo del proceso de investigación, por su gran amistad y el gran interés de siempre ayudar.

A la ingeniera **Sonia Aguilera Juárez** jefa de laboratorio de ingeniería sanitaria y ambiental, por el apoyo en los diversos análisis en el agua empleada, por sus buenos consejos y por el apoyo brindado en diferentes hipótesis formuladas.

A la **Facultad de ingeniería civil** y su personal académico por brindarme todo su conocimiento a lo largo de 5 años, por formarme académicamente y poner todo el empeño en querer construir un mundo diferente formando buenos ingenieros cada año.

Al laboratorio de materiales "Ing. Luis Silva Ruelas" por el uso de sus instalaciones y equipo, mismo que fue utilizado para el desarrollo de todas las pruebas físico - mecánicas.

CAPITULO 1.- INTRODUCCIÓN.

1.1.- OBJETIVOS

1.1.1.- OBJETIVO GENERAL

Crear un producto sustentable a base de un material ecológico renovable de resina de pino, para su uso en la construcción, con características mecánicas similares al asfalto y al concreto, con un bajo impacto ambiental y que sea amigable con el medio ambiente.

1.1.2- OBJETIVOS PARTICULARES

Analizar el comportamiento mecánico de la resina de pino en conjunto con otros materiales para su uso en la construcción de obra civil.

Conocer el impacto ambiental, social y económico del uso de la resina de pino como material de construcción en obras de ingeniería.

Establecer una comparativa costo-beneficio de la resina de pino frente al concreto hidráulico y al concreto asfáltico.

Crear un material resistente, durable y amigable con el medio ambiente con características físico-mecánicas idóneas para aplicarse en pavimentos.

Generar una gran fuente de empleo para diversas comunidades encargadas de la extracción de la resina de pino, principalmente en la región de Cherán, Michoacán.

Concientizar al ser humano del gran impacto positivo que tiene el bosque sobre la producción de estos recursos naturales, así mismo, el impacto que tiene al reducir los niveles de contaminación y demás beneficios al planeta tierra.

1.2.- HIPÓTESIS

Nací y crecí en una familia dedicada a la extracción de la resina de pino, mis abuelos desarrollaron esta actividad en la mayor parte de su vida siendo un sustento económico para la familia de ahí mi padre y madre adquieren la habilidad de este grandioso trabajo que es el ser resinero.

Durante varios años pude convivir con la resina, el poder verla, olerla y tratarla con las manos hizo que surgieran varias preguntas, dos de ellas fueron: ¿porqué de su adherencia? ¿cómo llega a un estado sólido?

Al paso de los años observe un subproducto de la resina de pino, conocido como barrasco (figura 1) dentro de la región de Cherán, en palabras ambiguas se le conoce como barrasco a la resina que no alcanza a bajar al recipiente de recolección y que se queda adherida a la corteza del árbol, que con el paso del tiempo y de factores como el viento, la exposición total al medio ambiente hacen que esa resina vaya secando poco a poco y quede completamente seca a lo largo de la corteza del árbol asimilándose a una secreción.

Este proceso de solidificación en donde la resina pasa de su estado líquido a estado sólido con templa un lapso de tiempo aproximado de 30 a 45 días, pasado los días se puede proceder a su recolección, para ello se ocupa de una espátula, para poder despegarlo se requiere aplicar fuerza y pequeños golpes para desprenderla de la corteza y así pueda seguir drenando más resina de pino.

Este proceso de solidificación y recolección del barrasco hicieron que lo observara con detenimiento y a detalle, puesto que, el barrasco presentaba características de rigidez al tacto y a simple vista se puede comparar con una especie de roca sólida, la textura que presenta es completamente lisa lo cual nos indica que tiene mayor densidad esto hace que no tenga ningún poro y que probablemente sea muy impermeable al agua.

El barrasco hizo que aun más preguntas surgieran en mi para llegar a un cuestionamiento final el cual fue ¿se puede producir un material a base de resina de pino que su mayor característica sea una gran resistencia y cuente con una textura impermeable?

Observando, conociendo la resina de pino y generándome mayores preguntas sobre las capacidades que esta posee impulso aún más la inquietud de utilizar la resina de pino para crear un producto que tenga una función eficaz dentro de la construcción, gracias a que pude observar el barrasco y su gran capacidad de adquirir dureza con el paso de los días se creó en mi la necesidad de desarrollar un producto con las mismas capacidades de dureza que el barrasco presentaba.

Sin embargo, la falta de información sobre un producto con propiedades mecánicas y elaborado a base de pino complicarían la investigación, a de más de enfrentarnos a un reto más, las temperaturas altas, ya que la resina de pino tiende a ponerse en un estado completamente líquida solo con el hecho de que el sol aplique directamente en ella.



Figura 1- Se observa, en la parte central, el barrasco con un color blanco uniforme.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

Uno de los retos de mayor importancia para los ingenieros civiles es la reducción del impacto ambiental de las obras ingenieriles que se llevan a cabo, ya que los materiales que se utilizan en la construcción de toda obra civil implican diversos procesos a la hora de su elaboración y creación, desde la fabricación del cemento portland, cemento asfáltico, acero, tabiques. Dicho proceso de fabricación presenta un impacto negativo al medio ambiente y generando grandes toneladas de contaminantes a la atmósfera, contaminantes que contribuyendo al cambio climático y al efecto invernadero.

Durante los últimos años, los seres humanos se han esforzado por crear materiales que disminuyan el impacto ambiental negativo en su proceso de fabricación, dando lugar a los materiales sustentables, así mismo al proceso de reciclado, rehusó y reutilización de los materiales.

Es de suma importancia el estudio factible sobre la creación de nuevos materiales auto sustentables, con recursos renovables y que sean amigables con el medio ambiente. Es por esto que el presente estudio busca una alternativa para crear un producto eco-ambiental que se utilice en la construcción de obra civil y así hacer frente al deterioro ambiental, utilizando como materia prima la resina de pino y materiales pétreos de la región de Michoacán.

1.4.- INTRODUCCIÓN

Atraves del tiempo el hombre ha creado, desarrollado e innovado variedad de objetos, utensilios y productos, mayoría que han beneficiado en gran medida al ser humano en su convivencia con el planeta tierra día con día, muchos de ellos haciendo más fácil alguna tarea a realizar, en este caso la construcción.

La construcción nace de la necesidad del ser humano por protegerse de todas las inclemencias climáticas que los acechaban día con día, desde temperaturas muy elevadas a temperaturas extremadamente bajas, con ello se dieron lugar a la construcción de pequeñas chozas las cuales cumplían con la función de protección como la mencionada anteriormente, de animales peligrosos o el simple hecho de descansar, si bien, la construcción de estas pequeñas chozas no era de

un perfecto estado y arquitectónico, la primeras en construirse estaban elaboradas de piedras y ramas que con el paso del tiempo fueron innovándose de acuerdo a las necesidades que el hombre presentaba.

Dentro de México la creación de las pirámides del sol y la luna (Teotihuacán) marcan un gran parámetro en la innovación y desarrollo de la construcción, estas pirámides son el mayor ejemplo de la capacidad de desarrollo e innovación que el ser humano ha tenido dentro de la construcción, a de más de las pirámides, la construcción que se desarrolló dentro de los diferentes centros piramidales resalta la precisión en la que fueron construidas.

A sí mismo, las diferentes culturas y civilizaciones que se encontraron en México (Aztecas, Mayas, Olmecas, Purépechas, entre muchas más) nos dan indicios sobre la gran capacidad de construcción que tuvieron, desde grandes calzadas elaboradas a base de piedras que sirvieron como principales vías de comunicación, así como la construcción de acueductos que llevaron a la solución de muchos de los problemas que surgían día con día.

A lo largo de la historia, la construcción se ha ido desarrollando e innovando a través del tiempo a lo que ahora en día conocemos, sin embargo, sigue prevaleciendo varias cosas alguna de ellas el uso de materias que hoy en día son la principal base dentro de la nueva construcción, sin duda alguna los seres humanos seguiremos desarrollando esta gran actividad.

A demás de la construcción, los seres humanos desarrollaron con el tiempo variedad de productos que han facilitado la construcción, un producto de ellos es el cemento, producto que ha beneficiado en gran medida al desarrollo de la construcción en todo el mundo, que ayuda a que el ser humano cuente con un hogar y que además de un hogar pueda satisfacer las necesidades de primera como lo son: escuelas, fabricas, vías de comunicación, hospitales, edificios, obras hidráulicas como presas, entre otros muchos más beneficios, así como cemento ha innovado mucha infraestructura que ha ayudado al ser humano, también lo han hecho diferentes materiales como: asfalto, yeso. O algunos productos químicos

que han innovado la forma de construir como: retardante para el concreto, acelerante, variedad de aditivos químicos.

El cemento y demás productos de construcción, así mismo la construcción, se han encargado de dañar exponencialmente a todos los ecosistemas del planeta tierra, dañando no solo la capa de ozono con los gases de efecto invernadero que estos producen, si no con todo el proceso que con lleva la elaboración de los materiales empleados dentro de la construcción, así mismo el uso desmedido de los productos forestales que han llevado a enfrentar diferentes crisis como la escases del agua.

Sin embargo, siempre se puede contar con una alternativa sustentable, una idea innovadora con un producto capaz de resolver tareas como la disminución de componentes químicos que dañan al ser humano, a de más de ello productos que cuenten con una sostenibilidad verde, que no dañen al planeta tierra y que colaboren a un sentido de urgencia por cuidar el medio ambiente, por cuidar el bosque, pero sobre todo por cuidar la construcción que es la principal fuente de desarrollo para el ser humano.

La resina de pino es el material ideal para combatir esta contaminación que los materiales producen, debido a que la resina de pino es la base dentro de algunos productos como lo son la brea y el aguaras, dos productos que son utilizados dentro de la industria de alimentos, adhesivos e impermeabilizantes, sin embargo, dentro del mercado de la construcción no se encuentra algún tipo de material que se encuentre elaborado a base de resina de pino.

La resina de pino es un producto que si llega a crearse una alta demanda ayudara a la reforestación de todos nuestros bosques que poco a poco han ido cayendo a consecuencia del mal manejo de los recursos forestales por parte del ser humano.

A continuación, se presenta una nueva alternativa como material para construcción, material con características auto - sustentables y con capacidades físico - mecánicas en positivas en el uso de la construcción y que con ello

podemos presentar una nueva alternativa para construir y todo esto a base de la grandiosa resina de pino.

CAPITULO 2.- MARCO TEÓRICO

2.1.- ANTECEDENTES

2.1.1.- IMPACTO AMBIENTAL QUE PRODUCE LA CONSTRUCCIÓN

Hablar de construcciones y obras ingenieriles realizadas por ingenieros civiles, arquitectos y demás personal que contribuyen a la construcción de cada edificación u obra ingenieril en general (puentes, carreteras, edificación, presas, etc.,...) es hablar sobre el impacto positivo que tiene cada construcción a nivel social y económico, datos obtenidos por el IMT (instituto mexicano del transporte) México cuenta con un total de 780,511 kilómetros de infraestructura vial con su última actualización en el año 2020, esta infraestructura vial ha hecho que la economía crezca dentro del país cada día, y aun mejor, la mayor parte del país esta comunicada, lo cual facilita desplazarse de forma cómoda de un lugar a otro.

No cabe duda que la construcción es un sector muy importante dentro del crecimiento del país, la construcción de escuelas, edificios, hospitales, supermercados, etc. Han facilitado y mejorado la calidad de vida de cada ser humano, de no contar con ningún tipo de construcción el desarrollo de nuestro país presentaría un panorama complicado.

La construcción es una práctica muy importante en México puesto que cifras emitidas por el INEGI en el año 2018 existía una cifra de 676,301 trabajadores dedicados a la construcción de los cuales el 87% eran hombres mientras que el 13% eran mujeres, la construcción es uno de las principales fuentes de empleo siendo uno de los sectores principales que impulsan la economía mexicana. **(INEGI, 2018)**

Por desgracia la construcción no solo genera un impacto positivo si no también genera uno negativo, la construcción genera un impacto en el ambiente, durante todo el ciclo de vida de la edificación u obra construida, a través del uso de suelo y del paisaje, de la extracción de recursos naturales y materias primas, de la generación de residuos y contaminación en diferentes puntos (agua, suelo, aire, etc..). **(Acosta, 2009)**

La extracción indiscriminada e inmoderada de recursos naturales extraídos de diversos ecosistemas tiene diversas consecuencias negativas sobre el medioambiente. Las reservas de recursos no renovables, como la minería y los recursos renovables, como la madera, conlleva entre otros, efectos indeseables sobre el medio natural como el agotamiento de las fuentes de recursos hídricos, cambio climático, cambio de uso de suelo y entre otros efectos negativos que atrae el consumo excesivo de estos recursos. **(Acosta, 2009)**

Las obras de ingeniería que el hombre ha construido a lo largo de los años han generado gran consumo de recursos naturales y a su vez han contribuido al fenómeno de la contaminación. Los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales, dependiendo del entorno en donde están situados, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales como: madera, minerales, agua y combustible fósil, dañando y modificando directamente los ecosistemas y la biodiversidad de donde son extraídos. **(Ramírez, 2002)**

Como anteriormente se menciona, la construcción genera un impacto ambiental negativo desde su inicio y hasta el final, más sin embargo, ya existe un previo impacto ambiental antes de iniciar cualquier obra civil, hablamos de la contaminación que provoca la elaboración de los principales materiales usados dentro de la construcción, los cuales a la hora de su fabricación ocupan de energía para sus determinados procesos industriales provocando una alta de emisiones de CO₂ que provocan el efecto invernadero a nivel mundial.

2.1.1.- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y SU IMPACTO AMBIENTAL

Cemento, acero, yeso, tabique, block, por mencionar algunos, son los materiales que mayor presencia tienen en la industria de la construcción, han sido de suma importancia lo largo de los años puesto que su resistencia y fácil manejo hacen posible la ejecución de cualquier proyecto.

El cemento ha sido de los inventos más grandes para el ser humano, ha marcado un antes y un después en la industria de la construcción, su llegada ha facilitado la fabricación de importantes obras civiles que han ayudado al desarrollo económico, así como también al desarrollo social, este material ha hecho que la construcción de todo tipo de edificación se pueda realizar.

El cemento es uno de los principales materiales más utilizado en combinación con materiales pétreos (arena, grava) esta combinación produce una mezcla llamada concreto el cual es de gran uso dentro de la construcción y con mucha demanda de uso a través del tiempo, pues, su consistencia permite ser moldeada en cualquier tipo de estructura que se requiera, adquiriendo resistencias en pocos días y que además tiene una prolongada durabilidad.

Un siguiente material de mayor uso es el acero, por sus propiedades mecánicas (ductilidad, dureza, plasticidad, tenacidad, etc.) es considerado uno de los principales materiales para la construcción, con el cual se pueden ejecutar proyectos como puentes, edificios, bodegas, vías férreas, etc.

La alta demanda de la construcción ha generado que cada día se fabriquen en mayor volumen materiales como él (cemento, acero, mortero, yeso, etc.). En México la producción de cemento ha ido en un auténtico crecimiento para satisfacer las necesidades del sector de la construcción, tan solo en México la producción del cemento fue de aproximadamente 44 millones de toneladas de cemento gris, 995 mil toneladas de cemento blanco y 5 millones de toneladas de mortero, cifras que corresponden al año 2019 y con los datos más actuales que se cuentan por el momento lo cual ha generado un impacto negativo en el medioambiente dejando graves afectaciones en los ecosistemas del planeta, diversos estudios han demostrado que la producción de cemento es una de las

fuentes más grande de emisiones de CO₂ a la hora de su proceso de fabricación, ya que requiere hornos con elevadas temperaturas. **(CANACEM, 2019)**

De acuerdo con datos del instituto nacional de ecología y cambio climático (INECC) México emitió la cantidad de 683 millones de toneladas de bióxido de carbono en el 2015, del total de la cantidad de bióxido de carbono el 8% corresponden a los procesos industriales, procesos determinados a la creación de un determinado producto, mientras que de ese 8% la mitad proviene de la fabricación del cemento y sus derivados. **(INECC, 2015)**

Así como el cemento, la industria de metal requiere de fuentes de energía que contaminan en gran medida al planeta tierra, los desechos que generan cada una de las industrias encargadas de su elaboración son un grave problema, puesto que cada industria genera diferentes desechos tóxicos que perjudican el suelo y los mantos acuíferos.

Los materiales industriales de construcción han impulsado al desarrollo, en gran medida, a la población, ofreciéndoles una mejor calidad de vida con el paso de los años, ya que con estos materiales se han desarrollado todo tipo de construcciones que el ser humano necesita para su desarrollo, más sin embargo ha ido deteriorando día con día a todos los ecosistemas del planeta, la capa de ozono, contaminación del aire, suelo y agua.

2.1.1.1.- MATERIALES RENOVABLES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

Datado en la antigüedad, uno de los materiales que ha sobrevivido a través de las diferentes transformaciones en los años ha sido la madera, usada con diferentes fines a lo largo de la historia la madera ha tomado un sin fin de aplicaciones dentro de la vida cotidiana.

Los seres humanos han encontrado al paso de los años un amplio uso y aplicación de la madera dentro de la vida cotidiana, desde un inicio la madera ha sido un combustible para diferentes tribus, actualmente la madera sigue siendo un

útil combustible para la sociedad en las cuales su aplicación es dentro de los hogares, específicamente en la cocina.

Por otro lado, la madera cobra un importante sentido si de construcción hablamos, la madera se consolida como uno de los principales materiales empleados dentro de las obras ingenieriles, su uso es muy amplio ya que facilita algunas tareas debido a que se puede crear un tipo "molde" para darle la forma correcta que se busca al concreto esta especie de molde la conocemos como cimbra y nos es útil en el colado de castillos, dalas, losas, entre otras estructuras de concreto.

Sin embargo, la madera no solo es empleada como auxiliar de construcción o combustible, también radica como material principal para construir chozas o casas de madera, actualmente el sistema de construcción de casas de madera se sigue utilizando bastante, derivado a que el costo promedio es menor a utilizar materiales como el cemento. Este tipo de construcciones elaboradas de madera ha tomado un fuerte auge en ciertas regiones de México principalmente en comunidades indígenas del centro de Michoacán, meseta Purépecha, donde un concentrado de gente utiliza la madera para la creación de su hogar denominados "trojes".

Por desgracia el uso de madera ha ido en aumento día con día esto deriva a una fuerte deforestación de los bosques y los principales ecosistemas en México, el uso irracional de la madera ha consumido grandes cantidades de hectáreas en Michoacán, provocando todo tipo alteraciones climatológicas.

La tala ilegal de nuestro preciado bosque para el uso de diferentes actividades ha ido cobrando factura en el planeta tierra, provocando: deslaves, pérdida de mantos acuíferos, calentamiento global y por su puesto el aumento de CO₂, ya que el bosque es uno de los principales filtros de aire que tiene nuestro planeta.

Anteriormente se mencionó la cantidad de bióxido de carbono que México produjo en el 2015 la cual fue de 683 millones de toneladas, sin embargo la vegetación realizó un impacto positivo y absorbió 148 millones de toneladas (21.67%) dejando la cifra en un total de 535 millones de toneladas de bióxido de carbono restantes,

la principal vegetación que ayudo a reducir este impacto fueron el bosque y la selva, con este dato nos damos cuenta sobre lo importante que es la plantaciones bosques y la reforestación. **(INECC, 2015)**

2.1.1.2.- INGENIERÍA SUSTENTABLE

El especial respeto, compromiso y gran responsabilidad con el medio ambiente, son las principales características de la construcción sustentable, así como el buen uso, manejo y suministro de los materiales extraídos de los entornos ambientales para el uso dentro de la construcción, como también el uso de materiales no perjudiciales para el medioambiente y el entorno social. Su principal característica es la reducción de los impactos ambientales. **(Ramírez, 2002)**

Actualmente un tema de alto impacto y de gran relevancia es la contaminación del medio ambiente en el cual por desgracia la construcción ha tenido un gran impacto, que lleva a la alza la contaminación, el consumo de materiales que conllevan un proceso químico en su elaboración son una de las principales causas que elevan esta situación, frecuentemente este tipo de materiales son muy utilizados en la industria de la construcción derivado de su fácil aplicación y su gran rendimiento, el cemento es uno de los materiales con mayor facilidad de uso a la hora de construir y el material más utilizado dentro de las obras civiles (edificios, presas, puentes, etc.).

La extracción inmoderada de recursos naturales para satisfacer las necesidades del ser humano ha hecho que se pierda el respeto y la conciencia por el uso moderado e irracional de los recursos que nos ofrece la naturaleza.

Sin embargo, surge la ingeniería sustentable para hacer frente a este gran problema que asecha al planeta tierra, proponiendo estrategias para reducir el consumo excesivo de materiales que con llevan procesos químicos y dando paso a la utilización de materiales ecológicos que han surgido en poco tiempo y que sus procesos de fabricación son reducidos en emisiones perjudiciales al planeta tierra y libres de componentes tóxicos que dañan los diferentes ecosistemas.

La ingeniería sustentable o la sustentabilidad propone un segundo uso de cualquier material que pueda tener una segunda vida útil, este principio es mejor conocido como el reducir, reutilizar y reciclar llamado comúnmente como las tres R.

Los desechos provenientes de materiales que no se utilizaron, que sobraron o que se desecharon por modificaciones o remodelaciones se le conoce como escombros el cual anteriormente no tenía algún uso en especial, actualmente en muchos lugares este tipo de residuos de materiales (escombros) son tirados o abandonados en puntos donde no hay interacción humana perjudicando así al ecosistema donde se desecha y contaminando el suelo con los residuos arrojados.

Hoy en día existen concretos con material reciclado, material que se obtiene de concreto reutilizado y que están incorporados con un tipo de granulometría para su correcto uso siendo un sustituto directo de materiales pétreos y reduciendo así el consumo de los mismos.

Además de concretos que contienen adiciones de concreto reciclado se encuentran los concretos con diferentes materiales reciclados, un claro ejemplo, el concreto con fibras de PET (botellas de plásticos) donde su principal objetivo es dar un segundo ciclo de vida al plástico, con ello se busca reducir las cantidades de plásticos que son desechados al aire libre perjudicando directamente a todo un ecosistema.

Dentro del laboratorio de materiales "Ing. Luis Silva Ruelas" perteneciente a la facultad de ingeniería civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo ubicada en el municipio de Morelia, Michoacán se trabaja día con día para poder obtener óptimos resultados con sustituciones o adiciones de materiales reciclados, entre latas de aluminio, botellas de plástico, bolsas, así como materiales orgánicos como lo son el bagazo de caña, mucilago de nopal, entre otros más, son empleados para la creación y obtención de buenos resultados los cuales avalen a un posible uso y con esto contribuir con la ecología y el medio ambiente.

Una de las habilidades del ingeniero civil está en crear soluciones a los problemas actuales, es por eso que la ingeniería sustentable es de gran apoyo en el conocimiento y formación del ingeniero civil, arquitecto o toda persona dedicada a la construcción, ya que crea un sentido de urgencia por hacer conciencia y cuidar el medio ambiente, concientizando sobre el uso excesivo y sobre explotación de materias primas no renovables y sustituyéndolas por materia renovable que no afecte al cambio de los ecosistemas.

Poco a poco la ingeniería sustentable ha ido tomando mayor importancia con el paso de los últimos años, sin duda alguna la sustentabilidad es y será un tema muy importante antes del inicio de cualquier infraestructura a construir para reducir así al máximo de todas las emisiones de contaminantes que provocan en gran escala estragos dentro de los ecosistemas.

Es esencial que antes de construir o elaborar cualquier proyecto (vías de comunicación, edificación, puentes, etc.) se tome toda la viabilidad de la obtención de los materiales puesto que un factor a tomar es el uso de transporte de todo el material, con esto también se contribuye al aumento de las emisiones de gases tóxicos para el planeta tierra en el uso de volteos o maquinaria pesada para traer a la zona el material que se utilizara.

La ética, educación y el respeto por la naturaleza son de gran valor para la conservación de todo el medio ambiente, la concientización del daño que hemos hecho al planeta tierra será de gran ayuda para obtener grandes soluciones que ayuden al planeta tierra y así seguir haciendo lo más grande en esta vida que es construir.

2.1.2.- RESINA DE PINO EN CHERÁN, MICHOACÁN, MÉXICO.

Cherán, comunidad indígena ubicada en el centro de la meseta purépecha caracterizada por ser una comunidad con mayor altura sobre el nivel del mar (2300 msnm) en todo el estado de Michoacán, se localiza en las siguientes

coordenadas: Longitud 102°07'44.40" W a 101°52'30.00" W, Latitud 19°38'42.00" N a 19°50'00.60" N **(INEGI, 2022)** (Figura 2)



Figura 2.- Ubicación de Cherán dentro del territorio de Michoacán.

Dentro de la comunidad indígena de Cherán la extracción de la resina de pino es una de las principales fuentes de ingresos económicos, muchas de las familias pertenecientes a la comunidad se dedican a la extracción de la resina y cuidado del bosque para así tener una mayor recolección de la misma, trabajo que se ha consolidado de generaciones muy antiguas a generaciones actuales. Todo esto, mencionan pobladores de la región que el oficio de resinero es un oficio que ha traspasado de generación en generación y que se ha ido aprendiendo y mejorando de la misma manera por lo cual se cree que el ser resinero fue uno de los primeros trabajos de la comunidad.

En año 2011 Cherán atraviesa un problema social causado por problemas de tala ilegal dentro de los bosques de la comunidad indígena, el saqueo excesivo de madera y el cambio de uso de suelo creó un fuerte caos social entre los pobladores, durante años el saqueo del bosque de Cherán se fue agravando cada vez más, afectando ya no solo al bosque si no a los manantiales que se encontraban dentro y alrededor del bosque, la destrucción y el consumo de bosque era más evidente al paso de los meses, terminando así con varias hectáreas de bosque, todo esto termino hasta que los pobladores decidieron poner

un fin al saqueo por parte de personas ajenas a la comunidad, liderados por un grupo de mujeres que se enfrentaron a los destructores del bosque mediante palos y piedras, resurgiendo así un nuevo Cherán preocupado por salvar nuestra naturaleza, en pro del medio ambiente y conservando un territorio verde.

A partir de esa lucha social, la comunidad indígena de Cherán fue sobresaliendo en varios aspectos ecológicos desde tener el captador de agua pluvial más grande de América latina (figura 3) el cual abastece de agua potable a la mayor parte de la comunidad, así como un sistema de recolección de basura que separa los diferentes residuos como plásticos, papel y cartón, residuos orgánicos para volver a reutilizar como por ejemplo abono orgánico elaborado de los residuos orgánicos que han sido recolectado a lo largo de la semana. Y finalmente tener uno de los más grandes y equipados viveros de la región donde su principal desarrollo y crecimiento son los diferentes tipos de árboles que se pueden encontrar dentro de la región.



Figura 3.- Captador de agua pluvial más grande de América latina, ubicado en la cima del cerro "kukundikata" en el municipio de Cherán, Michoacán, México.

Vivero que ha cumplido la función de restaurar el bosque de Cherán a través de los años, cada año, en específico cada inicio de temporadas de lluvia, los pobladores de Cherán (estudiantes, niños y niñas, mujeres y hombres) se dan a la tarea de reforestar cada parte de la región que fue dañada por la tala inmoderada,

desde el 2011 a la fecha la mayor parte de la comunidad ha sido reforestada con árboles que el vivero se ha encargado de mantener, mismos que a la fecha del 2022 ya cuentan con una altura destacada y que pobladores cuidan para próximamente en un futuro poder extraer su resina.

Gracias a la lucha social por defender el bosque, comuneros de Cherán han desarrollado aún más la extracción de resina de pino, hoy en día, Cherán se ha caracterizado por contar con un amplio bosque dentro de la región, derivado de la prohibición de cualquier otro tipo de planta a sembrar.

Dentro del bosque de la comunidad se pueden encontrar con una extensa variedad de árboles como lo son árboles frutales silvestres, cedros, pino, xharari, entre muchos otros más, la resina que es recolectada proviene principalmente de 2 tipos de pinos: Pino lacio (*Pinus Devoniana Lindley*) y Pino chino (*Pinus Leiophylla Schiede ex Schltdl. & Cham*), sin embargo, existen otras 2 especies de bajo impacto las cuales son: *pinus montezumae*, *pinus michoacana* (*Pinus devoniana*).

Dentro de estas dos especies de pino (chino y lacio) los comuneros la han ido identificando generación tras generación en relación a la consistencia y al color de la resina, de acuerdo con el comunero Salvador guerrero R. Y su padre Santiago Guerreño P. dos generaciones que han tratado la resina desde su infancia identifican la resina del pino chino como una resina dura y de color blanquizo, pues a la hora de limpiar los recipientes donde la resina cae (cacharro) se tiene que aplicar una mayor fuerza para poder insertar el utensilio (pala) para limpiar el recipiente, mientras que la resina del pino lacio es totalmente diferente, su consistencia es semilíquida y su color aparenta ser transparente con lo cual no causa ningún problema al hacer el cambio de recipiente y así poder transportarla.

La mayoría de los comuneros de Cherán identifican la resina de esta manera, de acuerdo a su color y su consistencia, siendo así una de las principales características para su identificación, además de que predomina en su mayoría la resina de color blanca y de apariencia dura que se obtiene del pino chino.

La producción de la resina de pino varía según la época del año, de acuerdo con los datos obtenidos por bienes comunales, dentro de las resineras (lugar donde la resina llega para ser comprada) la temporada de calor es la temporada donde la resina llega en mayor cantidad mientras que en temporada fría la resina disminuye un poco, otro factor a considerar son las temporadas de lluvia debido a que los resineros tienen que estar en constante observación de los recipientes para que el agua no llene los recipientes donde se deposita la resina.

La resina de Cherán tiene un gran potencial para incrementar su producción y generar procesos industriales con la finalidad de crear nuevos productos y a su vez mejorar la situación económica de los pobladores, sin dejar de lado la protección del medio ambiente e incentivando la reforestación de sus suelos.

2.1.3.- USO DEL AGUA EN LA CONSTRUCCIÓN

El agua está formada por una molécula de hidrógeno y 2 de oxígeno y es considerada como un líquido vital para que la especie humana pueda sobrevivir y es de suma importancia dentro de la construcción, es gracias a ella que el desarrollo de las obras civiles se ha llevado a cabo, prácticamente sin el agua no se podría construir, el agua tiene como función importante hidratar el cemento a la hora de elaborar una mezcla denominada concreto, al igual que es utilizada en yesos y morteros.

Además de hidratar al cemento a la hora de elaborar una mezcla de concreto también es empleada a la hora de curarlo una vez elaborado, principalmente para losas de concreto. Así como hidratar materiales de construcción como lo son los tabiques de barro que ocupan del agua antes de ser utilizados para lograr una buena adherencia.

La cantidad de agua que se debe emplear dentro de cada mezcla depende exclusivamente del diseño de la mezcla y del revenimiento deseado, un exceso de agua puede degradar la resistencia deseada, también se tiene que contemplar que la calidad del agua debe de ser controlada puesto que la adición de sales

minerales como el carbonato de calcio y magnesio o la presencia de materia orgánica en ella pueden dañar la calidad del concreto elaborado, por ello, el uso del agua es muy importante, es un vital líquido que ha dado vida a la construcción y que gracias a ella se cuenta con un gran desarrollo en infraestructura.

En los últimos años el agua en México ha creado un impacto social notable, se sabe que el porcentaje de agua potables es muy bajo. La escases de agua es un factor muy influyente dentro de la construcción, ya que se requiere agua con una buena calidad dentro del concreto para que este no presente ninguna alteración y que influya directamente en el concreto y en sus características físicas - mecánicas, actualmente (2022) México sufre de un estrés hidráulico en gran parte de la región norte, donde el líquido vital es limitado generando desabasto y dejando a la industria de la construcción en graves términos, aquí la importancia del vital líquido.

2.1.4.- AGREGADOS PÉTREOS EN LA CONSTRUCCIÓN

La grava, la arena y la piedra son considerados como materiales pétreos y son de los materiales más usado desde la antigüedad por el ser humano, ha tenido un gran impacto en toda la historia, se sabe que la primera rueda fue construida de roca. Hace miles de años se utilizaron también herramientas de defensa y caza que cada persona tallaba hasta lograr el utensilio, cada generación le daba un uso a cada roca que las designaban dependiendo la situación o las necesidades demandadas, un claro ejemplo han sido los muros elaboradas con piedras que permiten una división y que actualmente se sigue utilizando en lugares de difícil acceso.

Los agregados pétreos han jugado un papel muy importante si de construcción hablamos, el uso de estos agregados tiene una alta demanda en la producción de concreto y asfalto, debido a que su granulometría depende del uso a fin que se le dará, la granulometría de cada agregado es realmente muy importante debido a que cada proyecto requiere una granulometría específica para una correcta elaboración de concreto o asfalto.

Se consideran a los agregados pétreos en general como material de construcción no renovable, su origen proviene de yacimientos naturales o de macizos rocosos que se encuentran en ciertos puntos de cada región denominados bancos de materiales, cada banco de material tiene materiales con diferente granulometría esto derivado de las formaciones, también varía dependiendo de cada región, algunos materiales contienen más finos que otros comparados con otra región o banco.

Los materiales pétreos sin duda alguna son los materiales no renovables de mayor uso en toda obra civil, pues al paso de los años ningún otro material ha reemplazado su uso debido a las propiedades mecánicas que estos poseen.

Sin embargo, es necesario tomar consideración en el uso excesivo de ello, ya que los agregados pétreos son materiales de origen no renovable por lo cual se requiere el cuidado de los mismos, al no poder reproducir o de renovar.

Por otro lado, el ser humano también se ha encargado de encontrar materiales reciclados los cuales sustituyan en un porcentaje (10%, 5%, etc., ...) a los agregados pétreos, y así poder contribuir en la reducción de la explotación de los bancos. Dichos materiales son producto de la trituración de concretos envejecidos y que se reutilizan para conformar un nuevo concreto.

También se ha implementado la adición y sustitución de pétreos por pet y por caucho de las llantas, teniendo una doble función, por un lado, se reduce la contaminación que generan estos desechos y por otro se reduce el consumo de pétreo. Sin duda alguna el ser humano está en un proceso de innovación con lo cual busca cuidar principalmente los materiales no renovables.

2.1.5.- HISTORIA DEL CEMENTO

El consumo de los cementantes se remota a través del tiempo y a lo largo de la historia que el ser humano a creado, los egipcios utilizaron yeso impuro calcinado, mientras que los griegos y romanos utilizaban caliza calcinada y, posteriormente, aprendieron a mezclar cal con agua, arena y piedra triturada o ladrillo y tejas

quebradas. Este fue el primer concreto de la historia del cual se tiene datos hoy en día. **(Neville, 1999)**

Uno de los acontecimientos importantes observados al utilizar ese material fue que el mortero de cal no endurece bajo el agua, por lo que se tuvo que tomar una nueva alternativa con la cual se utilizaba para construcciones y estructuras sumergidas en agua, los romanos recrearon una nueva mezcla la cual consistía en mezclar cal con ceniza volcánica o con tejas de arcilla quemada, finamente trituradas. La sílice y la alúmina dos de los principales compuestos que se encuentran en las cenizas y en las tejas se combinaban con la cal para producir lo que se conoce como cemento puzolánico, proveniente del nombre del pueblo de pozzuoli, donde se encontró por primera vez ceniza volcánica.**(Neville, 1999)**

Algunas de las estructuras romanas en las cuales la mampostería se unió con morteros, tales como el Coliseo en Roma que hasta la fecha se conserva parte de su estructura y diseño en el cual se observa la unión de los materiales mencionados.**(Neville, 1999)**

Fue hasta 1756 donde el mortero sufrió un cambio todo gracias a John Smeaton quien fuera comisionado para construir el faro de Eddystone, en la costa de Cornish, Inglaterra, pudo observar un fenómeno con el cual descubrió que el mejor mortero se obtenía cuando se mezclaba puzolana con caliza que contenía una alta cantidad de material arcilloso. Al darse cuenta del importante papel que tiene la arcilla dentro de la mezcla, Smeaton fue el primero en conocer las propiedades químicas de la cal hidráulica, un material que se obtiene al quemar una mezcla de cal y arcilla. **(Neville, 1999)**

En 1824 Joseph Aspin, un ladrillero, albañil y constructor de leeds, ciudad ubicada en la zona norte de Inglaterra, descubrió un nuevo cementante, este cemento fue preparado calentando una mezcla de arcilla finamente triturada y caliza dura en un horno, hasta eliminar el CO₂; esta temperatura era mucho más baja que la necesaria para la formación de clinker por lo cual era importante el bajo consumo de energía que se requería y con ello era más sencillo de producirlo. Finalmente,

el prototipo del cemento moderno lo obtuvo en 1845 Isaac Johnson, quien quemó una mezcla con contenidos de arcilla y caliza hasta formar clinker, con lo cual se produjo la reacción necesaria para la formación de un compuesto cementante. El nombre de cemento portland, se dio gracias a la relación de color y calidad que había entre el cemento endurecido y la piedra portland. **(Neville, 1999)**

2.2.- MATERIALES ECOLÓGICOS-SUSTENTABLES PARA LA CONSTRUCCIÓN.

2.2.1.- MADERA

La madera es uno de los materiales que resulta más familiar para el ser humano en su vida cotidiana puesto que se ha tenido contacto con ella desde remotos tiempos, ya sea con sus ramas o con el tronco procesado. Aunque no se trata de un material de alta tecnología y complicitad, la mayoría de los hogares tienen múltiples objetos de madera (muebles, acabados, ventanas etc.), material que es altamente valuado por su belleza y su facilidad para encontrarlo. Además de eso, es tan resistente y ligera, que todavía en muchos países predomina su uso en la industria de la construcción. **(Askeland, 1998)**

La madera ha tomado un gran apogeo dentro de la construcción al ser empleada como material de construcción o como auxiliar dentro de ella, ha facilitado enormemente los trabajos de construcción y por su puesto con ayuda de ella se han construido un sin fin de nuevos hogares cada año, los cuales algunos de ellos son hechos totalmente de madera.

Los principales elementos de madera utilizados dentro de la industria de la construcción son los siguientes: tabla, tablón, viga, gualdra, polines. Estos elementos son indispensables a la hora de cimbrar un espacio para la colocación de concreto en una losa, a de más de su importancia dentro de la cimbra, muchos de estos elementos son utilizados como elementos de soporte o como acabados, además, el conjunto de estos elementos puede crear fácilmente muchos diseños

de casa habitación las cuales cumplen con la función al igual que una casa de materiales como block, concreto, tabique.

Otros elementos de gran importancia son el triplay y el MDF, mayormente utilizados para cubrir grandes secciones, elementos como puertas o muros divisorios, así mismo el costo de estos dos elementos es mucho menor al costo de una tabla o algún tipo de madera de mayor calidad

Se puede considerar a la madera como un complejo material obtenido del bosque (ecosistema formado principalmente por árboles y arbustos definidos dependiendo la región figura 4) donde se encuentra la mayoría de las especies de árboles utilizadas como madera, la madera es un material reforzado con fibras, formado de largas celdas poliméricas tubulares, alineadas unidireccionalmente en una matriz polimérica. "Además, los tubos poliméricos están compuestos de haces de fibras de celulosa parcialmente cristalinas, alineadas en diversos ángulos respecto a los ejes de los tubos. Esta configuración proporciona excelentes propiedades a tensión en dirección longitudinal". **(Askeland, 1998)**



Figura 4.- Bosque de Cherán, ecosistema donde predominan especies como el pino y encino

Además de las increíbles capacidades mecánicas que posea la madera para la construcción, este material puede contar con una sostenibilidad proyectada por desgracia el mal uso que se le ha dado ha generado una demanda que trata de

satisfacer diferentes tareas en la vida cotidiana del ser humano por ejemplo como uso de combustible para la creación del fuego.

Si bien el bosque ha sido atacado de manera increíble por parte de la ganadería y agricultura, además del cambio de uso de suelo el cual optan por plantar diferentes especies de plantas que no benefician al ecosistema.

A diferencia del petróleo, los agregados pétreos como piedras, calizas, etc. la madera es un material renovable el cual puede seguir produciéndose.

La mayoría de las plantas (árboles) encontradas dentro de un bosque ayudan a la eliminación de CO₂ a través de su fotosíntesis produciendo oxígeno limpio para el planeta, todo esto a lo largo de su crecimiento, una de las especies que mayor contribuyen a ello y que se encuentra en mayor cantidad es el pino (Pinus).

La sustentabilidad nos indica que el desabasto de madera no se puede dar si solo y si se sigue contribuyendo con la reforestación de las especies predominantes en cada ecosistema, de tal manera que si se lleva un control adecuado de deforestación y reforestación podría seguir contándose con gran cantidad de madera en los próximos años.

2.2.2.- BAMBÚ

El bambú como la madera ha sido un material que ha sido utilizado desde la antigüedad por la especie humana como material de construcción, en este caso, para la fabricación de pequeñas chozas, este material es de mayor uso en localidades donde abunda el ecosistema.

Se ha creído que el bambú es un material exclusivamente de las culturas orientales como china, sin embargo, existen datos de investigaciones realizadas las cuales demuestran que en Argentina, Ecuador y Colombia se usaba desde la época geológica del plioceno con esta investigación ha quedado demostrado el dominio desde la antigüedad que ha tenido el bambú sobre la sociedad.

(CONAFOR, 2020)

Además de ser una planta que se ocupa dentro de la construcción, el bambú es conocida como la planta de los mil usos debido a que derivado de esta planta se pueden extraer elementos los cuales ayudan en la producción de celulosa para la creación de papel y medicinas, ropa, alimentos y además de ser una planta que ayuda a la disminución del CO₂ que el planeta produce. **(CONAFOR, 2020)**

En México no existen especies endémicas de bambúes, sin embargo, CONAFOR tiene registro de 36 especies leñosas y cuatro especies de bambúes herbáceos las cuales se distribuyen, principalmente, en los estados de clima tropical como Veracruz, Chiapas y Oaxaca, así como Tamaulipas, Michoacán, Colima, entre otros estados cuentan con algunas especies de bambú (figura 5). **(CONAFOR, 2020)**



Figura 5.- Especie de bambú **(CONAFOR, 2020)**

Esta planta además de poseer grandes beneficios en diferentes sectores de la industria como sociales, es una planta con gran sustentabilidad, al considerarse un vegetal, el bambú puede presentar una sustentabilidad si este se cuida, protege y reforesta, el bambú es una de las múltiples soluciones que el ser humano posee para optar por materiales sustentables que puedan ser usados en construcción.

2.2.3.- ADOBE

El adobe es un material con una abundancia en un determinado tiempo de la historia y región, puesto que es un material que poco a poco ha ido perdiendo importancia dentro del área de construcción actualmente.

La aparición del ladrillo cocido fue restándole importancia al adobe ya que el ladrillo contenía una mayor resistencia aparente y que además su almacenamiento y transporte era de mayor eficacia respecto al adobe.

Sin embargo, se sigue considerando como un material agradable para el medio ambiente y que por su nobleza pueda ser utilizado dentro de la construcción como lo es en la elaboración de pequeñas casas como se muestra en la siguiente figura 6.



Figura 6.- Casa hecha con adobe, ubicada en Cherán, siendo una de las pocas construcciones con adobe que han sobrevivido dentro del pueblo.

El adobe tiene su similar al tabique, tabicón o block, pero con la gran diferencia de que el adobe es un material que utilizan cero recursos contaminantes y procesados, su principal base está hecha con barro y consiste en una mezcla muy sencilla de barro, agua y alguna fibra, en muchos lugares suele agregarse restos de avena (paja).

De las grandes ventajas del adobe es su método de producción, ya que requiere una mínima energía para producirlo y con lo cual la emisión de contaminantes es

casi nula, además del aprovechamiento de materiales naturales como la tierra, la paja y hojas dependiendo la región, térmicamente tiene una gran ventaja, ya que absorbe el calor producido por el sol manteniendo las casas hechas con adobe calientes durante gran parte de la noche, con un clima estable y frescas durante el día.

Sin embargo, también contemplan grandes desventajas comparadas al uso de materiales fabricados sometiendo energía o procesos que contaminen, como lo es la absorción de humedad, debido a que en tiempos de lluvia se tiene que cuidar perfectamente el estado de los techos para que estos no mojen los adobes, así poder conservarlos estructuralmente. El proceso constructivo consistía en realizar una excavación perimetral, para después realizar un muro de desplante de roca y posteriormente la colocación del adobe, para alojar el techo de la vivienda sobre este muro ya terminado (figura 6).

Actualmente se siguen realizando estudios a adobes que contengan una edad de rango amplio para determinar el estado en los cuales se conservan, al igual que estudiando las posibilidades de modificar estos adobes ampliando así sus capacidades y poder volver a ingresar al mercado de la construcción el uso de estos materiales

2.3.- PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES (PFNM)

La resina de pino es un producto de la naturaleza considerado como un producto forestal no maderable por sus siglas (PFNM), el cual es empleado en diversos productos industrializados como: jabones, pinturas, barnices, entre otras aplicaciones. Además de satisfacer a la industria de la perfumería.

Este producto es un materia renovable y sustentable, el cuidado del bosque principalmente de los pinos de la familia Pinus es primordial para seguir produciendo y explotando el uso de la resina de pino, por lo que la explotación de la resina de pino es un beneficio principal para el cuidado de los bosques de cada región que se dedique a su extracción.

Es de vital importancia mencionar que la extracción de la resina de pino está regulada mediante SEMARNAT quienes garantizan la protección de los árboles y del ecosistema como lo es el bosque, además esta actividad no produce ningún malestar al árbol mucho menos interfiere en su fotosíntesis la cual nos produce el oxígeno, un árbol sano puede producir resina a lo largo de los 50 años en adelante teniendo una productividad de 50 años produciendo la resina.

2.3.1.-PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES (PFNM)

Los productos forestales no maderables son todos aquellos productos que el ecosistema nos proporciona sin modificarlo, en este caso se considera como productos forestales no maderables a la resina de pino, semillas, hongos, plantas, etc.

Estos productos favorecen al ecosistema y principalmente a la economía, gracias a estos productos los ingresos para cientos de familias se ven beneficiados, durante cada temporada se puede recolectar diferentes especies de productos forestales no maderables un claro ejemplo la resina de pino la cual no modifica en ningún aspecto al ecosistema del bosque y que se obtiene de forma natural durante todo el transcurso del año.

Un siguiente producto notable dentro de los ecosistemas de bosque son los hongos que nacen alrededor del bosque, ya que son cientos de hongos varias familias se benefician en el consumo de ellos así como en los ingresos económicos que estos les proporcionan, entre fechas de Junio - agosto se extraen cientos de kilos de hongos comestibles los cuales son de mucho beneficio en la salud así como en la economía, ya que es un producto de bastante demanda lo cual hace que su costo sea beneficio para las familias que lo recolectan.

En este caso también hay acepciones de los productos forestales no maderables, la madera utilizada como combustible "leña" o madera utilizada con otros fines como la carpintería no son considerados como productos forestales no

maderables ya que tienen un impacto en el ecosistema en este caso hacen que sufra una modificación.

Los productos forestales son una fuente de ingreso con gran impacto dentro de México, la producción de resina de pino para el año 2009 fue de 59,558 toneladas y dentro de los estados con mayor producción se encuentra Michoacán, liderando con 18,420 toneladas del total de producción, por lo cual en ese año Michoacán era considerado el principal productor de recursos maderables no forestales, para ese año la producción total de productos forestales no maderables creó un ingreso total de \$421,888,711.00 de ese total el 42.1% representa el total de producción de la resina de pino, en su equivalente de \$177,615,147.30. **(CONAFOR, 2012)**

2.3.2.- RESINA DE PINO EN EL MUNDO

La extracción de la resina de pino es una práctica realizada a nivel mundial donde varios países realizan su extracción para diferentes usos que la resina de pino puede brindar, la extracción a nivel mundial asciende a un poco más de 1 millón de toneladas, donde países como China, Brasil e Indonesia son los principales extractores de resina de pino.

México también es considerado un país resinero, también cuenta con prácticas de resinación en varios estados del país, siendo Michoacán el primer estado productor de resina de pino de manera histórica atreves de los años con un total de producción de 20 a 30 mil toneladas anuales, lo que representa entre un 70% y 90% la producción nacional. **(CONAFOR, 2012)**

Un árbol sano y con un buen rebane en su corteza puede producir alrededor de dos kilos por cada 15 días en temporadas de calor, mientras que en temporadas frías esta producción baja a un aproximado de 1.5 kilo a 1 kilo por cada 15 días, dependiendo la exudación que el árbol produzca y dependiendo del tipo de pino que pertenece.

Dentro de la comunidad indígena de Cherán, la extracción de la resina de pino es uno de los trabajos más antiguos, gracias a los labores de los resineros, Cherán se encuentra dentro de los primeros lugares en cuestión de extracción de la resina de pino, gracias a que su producción es de 10 toneladas de resina de pino semanales, esta cantidad varía según sea la temporada, las 10 toneladas semanales duran un lapso de tiempo aproximado de 8 meses, mientras que en temporadas bajas (4 meses aproximadamente) la extracción de resina de pino se reduce a 7 o 6 toneladas semanales.

Sin embargo, Cherán ha pensado a futuro, durante la reforestación que comenzó hace más de 11 años se contempló la plantación de árboles resineros, los cuales se prevé un aumento exponencialmente en la extracción de la resina de pino, a este proyecto se le llamo "huertos resineros" y con ellos se espera se incremente más del doble de la producción que ya se tiene, esto en un año aproximado de 5 años más a la fecha de esta publicación.

Sin duda alguna la comunidad de Cherán, junto a sus resineros seguirán predominando en la extracción de la resina de pino y en el cuidado, respeto del bosque michoacano.

2.3.3.- QUE ES LA RESINA DE PINO

Se puede definir a la resina de pino como un líquido que se obtiene por exudación y que se encuentra dentro de las capas naturales del tronco conocidos como canales resiníferos donde presenta su formación, que al raspar el troco esto activa un mecanismo de defensa el cual hace que la resina de pino frote sobre la herida del árbol, evitando la aparición de insectos que dañan potencialmente al árbol o que el tronco presente alguna enfermedad futura y por ende pueda secarse.

La resina de pino cuenta con un fuerte olor y con una consistencia viscosa muy notable, al contacto con las manos, utensilio o recipiente esta se adhiere de forma muy importante sobre ellos, su olor es muy fácil de identificar puesto que es un olor muy representativo del bosque.

Su color se puede caracterizar por la especie de pino, algunas pueden tornarse resinas amarillosas, mientras que algunas pueden ser totalmente blancas o por el contrario liquidas con una apariencia transparente.

2.3.4.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA RESINA DE PINO.

Se sabe que la resina de pino es un material muy valioso químicamente, sus compuestos hacen que varias industrias vean de manera maravillosa el empleo de la resina de pino, por ejemplo, la industria de barnices o impermeabilizantes y para múltiples propósitos los cuales conllevan sus procesos junto con la resina de pino.

Para su utilización es importante conocer su composición química, la resina de pino está compuesta por alrededor de 75 % de ácidos resínicos, 15% de esencia de trementina y 10% de agua, los porcentajes son aproximados y considerados como un promedio puesto que, cada especie de la familia pinus puede presentar un ligero cambio en sus porcentajes de contenido, aumentando o disminuyendo sea el caso de cada especie de pino. **(Viquiera, y otros, 2004)**

2.3.5.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA BREA DE PINO.

La brea de pino es comúnmente conocida dentro de la industria que la utiliza como colofonia, la brea de pino o colofonia es utilizada en la elaboración de diferentes productos, el producto más común son los jabones.

la brea de pino cuenta con una estructuración química independiente a la resina de pino extraída de forma natural, puesto que, la brea de pino es considerada la destilación de la resina de pino a una determinada temperatura la cual oscila entre 70° y 80° C. Su composición química está dada por un 90% de ácidos resínicos como el ácido abiético ($C_{20}H_{30}O_2$) y pimárico, el 10% restante está constituido por esterres y ácidos grasos. **(Rodríguez, 2019)**

2.3.6.- MÉTODOS DE EXTRACCIÓN EN MÉXICO

Existen diferentes métodos para extraer la resina de pino, métodos que se han desarrollado a lo largo de los años, gracias a estos métodos la técnica de resinación se ha ido perfeccionando poco a poco, al inicio no se contaba con ningún tipo de metodología para la extracción de la resina de pino, lo cual generaba un enorme daño al tronco del árbol, ya que se realizaban cortes extremadamente grandes, sin embargo, poco a poco se implementaron acciones para desarrollar un tipo de resinación correcta, las siguientes metodologías se muestran a continuación:

- Resinación de cara ancha
- Sistema francés o de Hughes
- Sistema Euro gem o Berehole
- Entre otros

Para la extracción, México cuenta con una normativa la cual regula la extracción de resina de pino en México, hablamos de la norma oficial mexicana NOM-026-SEMARNAT-2005, en la cual establece los criterios y especificaciones técnicas para realizar el aprovechamiento comercial de resina de pino. **(SEMARNAT, 2006)**

Dentro de la norma NOM-026-SEMARNAT-2005 establece la técnica de aprovechamiento de resina de pino, consiste en realizar uno o más cortes de forma de canal a lo largo del tronco, llamado caras de resinación, estas incisiones deben de estar separadas por espacios llamados entre caras. **(SEMARNAT, 2006)**

El número máximo de incisiones en forma de canal que se le puede hacer a un árbol al mismo tiempo depende completamente del diámetro del árbol por aprovechar, para medir el diámetro de acuerdo con esta norma se tendrá que medir a una altura de 1.30 metros desde su base y conforme al cuadro 1 se determinara la cantidad de caras que se pueden realizar. **(SEMARNAT, 2006)**

Cuadro 1.- Numero de caras vivas en función del diámetro del árbol a resinar.
(SEMARNAT, 2006)

Diámetro Cm	Número máximo de caras vivas por árbol
25,0-32,5	1
32,6-42,5	2
42,6-52,5	3
52,6 y mayores	4

Dentro de las especificaciones que nos marca la norma, establece que el ancho nominal de la cara deberá de ser exclusivamente de 10 cm de ancho al igual que la distancia de entre caras tendrá que ser como mínimo 10 cm de distancia **(SEMARNAT, 2006)**.

Las siguientes especificaciones establecen la profundidad máxima la cual debe de ser no mayor a 2 cm de profundidad, esto para evitar hacer daño al tronco, al iniciar con la cavidad y el tronco cuente con la corteza natural esta profundidad podrá ser de hasta 3 cm sin superar **(SEMARNAT, 2006)**.

La longitud que podrá tomar la cavidad será de 50 cm anuales, no se tendrá que superar ese límite puesto que la longitud de todo el árbol puede ser de hasta 3 metros de longitud, equivalente a una tercera parte de la altura total del árbol a resinar **(SEMARNAT, 2006)**.

Es muy importante seguir con claridad los pasos que establece la norma, depende de ello una buena resinación y el cuidado del bosque, con ello se busca cuidar al árbol de toda clase de patógenos que puedan dañar severamente el tronco y que pueda provocar enfermedades o plagas dentro del ecosistema natural.

CAPITULO 3.- DESARROLLO EXPERIMENTAL PRELIMINAR DE INVESTIGACIÓN.

3.1.- MEZCLAS QUE SOLIDIFICARON A LA RESINA DE PINO:

Con el objetivo de encontrar una mezcla la cual desarrollara un proceso de solidificación de la resina de pino, propuse diferentes mezclas las cuales estaban

compuestas de variedad de materiales que también fueran de la misma fuente ecológica las cuales estuvieron comprendida en:

- Mezcla 1: Resina de pino + arena + carbonato de sodio
- Mezcla 2: Resina de pino + arena + piñas de pino molidas
- Mezcla 3: resina de pino + arena + cal
- Mezcla 4: Resina de pino + agua + barro de la región de Cherán
- Mezcla 5: Resina de pino + Tierra de encino
- Mezcla 6: Resina de pino + huinumo
- Mezcla 7: Resina de pino + Hojas secas recolectadas del bosque
- Mezcla 8: Resina de pino + royal
- Mezcla 9: Resina de pino + maíz molido
- Mezcla 10: Barrasco de pino (molido) + Arena

Las proporciones que se utilizaron solamente fueron para experimentación y con el objetivo de encontrar una reacción que impactara en esta investigación, en las cuales todas poseían 20 gramos de resina de pino, se le agregaron 40 gramos de arena a las mezclas que lo requerían y 20 gramos del material de reacción. Las mezclas elaboradas se hicieron en un solo recipiente y se vaciaron en contenedores de cartón en forma de viga.

Las mezclas se realizaron y se dejaron reposar durante 1 día, se estuvo monitoreando regularmente cada hora para ver si se contaba con algún tipo de reacción, en su caso la mezcla numero 3 reacciono de manera positiva, al presentar una solidificación aparente dentro del recipiente donde fue almacenado, tornándose un color grisáceo como se muestra en la figura 7:



Figura 7.- Primera muestra solidificada de resina de pino perteneciente a la mezcla 3 que contempla: resina de pino + arena + cal.

De las observaciones más importantes a realizar de esta pequeña muestra son que: desapareció en mayor parte la adherencia al tacto una vez seco, convirtiéndose en un sólido con características lisas, las ranuras que presenta son deformaciones del contenedor que por humedad el cartón presento pequeñas deformaciones.

Otras de las importantes observaciones presentadas es el olor de la resina, su olor sigue intacto y sin ninguna transformación, desprendiendo el mismo olor que usualmente tiene la resina de pino, además de que pasado las 24 horas la muestra ya presentaba una mayor solidificación.

Las diferentes muestras se dejaron reposar por un lapso de 7 días, pasado los 7 días, de las 10 mezclas realizadas la única que presento solidificación fue la mezcla numero 3 ya mencionada (figura 3), el sobrante de mezclas no solidificó quedando en su estado original sin presentar ningún tipo de dureza.

Propuestas las mezclas e identificando el fenómeno de solidificación que ocurrió dentro del total de mezclas opte por tomar la cantidad ya propuesta (20 g de resina de pino, 20 g. Cal y 40 g. Arena) e ir proponiendo mayores mezclas para ver el comportamiento de la resina de pino con la cal y la arena, hecho esto se

propusieron 7 nuevas mezclas para determinar cuál aportaba un secado mayor y una resistencia aparente más rápida, ya que en su momento no se contaba con el equipo especial como la prensa hidráulica, esta metodología experimental fue empleada en Cherán, con el objetivo de encontrar reacciones con la resina de pino. Se propusieron las siguientes nuevas mezclas:

- Mezcla 1: 20 gramos de resina de pino + 20 gramos de cal + 40 gramos de arena
- Mezcla 2: 25 gramos de resina de pino + 25 gramos de cal + 35 gramos de arena
- Mezcla 3: 30 gramos de resina de pino + 25 gramos de cal + 40 gramos de arena
- Mezcla 4: 35 gramos de resina de pino + 10 gramos de cal + 50 gramos de arena
- Mezcla 5: 45 gramos de resina de pino + 15 gramos de cal + 30 gramos de arena
- Mezcla 6: 55 gramos de resina de pino + 18 gramos de cal + 35 gramos de arena
- Mezcla 7: 60 gramos de resina de pino + 20 gramos de cal + 40 gramos de arena

Una vez realizadas las 7 mezclas se monitorearon de la misma manera que las mezclas pasadas, en este caso todas presentaban una solidificación, sin embargo, no el mismo comportamiento, puesto que con mayor cantidad de resina de pino el espécimen colado tardaba más tiempo en secar y en adquirir resistencia.

Los pequeños especímenes se dejaron secar por 7 días, pasado estos 7 días se procedió a determinar su resistencia solo con la compresión que mi mismo peso y si estos la podrían resistir, cabe señal que mi peso en ese momento era de 80 kilogramos y los especímenes tenían un área de 5 x 5 cm.

Hecha esta prueba rápida para determinar si contaban con una resistencia, pude observar algo importante lo cual es que a mayor porcentaje de resina los

especímenes aun no secaba por completo, presentándose una muestra sin fraguar y con fácil manipulación aun pasado los 7 días, contrario a los especímenes de menor porcentaje de resina, en este caso con un menor porcentaje de resina los especímenes se fracturaban de manera fácil, sin embargo la mezcla numero 7 soporto mi peso sin presentar alguna aparente fisura

Contando con una determinada mezcla y con el conocimiento que la mezcla de resina de pino, cal y arena proporcionan una resistencia se procedió a determinar la características físico mecánicas de esta mezcla dentro del laboratorio de materiales Ing. Luis Silva Ruelas de la facultad de ingeniería civil perteneciente a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia Michoacán.

3.2.- DISEÑO DE MEZCLA A BASE DE RESINA DE PINO EN SU ESTADO NATURAL, CAL Y ARENA

Una vez obtenidas las cantidades con las cuales la resina reacciona y adquiere una solidificación se tomó esas cantidades para hacer el diseño de tres probetas cubicas de 5 x 5 cm. con las siguientes cantidades:

Tabla 1.- Cantidades de material implementado para la mezcla numero 7

Resina de pino	60 g
Cal	20 g
Arena	40 g

Las cantidades representadas en la tabla 1 son las cantidades con la cual la resina de pino favoreció en su solidificación, para la realización de las primeras probetas se tomó esa misma relación multiplicada por 3 para rellenar la cantidad de 3 probetas a esta mezcla se le llamo M1 y sus cantidades son las siguientes:

Tabla 2.- Mezcla M1

Resina de pino	180 g
Cal	60 g
Arena	120 g

Con la realización de estas probetas se pretende conocer el esfuerzo a compresión que las probetas elaboradas de este material pueden soportar para así poder iniciar y seguir elaborando más mezclas.

El principal objetivo primeramente es conocer la mezcla con mayor resistencia para proceder al estudio de las diferentes pruebas físico - mecánicas que se le aplicaran a la mezcla con mayor capacidad de resistencia.

De los aspectos a resaltar de esta mezcla son: a la hora de agregar los materiales y batirlos se formaba una especie de masa la cual era muy fácil de moldear, contaba con una fluidez buena aparentemente, en el aspecto superficial es muy brillante, pareciera ser que la mezcla estuviera mojada o humedad a los pocos minutos de poder colarla (figura 8)



Figura 8.- Se puede observar la superficie húmeda a los pocos minutos después de colar.

En el aspecto del tacto directo con los dedos la mezcla es muy adherible, es de mucha adherencia a los objetos utilizados para batir como las espátulas.

Una gran observación es que, al pasar 1 hora después de poner la mezcla en los moldes, la mezcla se solidifica al grado de poder extraerla del molde sin ningún

tipo de problemas (figura 9), es importante mencionar que se utilizó aceite de coche como lubricante para un fácil desmolde. En esta misma figura 9 se puede observar que las paredes no son lisas si no que contiene un alto grado de poros que muestran un material áspero al tacto.



Figura 9.- Pasado una hora el material ya contaba con un endurecimiento el cual permitía que se desmoldara fácilmente sin perder su estado físico.

La mezcla fue realizada a la 1:30 pm y se colaron los especímenes a las 1:40 pm, siendo las 2:19 la mezcla ya se encontraba con un endurecimiento en la parte superior del cubo de 5 x 5 cm.

Realizada esta primera mezcla llamada M1, se obtuvo importantes observaciones, una de ellas fue que al utilizar arena con un porcentaje de humedad la mezcla es mucho más fácil de manipular, en este sentido hago referencia a que la arena se adhiere más fácilmente con la resina de pino, por lo que se contemplara utilizar un mínimo de porcentaje de agua en las siguientes mezclas propuestas para que tenga mayor facilidad a la hora de hacer el mezclado.

Realizadas estas observaciones se procedió a realizar dos mezclas más denominadas con el nombre M2 y M3, estas dos mezclas se le agregaron un mínimo porcentaje de agua el cual fue restado del porcentaje total de la resina de pino, las mezclas M2 y M3 se realizaron con la siguiente cantidad de material:

Tabla 3.- Mezcla M2

Resina de pino	120 g
Cal	40 g
Arena	80 g
Agua	5 g

En la mezcla M2 se tomaron las primeras cantidades que se obtuvieron de la mezcla de solidificación (tabla 1) multiplicadas por tres y adicionando 5 mililitros de agua, en esta mezcla se agregó la arena y el agua para agregarle humedad a la arena y después los siguientes materiales.

Tabla 4.- Mezcla M3

Resina de pino	285 g
Cal	100 g
Arena	200 g
Agua	15 g

En esta siguiente mezcla M3 (Tabla 3) se multiplico las cantidades de material de la tabla 1 por 5 ya que no se había contemplado un desperdicio y con este ajuste de material se llenaron perfectamente los espacios del molde (3 especímenes) con ello también se modificaron la cantidad de agua utilizada, para esta mezcla se utilizó el 5% del total de resina a utilizar (300 g) el resultado (15 g) se restó al total de resina de pino y se adiciono el 5% de agua a la mezcla.

Contando con estas mezclas realizadas el mismo día se optó por dejar la mezcla M1 a la temperatura ambiente sin ningún tipo de curado, la mezcla M2 se dejó saturado un día completo en el agua y por último la mezcla número 3 se dejó por 7 días sumergidas en agua.

Estas tres mezclas se probaron a compresión en la prensa hidráulica para obtener su esfuerzo a compresión, cabe mencionar que las cantidades utilizadas para M1

y M2 solo llenaron dos probetas mientras que M3 si lleno la cantidad de espacios en el molde.

Las medidas presentadas por los especímenes de la mezcla M1 fueron un promedio de 5 cm por cada lado (ancho, espesor y altura) al igual que los especímenes de las dos mezclas más, sin embargo, en la mezcla M3 se notó una especie de reacción entre los especímenes y las probetas, el agua en la que estaban sumergidas estas probetas comenzó a teñirse de un color amarillento y grasoso.

La temperatura de M1 y M2 que se encontraban en temperatura ambiente, arrojaron 25 grados mientras que la temperatura de M3 fue de 22 grados recordando que estos especímenes fueron retirados del agua ese mismo día.

Los resultados de la prueba a compresión se muestran en la siguiente tabla 5

Tabla 5.- Primeros datos de esfuerzo a compresión obtenidos.

Mezcla	Resistencia en toneladas y no. De espécimen		
	1	2	3
M1 (Sin ningún tipo de curado)	0.51	0.55	-
M2 (sumergido 24 Horas en agua)	0.42	0.49	-
M3 (Sumergido 7 días en agua)	0.38	0.38	0.40

Obtenido los primeros datos de este material, observamos que la variabilidad en las resistencias obtenidas no es muy influyente en el aspecto creciente, sin embargo, las expectativas en el esfuerzo de compresión son mayores puesto que se pretende que el material cuente con resistencias mayores.

Es de resaltar que la resina de pino empleada para estas mezclas tenía un alto contenido de materia orgánica como huinumo y restos de madera por lo cual se implementó la manera de colarla mediante un colador de plástico donde se

quedaron todos los restos orgánicos (Figura 10) que posiblemente influyen directamente en la resistencia de los especímenes elaborados.



Figura 10.- Se puede apreciar en el bote amarillo (parte derecha-9 la resina con el contenido orgánico en exceso, de lado izquierdo se encuentra la resina pre colada cambiando a un color blanco que caracteriza a la resina de pino.

Para obtener mayor información si la resina colada beneficiaba o no a la mezcla y también si funcionaba el curado con agua se procedió a realizar las siguientes mezclas tabla 6:

Material	Cantidad
M4	
Resina de pino	570 g
Cal	200 g
Arena	400 g
Agua	30 g
M5	
Resina de pino	558 g
Cal	200 g
Arena	400 g
Agua	42 g

M6	
Resina de pino	552 g
Cal	204 g
Arena	408 g
Agua	36 g
M7	
Resina de pino	504 g
Cal	228 g
Arena	432 g
Agua	36 g

Tabla 6.- Cantidades de las siguientes mezclas propuestas.

Se observa un cambio en las cantidades con lo cual se pretende saber si este cambio beneficia a la resistencia directamente, también se observa un incremento en las cantidades utilizadas al inicio, las cantidades correspondientes representa a la elaboración de 6 probetas de cada mezcla donde tres se dejarán secar a temperatura ambiente y las tres restantes se sumergirán en agua durante 7 días para volver a verificar la resistencia a compresión de cada mezcla.

El llenado de los especímenes ya no fue mediante la norma NMX-C-061-ONNCCE debido a que se observó que el material no se compactaba de la mejor manera, por lo que se implementaron 20 golpes por cada 2 capas a una fuerza mayor, esto hacía que el material quedar mejor compactado y con las caras más lisas.

Durante la elaboración de M7 se notó que la mezcla ya no era tan moldeable, se perdía su elasticidad y se disgregaba fácilmente, ya no se podía formar una especie de masilla si no pareciera un material seco, pero con una mayor cohesión, al término de compactar se notó una mayor dureza por lo que predecimos una mayor resistencia.

Las mezclas se dejaron tal las especificaciones mencionadas anteriormente durante un lapso de 7 días, al séptimo día se probaron nuevamente en la prensa hidráulica arrojando los siguientes datos tabla 7:

Tabla 7: Esfuerzo a compresión

Mezcla	Resistencias en toneladas					
	En agua			Temp. Ambiente		
M4	0.39	0.36	0.40	0.45	0.49	0.48
M5	0.44	0.46	0.44	0.54	0.55	0.57
M6	0.26	0.31	0.28	0.45	0.42	0.42
M7	0.34	0.34	0.37	0.52	0.55	0.56

Realizadas estas pruebas nos damos cuenta que el curado sumergido totalmente en agua no aporta en nada a los especímenes, se observó que al estar en el agua los especímenes desarrollan un tipo de reacción desprendiendo pequeñas partes del material y haciendo que el agua tome de un color amarillento, principalmente se ve la expulsión de la cal.

Un aspecto más a considerar es el colado de la resina de pino, la separación de la materia orgánica de la resina de pino, la mezcla M7 fue la mezcla preparada con resina de pino previamente colada, esto influyo en la resistencia obtenida mediante la prueba.

Sin embargo, el uso del agua favoreció a la solidificación más rápida de los especímenes, teniendo así una hipótesis donde la temperatura del agua determina una mayor rapidez para solidificar puesto que a los dos días sumergidos en agua los especímenes se extrajeron para ver los cambios que estaban ocurriendo y el

principal fue que los especímenes estaban más solidificados que los especímenes secados a temperatura ambiente.

Obtenido los resultados y observando los otros fenómenos ocurridos concluimos que el uso del agua como objetivo de curar a los especímenes no funciona, todo lo contrario, provoca reacciones que repercuten en la resistencia de los especímenes, por lo tanto, las siguientes muestras realizadas se mantendrán a temperatura ambiente donde se evitara todo tipo de reacciones con la cal y la resina de pino.

Se realizaron nuevamente las mezclas M4, M5, M6 y M7 con las mismas cantidades que se pueden observar en la tabla 6, estas mezclas una vez realizadas se llevaran a un contenedor con agua sin embargo estarán cubiertas con plástico para que el agua no toque en ningún momento la superficie de los especímenes, esto servirá para controlar la temperatura y conservar la humedad del material (Figura 11)



Figura 11 Se pretende que con la temperatura del agua la solidificación que pueda producirse se lleve a una mayor velocidad.

Se dejo que la mezcla reposara por un lapso de 7 días para posterior mente someterlas a la prensa hidráulica, los resultados obtenidos de estas mezclas fueron las siguientes (tabla 8):

Tabla 8.- Esfuerzo a compresión

Mezcla	Resistencias en toneladas					
M4	0.42	0.41	0.45	0.47	0.43	0.47
M5	0.58	0.58	0.52	0.55	0.50	0.55
M6	0.41	0.41	0.42	0.40	0.40	0.45
M7	0.50	0.53	0.54	0.52	0.55	0.54

Comparado los valores obtenidos de los esfuerzo a compresión obtenido de las diferentes mezclas en diferentes situaciones de curado (tabla 7 vs Tabla 8), nos damos cuenta que no existe un gran diferencia entre los valores de las mezclas que se dejaron solidificando a temperatura ambiente a las mezclas que fueron cubiertas con plástico y sumergiéndolas en agua, identificado esto, se eliminara totalmente el uso de agua como método de curado, dejando secar a temperatura ambiente las mezclas que se prevén realizar.

Las probetas que se realizaron anteriormente y que se llevaron a prueba, posteriormente finalizada la prueba no se desecharon, se llevaron al patio trasero del laboratorio y se dejaron directamente en el sol por tres días, un fenómeno importante es que los especímenes mantuvieron la misma solidificación sin que el sol le afectará o que por ende la resina de pino regresará a su estado natural (liquido) contemplándolo como un buen avance.

Sin embargo, el principal problema es la baja resistencia que se obtiene de estas mezclas, no se tenía contemplado las bajas resistencia por parte de los especímenes y de la mezcla de resina de pino, cal y arena. Para este momento se pone en duda si la resina de pino puede proporcionar resistencia, por lo cual se

utilizará como una adición en la fabricación de mortero convencional para probar si este puede proporcionar algún tipo de resistencia.

3.3.- ADICIÓN DE RESINA DE PINO A UNA MEZCLA DE MORTERO CONVENCIONAL.

Propuesta una nueva idea para identificar si el uso de la resina de pino es correcto llevaremos a cabo la elaboración de nuevos especímenes, esta vez se realizarán especímenes denominados testigos los cuales se elaboran con la mezcla que marca la norma NMX-C-061-ONNCCE, para este caso se utilizará la proporción indicada de 6 especímenes que indica las siguientes cantidades de materiales señaladas en la tabla 9:

Tabla 9.- Cantidades de material para mortero a utilizar en especímenes testigos

Cemento	500 g
Arena	1375 g
Agua	242 ml

La elaboración de los especímenes testigo fue llevada paso a paso indicados en la norma NMX-C-061-ONNCCE, desmoldándose al día siguiente y llevándolos a un bote lleno de agua para que su humedad permaneciera durante los próximos 7 días.

Al mismo día se llevó a cabo la elaboración de nuevas mezclas, se tomaron los mismos valores de la tabla 9, adicionándole un porcentaje de resina de pino al total de la mezcla para saber si esto favorece con algún tipo de reacción.

La mezcla se realizó con las siguientes proporciones (tabla 10) y se le nombro como M9

Tabla 10.- Proporciones para primera mezcla de mortero adicionada con resina de pino

M8	Cemento	500 g
	Arena	1375 g
	Agua	242 ml
	Resina de pino	50 g

La mezcla se realizó inicialmente con los tres primeros materiales: cemento, arena y agua, se mezclaron perfectamente hasta llegar al mortero convencional, para esto ya se tenía listo los 50 gramos de resina de pino, se tomó 50 gramos como indicador del 10 por ciento de la cantidad total de cemento a utilizar.

Realizada esta mezcla M8, al agregar los 50 gramos de resina de pino correspondientes la mezcla presento un nuevo fenómeno, la mezcla inicial (cemento, arena y agua) estaba en un estado fluido sin embargo al agregarle la cantidad de resina de pino se volvió menos fluida, asimilaba que tenía mayor contenido de cemento o arena, en cuestión de su adherencia pareciera que la perdió y se formó una especie de masa que se podía desmoldar fácilmente, se procedió a vaciar la mezcla dentro de los moldes utilizando la misma mecánica que la norma nos señala quedando de la siguiente manera (figura 12)

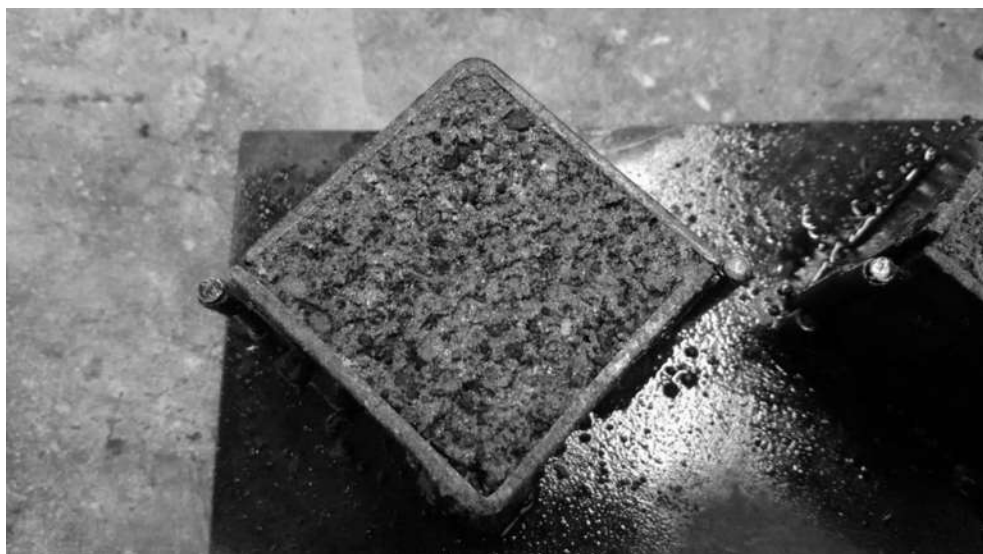


Figura 12.- La mezcla M8 presenta una menor fluidez a la mezcla de los especímenes testigos.

La siguiente mezcla denominada M9 se realizará con la misma metodología que la mezcla M8 solo con un ajuste de la adicción de la resina de pino.

Para la mezcla M9 se le adicionara un total del 10 por ciento del contenido total de cemento que contiene la mezcla, en su caso correspondiente al 10 por ciento de 500 gramos. La mezcla M9 se muestra en la siguiente tabla 11:

Tabla 11.- Proporciones para mezcla M9

M9	Cemento	500 g
	Arena	1375 g
	Agua	242 ml
	Resina de pino	100 g

En la mezcla M9 sucedió lo mismo, la fluidez desapareció y se tornó una mezcla de apariencia seca y con falta de agua, al vaciar en el molde también fue de difícil acomodo debido a su falta de fluidez, el espécimen obtuvo un acabado raspos.

Las tres mezclas elaboradas (testigos, M8 y M9) se dejaron reposar en un recipiente lleno de agua hasta los 7 días en el cual se llevarían a cabo la prueba de resistencia a compresión para determinar si el uso de resina podría ser un factor positivo.

En la siguiente tabla 12 se plasmaron los resultados obtenidos:

Tabla 12.- Resultados de la resistencia a la compresión:

Mezcla	Resistencias en toneladas					
Testigo	2.51	2.92	2.55	2.62	2.65	2.73
M8	3.05	2.82	2.59	2.67	3.15	3.12

M9	1.59	1.50	1.76	1.58	1.97	1.54
----	------	------	------	------	------	------

En la tabla 12 podemos observar la comparación entre las tres muestras realizadas, si comparamos la mezcla testigo con la mezcla M9 se observa una gran diferencia, se esperaba que esta diferencia ocurriera debido a que la mezcla M9 no presentaba una buena adición, en el tacto directo con la probeta pareciera que el material se despegaba por sí solo.

Ahora la comparación con la mezcla testigo y la mezcla M8 se observa una pequeña diferencia a favor de la mezcla M9 la cual nos indica que la resina de pino puede llegar a proporcionar una resistencia a favor.

Durante los fines de semana que no había acceso al laboratorio de materiales, las pruebas con la resina de pino se seguían llevando a cabo con pruebas caseras dentro del hogar que resultaron ser interesantes debido a que a la resina se le aplicó calor, el cual hizo que la resina se volviera sumamente líquida, al grado de parecer una especie de aceite. Después de calentar la resina de pino y dejarla enfriar esta se vuelve sumamente sólida, en ese momento desconocía que ese proceso era el que se utilizaba para la fabricación de brea. Al agregarle calor la resina de pino queda de esta manera (figura 13)



Figura 13.- Se observa la solidificación de la resina de pino, convirtiéndose en brea.

Planteado esto y teniendo en cuenta que la resina solidifica rápidamente de esta manera se plantearon mezclas las cuales lleven resina de pino caliente, con esto se pretende que al momento de enfriar y llegar a temperatura ambiente se pueda solidificar dentro de la mezcla ya moldeada.

Las mezclas se llevarán de la misma forma y con las mismas cantidades que marca la norma para 6 especímenes, solo se hará el ajuste en la forma de agregar la resina en este caso será resina caliente. las mezclas y sus cantidades se especifican en la siguiente tabla 13:

Tabla 13.- Su nuevo formato presenta la adicción de resina caliente

M10	Cemento
	Arena
	Agua
	Resina de pino
M11	Cemento
	Arena
	Agua
	Resina de pino

La mezcla de mortero se realizó sin embargo al agregarle la resina de pino caliente no presento ninguna reacción ni mucho menos una adicción, la resina se quedó en su lugar y no se integró con la mezcla, solamente se formó una especie de "bolitas" mostradas en la siguiente figura 14:



Figura 14.- Se identifica los restos de la resina solidificada, proceso en el cual se obtiene una solidificación conocida e identificada como brea.

Observado esto, se decidió y planteo continuar con la misma mezcla cambiando solamente la cantidad de resina de pino por una cantidad mayor, la propuesta fue la siguiente tabla 14:

Tabla 14.- Cantidades de material para mezcla M12

M12	Cemento
	Arena
	Agua
	Resina de pino (al doble)

De igual forma se preparó la mezcla de mortero y una vez echa se procedió a calentar la resina de pino, se vació de igual forma, pero los resultados fueron los mismos, sin embargo, se encontró un fenómeno interesante, pues a la hora de que la resina tocara la superficie fría de la mezcla de mortero esta producía un choque térmico el cual hacía que la resina de pino fuera formando pequeñas fibras, fibras que se muestran en la figura 15.



Figura 15.- Fibras que se obtuvieron a partir de la resina de pino y su choque térmico con la mezcla de mortero.

Estas fibras parecieran ser fibras de algún tipo de plástico con lo cual nos interesó saber si esto podría darle algún tipo de impermeabilidad a nuestra mezcla.

Para esto se propuso una nueva alternativa que hiciera que nuestra resina de pino funcionara de una mejor manera que proporcionara una nueva cualidad y que nuevamente con ello se abriera una nueva posibilidad de que funcionara.

Esta nueva propuesta consiste en calentar la resina de pino, esperar su tiempo de solidificación para obtener la brea, obtenida la brea se llevará a cabo un proceso de molienda para usarla dentro de nuevas mezclas.

3.4.- MEZCLAS DE MORTERO ADICIONADAS CON EL PRODUCTO DE LA TRITURACIÓN DE LA BREA DE PINO.

La propuesta consiste en moler el subproducto de la resina de pino conocida como brea, esta brea se llevará, después de su proceso de solidificación, a un mortero para su posterior molienda quedando en un estado muy fino para que la integración con la mezcla de mortero sea más fácil. Se pretendía que la brea molida pasara la malla 200 sin embargo la brea es muy adhesiva lo cual dañaría

estas mallas que son indispensables para el laboratorio, por ende, se molera de la manera que se pueda observar finamente.

Se comenzó con el proceso de obtención de brea de pino el cual consiste en calentar la resina, se dejó enfriar y solidificar por un día completo a temperatura ambiente, pasado el día se llevó a cabo la molienda de esta brea en un mortero de piedra de ágata (Figura 16)



Figura 16.- Molienda de la brea de pino.

La brea ya molida se tornó de un color amarillento aun que esta pareciera tener un color oscuro a la hora de su solidificación como brea, también su pulverización es relativamente fácil, se ocupa de una mayor fuerza para poder triturar la brea por lo que nos indica que la brea solidificada no es muy resistente a los esfuerzos, además de eso se fractura muy fácil, similar a un cristal que de igual forma queda con filo a la hora de cortarse.

Una vez molida esta brea y obtenido el polvo de brea se procedió a realizar mezclas de mortero adicionando el producto obtenido de la molienda, para ello se usó la metodología de la tabla 7, se planteó el uso de un testigo y dos muestras para corroborar que la adicción del polvo de brea podría modificar positivamente nuestra mezcla, quedando entonces de la siguiente manera las cantidades a utilizar tabla 15:

Tabla 15.- Materiales para mezcla M13 y M14

M13	Cemento	500 g
	Arena	1375 g
	Agua	242 ml
	Brea molida	50 g
M14	Cemento	500 g
	Arena	1375 g
	Agua	242 ml
	Brea molida	100 g

Se empleo el uso de nuestra brea molida en porcentajes de 10 y 20 por ciento al total de la cantidad de cemento que se usara. La metodología para su elaboración es la misma que las anteriores, agregándose al final la brea molida.

Para los testigos en esta ocasión no se realizaron, se tomaron los valores obtenidos y que se encuentran en la tabla 7.

Las observaciones presentadas a la hora de realizar la mezcla son las siguientes: Al prepara la mezcla y adicionar la brea molida, esta no se homogeniza, misma que al solidificar quedaron expuestas en la superficie (figura 17).



Figura 17.- Superficie de los especímenes con adicción de brea molida.

Los especímenes fueron curados en agua y sometidos a prueba de esfuerzo a la compresión mediante la prensa hidráulica, recordamos que los testigos no fueron realizados y se tomaron las lecturas de los esfuerzos de las muestras pasadas, datos que se encuentran en la tabla número 7 y que se volverán a poner en esta nueva tabla 16.

Tabla 16.- Carga soportada para M13 y M14

Mezcla	carga en toneladas					
Testigo	2.51	2.92	2.55	2.62	2.65	2.73
M13	1.50	1.47	1.48	1.50	1.54	3.00
M14	1.70	1.43	1.68	1.56	1.89	1.54

Comparando los resultados nos damos cuenta que nuevamente el uso de la resina de pino en ese estado no beneficia en absoluto a las mezclas, para este caso daño la resistencia y también el aspecto físico de las muestras ya que se veían directamente las partículas de la adición empleada.

Sin embargo, se presentó un fenómeno con el polvo de brea de pino, por error llego unas cuantas gotas a un vaso que contenía brea molida, esas gotas de agua quedaron totalmente intactas, intentándolas sacar de ahí se podía apreciar que las gotas no se iban a mezcla, puesto que, la resina de pino presenta funciones impermeables que hacen repeler al agua de cualquier intento de mezclado.

Concluido que la brea de pino molida no aportaba nada en especial dentro de las mezclas de mortero, sin embargo, con el nuevo fenómeno presentado, tenemos una la hipótesis de que la resina podría llegar a ser un material que ayude a cerrar los poros del cemento y por ende este se convierta en un material impermeable.

Para ello se propone nuevamente un nuevo uso de la resina de pino con un nuevo objetivo el cual es proporcionar impermeabilidad a las mezclas de mortero y en su posterior a las mezclas de concreto.

3.5.- MEZCLAS DE MORTERO ADICIONADAS CON RESINATO DE SODIO

Dentro de la industria que utiliza a la resina de pino se conoce la utilización del resinato de sodio en diferentes fabricaciones y aplicaciones, así como en derivados de productos en este caso el de los impermeabilizantes, gracias a este conocimiento se sabe que el resinato de sodio es uno de muchos productos que se ocupa dentro de la industria.

En este punto no contábamos con la suficiente información para poder crearlo, fue gracias a la ayuda de la estudiante en Químico Farmacobiología: Nayeli Guerrero Jeronimo, quien con sus conocimientos nos ayudó a la formulación de un resinato de sodio, los materiales a utilizar son los siguientes:

- Brea finamente molida
- Sosa caustica
- Agua

Ya que no contábamos con instrucciones específicas de cómo conseguir el resinato los ensayos fueron a prueba y error, El primer intento se realizó con los siguientes materiales de tabla 17:

Tabla 17.- cantidades para elaboración de un resinato de sodio

Brea molida	5 g
Sosa caustica	12 g
Agua	300 ml

En este primer intento se dejó calentar el agua junto con la sosa caustica incluida durante 10 minutos, pasado el tiempo de espera se procedió a agregarle la brea molida agitando constantemente por 10 minutos más, se dejó que tomara temperatura ambiente y se pasó por un colador para captar partículas restantes, sin embargo este primer intento no funciono debido a que la mezcla se separó, en la parte de arriba se quedó el líquido mientras que en la parte de abajo se quedó el sólido.

El segundo intento fue realizado con las mismas cantidades especificadas en la tabla 17, se realizó de la siguiente manera: En un recipiente se colocó 300 ml de agua y los 12 gramos de sosa caustica, se dejó al fuego por un lapso de tiempo de 12 minutos, se retiró del fuego y se le agrego la brea molida, se procedió a batir por un minuto, seguido se pasó al fuego nuevamente (figura 18) por un tiempo de 14 minutos más, se coló y nuevamente se dejó enfriar a temperatura ambiente el resultado es el siguiente (figura 19).



Figura 18.- Mezcla puesta al fuego por 2 ocasión



Figura 19.-Resinato de sodio terminado

Una de las cualidades principales del resinato de sodio es la consistencia espesa que este posee además de que al agitar constantemente este produce mucha espuma como si de un jabón se tratara. Terminado el resinato de sodio procedemos a añadirlos en nuestra mezcla para poder verificar si este le ayuda.

Para identificar si este resinato de sodio proporcionaba capacidades de impermeabilidad se realizaron nuevamente dos mezclas con proporciones indicadas en la tabla 9 pero en esta ocasión se redujo a la mitad de sus cantidades esto con el fin de solo obtener tres especímenes por mezcla.

Las mezclas fueron realizadas como se han hecho anteriormente, agregando finalmente el resinato de sodio, a la primera mezcla se le agrego 15 mililitros de resinato, mientras que a la segunda mezcla se le agrego un total de 20 mililitros.

Los especímenes se desmoldaron al día siguiente y se sumergieron al agua durante 7 días, pasado el tiempo lo primero que se realizo fue pesarlos, desgraciadamente los especímenes pesaban igual a un espécimen de mortero tradicional descartando por completo la hipótesis de la aportación de una capa impermeable.

Además de que en cuestión de resistencia fueron las siguientes:

Mezcla	Resistencias en toneladas					
15 mililitros de resinato	1.60	1.65	1.40	-	-	-
20 mililitros de resinato	1.27	1.25	1.31	-	-	-

Nuevamente lo sugerido vuelve a fallar, sin embargo, durante el transcurso de la creación del resinato de sodio surgieron nuevas propuestas tomadas de las fibras de apariencia plástica que se pueden identificar en la figura 15, con esto en mente, crearemos diferentes polímeros a base de resina de pino que nos puedan satisfacer en cuestión de tener alguna capacidad diferente al cemento.

3.6.- DISEÑO DE MEZCLAS DE MORTERO CON ADICIÓN DE POLÍMEROS DE RESINA DE PINO

El objetivo planteado de esta nueva ruta para encontrar un buen funcionamiento de la resina en la construcción es crear diferentes polímeros de resina de pino, pero adicionando diferentes materiales como lo son: cemento, cal, carbonato etc. Con el fin de posteriormente solidificada la mezcla proceder a moler el resultado ya solidificado, esto con la finalidad de que el polvo se pueda mezclar con alguna

otra adición y crear una especie de cemento ecológico donde su principal base sea la resina de pino o continuar agregándolas a la mezcla tradicional del mortero.

Planteado esto y desarrollando diferentes propuestas las mezclas quedaron de la siguiente manera tabla 18:

Tabla 18.- Contenido de mezcla M15 y M16

M15	Resina de pino
	Cemento
M16	Resina de pino
	Cemento

Elaborando M15 se presentó el problema de que la mezcla era demasiada líquida, la resina de pino pareciera ser muy exagerada en su cantidad por lo cual no se presentaba ningún tipo de pasta que era lo que se pretendía elaborar, por lo cual se tomó la decisión de elaborar la mezcla M16 agregándole lo doble de la cantidad de cemento.

La mezcla M16 se tornó como una pasta, la consistencia de lo que se estaba buscando y a lo cual se pretendía llegar para posteriormente se solidifica, a la hora de elaboración la pasta se tornó de un color gris-verde (Figura 20)



Figura 20.- Mezcla M16 solidificada dentro del contenedor.

Este polímero tiene una consistencia al tacto áspera, algo muy notable es que su temperatura se elevó mucho más cuando estaba mezclándose y caliente la resina pues de inmediato se vaporizó el contenido de agua que contenía la resina de pino, también se encontraba muy espesa la mezcla y era muy difícil de mover, su adherencia era significativa puesto que se pegaba con facilidad a la espátula y al sartén donde se elaboró.

Se dejó enfriar por completo, pasado el tiempo fue muy difícil el extraer la resina ya solidificada puesto que se adhirió muy bien al sartén y sobre todo endureció de una forma muy fácil, la apariencia es muy buena, pareciera ser una mezcla de cemento ya fraguada por completo.

Al día siguiente se procedió a molerla en el mortero de piedra Ágata, antes de pasar la muestra al mortero, con ayuda de un martillo se fue quebrando todas las partículas grandes que tenía la mezcla solidificada, el martillo no hizo contacto con la resina para esto se usaron hojas de papel reciclado el cual hizo que se protegiera del contacto directo y así poder triturar en pequeños pedazos.

Estos pequeños pedazos producidos por el golpe del martillo pasaron al mortero, cabe destacar que a la hora de moler se requería de bastante fuerza para pulverizar todo el material, esto debido a que el material contaba con una buena solidificación, el color de la pulverización se asemeja al color del cemento ordinario (Figura 21)



Figura 21.- La mezcla M16 aparenta al cemento portland ordinario.

Posterior a esta mezcla, se realizó una mezcla con una adición en donde la mezcla también conto con una resistencia aparente, La cual siguió el mismo proceso de elaboración y posteriormente el de molienda, a esta mezcla se le nombro M17

Una vez pulverizada la mezcla M16 se optó por agregarle agua en una pequeña cantidad para ver que reacción sucedía, en un vaso se agregó 50 g de polvo de la mezcla M16 agregándole directamente 10 ml de agua, al contacto con el agua se formó una clara separación entre el agua y el polvo molido de la mezcla M16 con lo cual nos indica que en esta mezcla no podría haber una posible reacción con el agua y el cemento que esta podría.

Cabe resaltar que al mencionar una resistencia aparente nos referimos a que presenta una consistencia de dureza, contrario a la brea, la cual solo presenta una solidificación aparte, puesto que con elevaciones mínimas de temperatura en el ambiente esta se vuelve frágil y con una baja resistencia, a de más de viscosa y muy adherible.

La siguiente mezcla M18 Se realizo con una composición de Resina de pino, cemento y una pequeña cantidad de adición, esta mezcla se realizó como de la misma manera que la mezcla M16, se dejó enfriar y posteriormente se procedió a

moler, sin embargo, el polvo de esta mezcla quedo en mis manos y al utilizar alcohol el polvo se volvió prácticamente como un pegamento, fenómeno contrario al agua que no se podía mezclar.

Visto este fenómeno procedemos a realizar mezclas con el objetivo particular de observar si las mezclas podían endurecer por si solas y utilizarlas como algún tipo de sellador.

En la siguiente tabla 19 se encontrará la nomenclatura de cada mezcla al igual del contenido que cada una de ellas tiene:

Tabla 19.- Contenido de diferentes mezclas

M19	Alcohol
	Agua
	M17
M20	Alcohol
	Agua
	M17
M21	Alcohol
	Agua
	M17
	Brea molida
M22	Alcohol
	Agua
	M17
	Brea molida
M23	M17
	Alcohol
M24	M17
	Alcohol
	Agua

Dentro de la mezcla M19 al mezclar se hizo una especie de líquido blanco, asimilaba a una lechada, después de mezclar por varios minutos se pudo

incorporar toda la mezcla asimilándose al color de un mortero normal, sin embargo, no contaba con una buena adherencia.

En la mezcla M20 al agregarle la brea molida se nota una mayor diferencia a la mezcla M19, esta mezcla asemeja a una masilla en su totalidad, por lo cual decidimos agregar más brea molida en la siguiente mezcla.

Para la mezcla M21 la mezcla se volvió aún más moldeable, se manejaba de una manera adecuada con lo cual era más fácil disponer de ella para poder usarla como una masilla selladora, todo esto gracias a que se usó el doble de brea molida en la mezcla.

La mezcla M22 ya contaba con una consistencia más líquida, sin embargo, no se fraguó al instante después de su mezclado, misma relación que presento la mezcla M23, en este caso la mezcla M23 se notó más adherente a las manos y a la superficie, sin embargo, tampoco conto con un secado al instante. Por último, la mezcla M24 presento diferencias en su brillo, esta mezcla era más opaca a la vista, contaba con una forma más moldeable que la mezcla M22 y M23, su adherencia era buena y contaba con una solidificación después de unos pocos minutos, los resultados se pueden identificar en la figura 22.



Figura 22.- Resultados de la mezcla M19, M0, M21, M22, M23, M24

Estas masillas se dejaron secar durante un periodo de 7 días, pasado el lapso de tiempo los resultados no fueron muy agradables, la mezcla M21 se secó en su totalidad y se separaba con facilidad de la superficie y a de más era muy fácil de romper.

Las mezclas M22 y M23 no endurecieron, se quedaron todo el tiempo en estado líquido contrario a las mezclas M19 y M20 donde la mezcla quedo en un estado seco y donde se disgregaba la mezcla.

Sin embargo, la mezcla 24 fue la única que presento un poco más de dureza y firmeza, a de más contaba con una adherencia muy buena al lugar donde se aplicó, solo contaba con un pequeño detalle el cual era que aún no solidificaba en su totalidad.

Estas masillas generaron nuevamente diferentes preguntas, cuestionamientos que me llevaron a que el comportamiento de la resina de pino de esta forma se asemeja al comportamiento de un asfalto, puesto que la masilla M24 asemeja a una masilla asfáltica, el brillo que posea al igual que el tacto si contienen características particulares del asfalto.

En este punto de la investigación, a cuatro meses de su inicio, comprendí diferentes comportamientos de la resina de pino, me olvidé un punto clave que fue el no usar ningún tipo de cementante en cantidades mayores, tal fue el caso del cemento ordinario, con esto en claro, a partir de este momento utilizaremos solo alternativas que no conlleven el uso de elementos químicos como el cemento o alguna adición química.

Recapitulando cada uno de los ensayos realizados y en los cuales se ha fallado por no llegar a un resultado positivo, nos damos cuenta que hasta ahora, la propuesta que mayor eficacia a tenido es sin duda alguna la resina de pino caliente (brea de pino), adicionada con algunos elementos formando los distintos polímeros hechos a base de resina de pino.

Definido esto, contamos con una nueva idea, una nueva propuesta que nos ayudara a resolver este problema de no encontrar una para que la resina de pino pueda adquirir cualidades que sean utilizadas dentro de la industria de la construcción.

Como hemos observado a lo largo de los diferentes ensayos, la resina de pino expuesta a la energía sufre un cambio conocido como polimerización, transformándose en un producto conocido como brea de pino, sin embargo la brea por sí sola no cuenta con aspectos sólidos mucho menos de resistencia a la compresión, pero esta ocasión en la mezcla M17 se puede observar todo lo contrario a lo que proporciona la brea por sí sola, a partir de esta mezcla se propondrá un nuevo uso similar a una mezcla asfáltica.

Relacionando que la resina de pino tiene cualidades de un asfalto, recordando también que al hacer un choque térmico de las temperaturas la resina se forma como fibras de plástico, además de que la resina caliente se puede ocupar fácilmente y moldear de diferente manera, para ello necesitábamos de especímenes elaborados con la mezcla M17 solo que esta ocasión se contemplaría el uso de grava todo esto para poder observar si esta mezcla podría contener alguna capacidad de resistencia a la compresión.

Como uso emergente y para crear nuestra nueva idea, dentro de un molde, primeramente, se lubrico con aceite, se prosiguió a agregarle la grava, acomodándola de tal manera que no sobrepasara los límites del molde, el molde que se ocupo fue un molde de 5 x 5 x 5 cm, cabe destacar que la norma no permite la creación de especímenes de 5 x 5 x 5 cm con grava, sin embargo necesitábamos darle un uso emergente para verificar nuestra idea.

De este modo ya pesada la grava y acomodándola en los especímenes se procedió a la fabricación de nuestra mezcla M17, elaborada M17 se procedió a vaciar dentro de los moldes, la cantidad elaborada solo lleno un espécimen y la mitad del otro, sin embargo, por el momento nos importa si la mezcla M7 posee cualidades que adhieran las partículas de grava en un solo espécimen.

Vaciada la resina de pino caliente, se procedió a darles ligeros golpes para que este no contuviera ninguna burbuja de aire, el resultado final de esta idea se encuentra en la figura 23.



Figura 23.- Mezcla con piedra solidificada.



Figura 24.- Carga soportada en la prensa hidráulica ya solidificada el espécimen

Esta idea se presentó el día viernes, debido a esto no podíamos esperar todo el fin de semana para verificar si la mezcla presentaba alguna resistencia y en su caso una adición con la grava, se dejó enfriar la mezcla por un par de horas donde esta llegó a la temperatura ambiente.

La mezcla se veía uniforme y firme, solo presentaba pequeños orificios en donde la resina no pudo llegar pero que la grava si podía sustituir. Este espécimen se llevó a la prensa hidráulica pasado dos horas después de su fabricación dando como resultado un esfuerzo soportado de 2.10 toneladas (figura 24)

La resistencia que se obtuvo no es un indicador de que el polímero soporte grandes cantidades de compresión debido a que la grava no se debe utilizar en probetas de 5 x 5 cm, sin embargo, la mezcla si es una buena para adherir

partículas de los agregados pétreos, así que la próxima mezcla contemplara un agregado de menor rango el cual es el granzón.

A partir de la siguiente mezcla solo se contempló la elaboración de una sola probeta de 5 x 5 cm para cada mezcla, esto debido a que las resistencias obtenidas no presentaban una variabilidad muy grande y debido a que estaremos en busca de una mezcla la cual nos dé una buena resistencia a la compresión.

Así que la metodología empleada para verificar si las mezclas que se pretenden desarrollar contienen una resistencia a la compresión se fabricara solamente un espécimen en las mezclas que veamos con menor potencial y tres especímenes en mezclas con un potencial más elevado para posteriormente poder introducirla a la prensa hidráulica y con ello poder agilizar un poco los procesos.

Identificado que la resina de pino en un estado caliente tiene una determinada resistencia cuando esta llega a una temperatura ambiente se tomó la decisión de dejar reposar el espécimen por un rango de 20 a 24 horas para posteriormente llevar a la prensa hidráulica, por el momento no tomaremos , por el momento no nos interesa determinar los pesos y las medidas de los especímenes debido a que optamos por poner a la resistencia a la compresión como principal parámetro de identificación para determinar que sea válida nuestra mezcla.

3.7.- MEZCLAS CON POLÍMERO HECHO CON RESINA DE PINO.

Para verificar que la resina de pino podía contener una resistencia a la compresión cuando los especímenes adoptaran la temperatura del ambiente se elaboraron dos mezclas para poder identificar si este fenómeno se hacía presente. Para esto se elaboraron dos mezclas con los siguientes materiales de la tabla 20:

Tabla 20.- Mezclas M25 y M26

		Carga (toneladas)
M25	Granzón	1.58
	Resina de pino	
	Adición	
M26	Granzón	1.20
	Resina de pino	
	Adición	

Estas mezclas fueron realizadas a las 3:40 pm y se desmoldaron pasando 40 minutos, a los 40 minutos ya contaba con una resistencia aparente. La primera mezcla de esta nueva ruta de investigación fue de 1.58 toneladas (figura 25). El acabado que presento fue muy similar al asfalto y se muestra en la siguiente figura 26:



Figura 25.- Carga soportada de mezcla M25.



Figura 26.- Acabado de la mezcla M25.

Este par de mezclas fueron probadas a las 5:10 pasado un total de una hora con treinta minutos, con lo cual nos deja en claro la posibilidad de que pueda existir una mayor resistencia si este material se deja enfriar un poco más.

Cabe resaltar que a partir de la mezcla M25 el uso del cemento o de cualquier material con capacidades cementantes fue eliminado, partiendo de aquí solo con materiales sustentables y ecológicos, con ello retomamos la sustentabilidad dentro de nuestras mezclas.

En las siguientes mezclas realizadas existe un ligero cambio, se agregó un nuevo material para llevar a cabo las mezclas, la descripción del contenido de materiales y resistencias se muestra en la siguiente tabla 21:

Tabla 21: Contenido de mezclas M27, M28, M29

		Resistencia (toneladas)
M27	Granzón	2.74
	Resina de pino	
	Adición	
	Arena	
M28	Granzón	1.25
	Resina de pino	
	Adición	
	Arena	
M29	Granzón	3.02
	Resina de pino	
	Adición	
	Arena	
	Alcohol	

Se adiciono arena con el fin de que las probetas contaran con una menor cantidad de huecos y que a si pudiera estar más lisa la superficie de las probetas elaboradas.

Se puede observar en el contenido de la mezcla M29 la aparición del alcohol, se optó por adicionarlo a la mezcla debido a los resultados con el que se contó en las mezclas M19 a M24, así que el alcohol podría darle alguna otra cualidad a nuestra mezcla.

Estas tres mezclas se elaboraron el 10 de diciembre, se desmoldaron después de 40 minutos y se procedió a probar pasado 20 horas. Recordando que solo se realizó un espécimen por mezcla con el fin de agilizar los tiempos, pero también para el cuidado de los materiales empleados y no gastar más de la cantidad requerida.

En la figura 27 se encuentra la mezcla M27 y cómo podemos observar su acabado se encuentra más compacto por la arena, menos espacios los cuales fueron solventados por la arena, también se aprecia la resistencia obtenida a través de la prensa hidráulica.



Figura 27.- Mezcla M27 después de haber sido probada en la prensa hidráulica.

Al termino de probar las tres diferentes mezclas por fin se obtuvo resultados positivos dentro de la capacidad de soportar una carga dentro de la prensa hidráulica, de igual forma avanzamos positivamente ya que al observar la resistencia de la mezcla M29 en la tabla 21 sobrepasa las dos toneladas, resistencia que hasta el momento no se había obtenido.

En el proceso de elaboración de la mezcla M29 tenemos un comportamiento como una masilla, puesto que esta mezcla se podía moldear y manipular fácilmente, en

cuestión de la adherencia esta seguía siendo posible mientras la temperatura bajaba.

Analizando la resistencia de la mezcla M29 y sin tener algún conocimiento de cuanta resistencia podremos llegar a obtener se continuará con la elaboración de más mezclas para obtener una mayor por lo que el objetivo es: Diseñar una mezcla a base de polímero de resina de pino con un mayor grado de resistencia a las 3 toneladas.

Procedemos con dos nuevos diseños de mezclas, de los cuales se presenta los siguientes materiales dentro de ellas (tabla 22), es importante resaltar que nuevamente estas mezclas se elaboraron para un solo espécimen y que conforme a las mezclas anteriores también se probaron al día siguiente.

Tabla 22.- Contenido mezclas M30 y M31

		Resistencia (toneladas)
M30	Granzón	2.33
	Resina de pino	
	Adición	
	Arena	
	Alcohol	
M31	Resina de pino	4.59
	Adición	
	Arena	
	Alcohol	

Dentro de estas dos mezclas podemos observar en la tabla 22 un gran incremento en el esfuerzo de la resistencia a la compresión con resistencia de 4.59, Hasta el momento la combinación de la mezcla M31 es la que mayor resistencia posee (figura 28).

Nos podemos dar cuenta que dentro de la mezcla M31 el uso del granzón se optó por descartarlo ya que el tamaño de los agregados no eran los correctos ya que

eran muy grandes dentro de los moldes de 5 x 5 cm así que solo se implementó como agregado pétreo a la arena.

Para determinar la resistencia a la compresión se utilizó un cabeceado de yeso a los especímenes ya que las fallas presentadas en las anteriores mezclas eran un indicativo de que la fuerza no se distribuía de manera uniforme en los especímenes, por ello se optó el uso de cabeceado de yeso (figura 29).



Figura 28.-Mezcla M31 después de su prueba.



Figura 29.- Cabeceado de especímenes con yeso.

Es importante señalar que además de obtener una muy buena resistencia en la mezcla también obtenemos una falla que nos indica que el espécimen distribuyó bien la carga a lo largo de su área, así como también se presentan muy pocas grietas dentro y alrededor de ella, contemplado esto procedemos a determinar un siguiente paso en base a los resultados obtenidos de esta prueba.

Observando la resistencia de la mezcla M31 y teniendo en cuenta que el uso de granzón ya no fue efectuado, quedando fuera de la mezcla y solo usando como agregado pétreo arena, nos damos cuenta que las resistencias incrementan aún más por lo que a partir de este momento se eliminara el uso de granzón, grava o

cualquier otro agregado pétreo con un mayor diámetro, todo esto mientras se sigan elaborando probetas de 5 x 5 cm

Derivado de la buena resistencia de la mezcla M31 procedemos a realizar tres especímenes para volver a verificar si la resistencia es obtenida anteriormente son las mismas dentro de los tres especímenes, de acuerdo a la normativa es necesario la elaboración de tres especímenes por mezcla para que la prueba sea válida, por ello realizamos la mezcla M31 nuevamente y realizaremos una más con un cambio en su adición por un porcentaje mayor.

En la siguiente tabla 23 se mostrarán los resultados obtenidos de los seis especímenes elaborados por las dos mezclas, es importante aclarar que la mezcla M31 se dejó reposar por un lapso de 22 horas mismas que se aplicaran a las dos mezclas siguientes.

Tabla 23.- Resistencias de las mezclas M31 y M32

Nombre	Horas fraguado	de	Resistencia (toneladas)	Promedio (toneladas)
M31 - 1	22		5.55	4.92
M31 - 2	22		4.96	
M31 - 3	22		4.26	
M32 - 1	22		5.67	5.30
M32 - 2	22		5.74	
M32 - 3	22		4.49	

Con las resistencias encontradas dentro de estas dos mezclas, específicamente en la mezcla M32, superando nuestras expectativas de encontrar una mezcla que soportara mayor resistencia a la compresión que anteriormente se había fijado en 3 toneladas podemos decir con total seguridad que la resina de pino convertida en un polímero puede soportar grandes resistencias.

Como no tenemos bases de cuanta resistencia puede adquirir nuestra resina de pino continuaremos con la elaboración de diferentes mezclas utilizando la misma

metodología de adicionar o disminuir los materiales que anteriormente se han ido proponiendo durante toda nuestra investigación.

Para ello en la siguiente tabla 24 se muestran los resultados del total de nuestras mezclas en búsqueda de las mezclas que tengan mayor resistencia y con ellas poder realizar diferentes pruebas físico -mecánicas y poder observar si además de soportar fuerzas de compresión simple también tendrá diferentes cualidades que actúen como un buen material para uso dentro de la construcción.

Es importante mencionar que en las mezclas M31 y M32 ya no se utilizó el cabeceado derivado de que el solo uso de arena genero superficies más lisas a las mezclas donde se utilizaba granzón, por ello las pruebas siguientes se realizaron sin ningún tipo de cabeceado.

Observando la tabla 23 me di cuenta que la lectura sobre las resistencias en cada espécimen era mejor y que con ello se podía verificar aún más si la resistencia estaba correcta, a partir de las siguientes mezclas se tendrán que elaborar tres especímenes como mínimo para poder llevar acabo nuestra prueba de resistencia y así encontrar nuestras mejores mezclas.

Tabla 24.- Elaboración de diferentes Mezclas y su resistencia

Nombre	Horas de fraguado	Resistencia (toneladas)	Promedio (toneladas)
M33 - 1	20	3.22	3.74
M33 - 2	20	3.93	
M33 - 3	20	4.07	
M34 - 1	20	4.08	4.093
M34 - 2	20	2.97	
M34 - 3	20	5.23	
M35 - 1	23	6.32	6.94
M35 - 2	23	7.23	
M35 - 3	23	7.27	
M36 - 1	23	7.10	7.49
M36 - 2	23	7.38	
M36 - 3	23	8.00	

M37 - 1	21	6.28	4.69
M37 - 2	21	4.00	
M37 - 3	21	3.80	
M38 - 1	21	2.40	2.76
M38 - 2	21	2.90	
M38 - 3	21	3.00	
M39 - 1	21	4.36	4.38
M39 - 2	21	4.82	
M39 - 3	21	3.98	
Nombre	Horas de fraguado	Resistencia (toneladas)	Promedio (toneladas)
M40 - 1	22	5.41	3.55
M40 - 2	22	2.24	
M40 - 3	22	3.00	
M41 - 1	21	4.94	3.70
M41 - 2	21	2.98	
M41 - 3	21	3.19	
M42 - 1	21	3.00	3.28
M42 - 2	21	3.74	
M42 - 3	21	3.10	
M43 - 1	20	4.25	3.71
M43 - 2	20	2.78	
M43 - 3	20	4.10	
M44 - 1	22	4.69	4.20
M44 - 2	22	3.22	
M44 - 3	22	4.69	
M45 - 1	22	3.47	3.96
M45 - 2	22	3.64	
M45 - 3	22	4.79	
M46 - 1	21	9.46	8.85
M46 - 2	21	9.09	
M46 - 3	21	8.01	
M47 - 1	22	5.52	5.64
M47 - 2	22	6.40	
M47 - 3	22	5.00	
M48 - 1	23	6.68	4.19
M48 - 2	23	3.60	
M48 - 3	23	2.30	

M49 - 1	24	6.66	5.92
M49 - 2	24	8.06	
M49 - 3	24	3.05	
M50 - 1	22	6.51	6.42
M50 - 2	22	6.95	
M50 - 3	22	5.82	
Nombre	Horas de fraguado	Resistencia (toneladas)	Promedio (toneladas)
M51 - 1	23	3.05	4.26
M51 - 2	23	3.40	
M51 - 3	23	6.35	
M52 - 1	24	7.68	7.84
M52 - 2	24	8.07	
M52 - 3	24	7.78	
M53 - 1	24	6.55	5.89
M53 - 2	24	5.25	
M53 - 3	24	5.87	
M54 - 1	23	7.47	7.40
M54 - 2	23	7.06	
M54 - 3	23	7.66	
M55 - 1	22	7.06	6.92
M55 - 2	22	6.76	
M55 - 3	22	6.96	
M56 - 1	22	5.82	6.54
M56 - 2	22	6.48	
M56 - 3	22	7.32	
M57 - 1	21	4.06	4.21
M57 - 2	21	4.32	
M57 - 3	21	4.25	
M58 - 1	24	7.68	8.27
M58 - 2	24	8.07	
M58 - 3	24	9.06	
M59 - 1	24	9.46	8.85
M59 - 2	24	8.01	
M59 - 3	24	9.09	

Hasta esta mezcla M59 aun no se encontraba el factor que nos hacía que las mezclas variaban mucho en cuestión de su resistencia a la compresión, sin embargo contábamos con una hipótesis la cual constaba de que el uso de aceite que cubría los diferentes moldes para facilitar el despegar los especímenes de los moldes hacía que al momento de vaciar la mezcla en los moldes aceitados, la resina de pino entraba en contacto con el aceite, el cual era aceite de motor por lo que en él se encontraba diferentes solventes como la gasolina, es por esto que quitaremos el uso del aceite como lubricante de los moldes.

Se procedió a lavar los moldes con agua y jabón, tratando de retirar la mayor cantidad posible del aceite que se encontraban en los moldes, consto de tres enjuagues con agua y jabón para quitar de la superficie el aceite de motor.

A demás podemos observar en las diferentes resistencias de las mezclas que en muchas el primer espécimen es el espécimen que cuenta con mayor resistencia al resto, esto se debe que, al momento de vaciar la mezcla, el primer espécimen recibe mayor cantidad del polímero de resina de pino dejando a los otros especímenes con una menor cantidad del polímero de resina de pino.

Entendido esto se optó por vaciarlo mediante una cuchara, la cual hará que la cantidad de polímero sea esparcida por partes iguales a todos los espacios del molde, con ello evitaremos que los especímenes no contengan partes iguales de materiales, pero sobre todo de la resina de pino.

Entendido estos fenómenos procedemos a realizar las correcciones en los moldes y en el modo de vaciar la mezcla, se realizaron nuevamente diferentes mezclas para seguir en busca de las mejores que podrían adquirir mayor resistencia, con fines de no utilizar demasiados materiales, se volvió a optar por solo construir 2 especímenes por cada mezcla que a continuación se van a presentar en la tabla 25.

Tabla 25.- Mezclas con correcciones en los moldes y la forma de vaciado.

Nombre	Horas de	Carga (toneladas)	Promedio
--------	----------	-------------------	----------

	fraguado		(toneladas)
M60 - 1	23	3.18	3.43
M60 - 2	23	3.68	
M61 - 1	23	5.05	4.55
M61 - 2	23	4.06	
M62 - 1	23	3.66	3.37
M62 - 2	23	3.09	
M63 - 1	24	5.65	5.98
M63 - 2	24	6.31	
M64 - 1	21	6.09	6.38
M64 - 2	21	6.67	
M65 - 1	22	6.03	6.36
M65 - 2	22	6.70	
M66 - 1	23	5.02	4.63
M66 - 2	23	4.24	
M67 - 1	23	6.19	7.44
M67 - 2	23	8.70	
M68 - 1	23	6.78	6.83
M68 - 2	23	6.88	
M69 - 1	24	8.01	8.28
M69 - 2	24	8.56	
M70 - 1	24	8.55	8.41
M70 - 2	24	8.27	

En total se realizaron 45 mezclas con contenido principal de polímero de resina de pino, de esas 45 se eligieron 3 de las cuales no solo fue factor la resistencia mayor si no también se optó por cualidades como: el acabado que los especímenes tenían, así como también su fluidez aparente, su fraguado, pero sobre todo él como la mezcla incorporaba todos los materiales sin hacer acepción con ninguno.

Las tres mezclas elegidas son las siguientes:

- M70
- M67
- M63

Como antes mencionamos, se eligieron estas mezclas derivado del buen comportamiento que presentaban a la hora de su elaboración, a de más de su buen comportamiento dentro de la prueba de compresión simple.

Estas mezclas se encuentran en un buen estado de incorporación, las mezclas sobrantes estaban muy liquidas y algunas muy saturadas de arena, el resultado que se obtuvo en las mezclas elegidas fue el buscado, además dos de ellas sobrepasaron las 8 toneladas de carga, un punto clave que nos indica el buen material que se puede fabricar mediante el uso de resina de pino.

CAPITULO 4.- PRUEBAS FÍSICO - MECÁNICAS, PRUEBAS DESTRUCTIVAS Y NO DESTRUCTIVAS

La nueva nomenclatura utilizada para identificar y diferenciar las mezclas es la siguiente: mezcla 1 para la mezcla M70, mezcla 2 para la mezcla M67 y mezcla 3 para la mezcla M63 seguido de numero a que corresponde el número de probeta.

4.1.- ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CON MEDIDAS DE 5 X 5 X 5 CM DE ACUERDO A LAS MEZCLAS DEFINIDAS.

Para realizar estas pruebas se tuvo que elaborar 30 especímenes por cada mezcla, un total de 90 especímenes de 5 x 5 cm con las cuales se llevaran a cabo las distintas pruebas que tenemos para realizar.

Los 90 especímenes se realizaron de mediante un método que se identificó dentro de la realización de las 45 mezclas elaboradas, consiste en el llenado de cada espacio dentro del molde por una capa, los tres espacios se llenan al mismo tiempo, con la finalidad de evitar que el polímero de resina de pino se concentre en un solo espécimen como anteriormente se venía haciendo. Llenada la primera capa se procede a vaciar la segunda capa, de la misma forma se llenan los tres espacios del molde con la segunda capa, proseguimos con el llenado de la tercera

capa y ultima, dejando a un buen nivel de enrase con el fin de que el espécimen cuente con un llenado y por consecuente tenga la altura del molde.

Además del llenado, se utilizaron hojas de papel reciclado (figura 30) para evitar el contacto con el molde y así que la mezcla no quedara adherida al molde con ello evitamos daños a nuestros especímenes, las hojas de papel actúan perfectamente como un lubricante entre los especímenes y el molde, además de eso las hojas de papel no producen ningún tipo de reacción con el polímero de resina de pino.



Figura 30.- Mezclas cubiertas de papel con la función que nuestro polímero no se adhiera a las paredes del molde.

Los especímenes se dejaron reposar por 40 minutos antes de proceder a desmoldarlos, así mismo para proceder con el desmolde solo se dejaba caer el molde a una pequeña altura, la vibración que produce la caída hace que el espécimen se despegue fácilmente de los moldes.

Es importante mencionar que los especímenes se realizaron en un mismo día por cada mezcla esto para que tengan las mismas horas de fraguado y que no tengan diferencia de días a la hora de realizar las diferentes pruebas.

4.2.- RESISTIVIDAD ELÉCTRICA (NMX-C-514-ONNCCE-2016)

La resistividad eléctrica es un parámetro que nos ayuda a identificar la fuerza con la que la electricidad pasa a través del material, con ello nos indica los probables espacios (poros) que posiblemente se encuentran dentro del material y que a simple vista no se puede observar, además de eso un indicativo de una resistividad eléctrica alta nos indica si el material a probar es conductor del agua esto es importante en la construcción debido a los diferentes problemas que se presenta día con día como lo es en el concreto reforzado, el cual la porosidad puede llegar a ser un grave problema si de corrosión en el acero hablamos, la siguiente prueba se elaboró de acuerdo con la norma NMX-C-514-ONNCCE-2018 la cual establece los parámetros que se presentan a continuación :

El equipo a utilizar es el siguiente:

- Resistómetro
- Especímenes de resina de pino
- Placas de cobre
- Esponjas o telas de microfibra
- Vernier

El procedimiento se encuentra descrito a continuación:

1. Se procedió a sumergir 5 especímenes por mezcla, un total de 15 especímenes en total dentro de un bote con agua a temperatura ambiente (figura 33) esto con fecha del 25 de marzo del 2022, se dejaron reposar por un lapso de 5 días.
2. Antes de tomar la primera lectura de resistividad eléctrica, se verificó que el resistómetro se encontrara conectado de manera correcta, en este caso P1 con C1 y P2 con C2, así mismo verificar que el equipo cuente con batería.

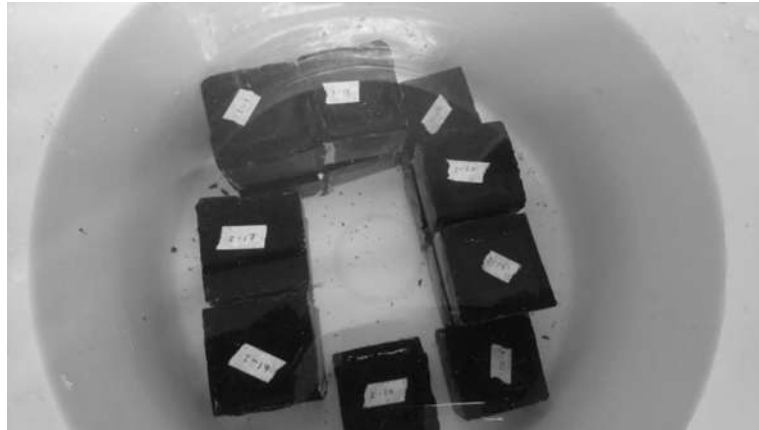


Figura 33.- Especímenes sumergidos en agua a temperatura ambiente.

3. Para la toma de lecturas se procedió a realizar de la siguiente manera: una vez concluido el tiempo de espera se sacaban directamente del agua para que los especímenes no perdieran el agua que tuvieran, para ello ya se tenía listo el equipo de resistividad eléctrica al igual que los paños mojados donde los especímenes serían colocados, primero se colocó la placa seguido de la esponja o microfibra mojada para proceder a colocar el espécimen, colocada la muestra nuevamente se colocó el paño mojado y la placa de metal, sobre la placa se colocó un contra peso para que esta hiciera contacto directo con todo el espécimen, se colocaron las pinzas que lleva el aparato de resistividad (figura 34), con el mismo ritmo y sin dejar secar el espécimen se procedió a verificar la lectura que el resistómetro nos indicaba (figura 35).



Figura 34.- equipo conectado para la lectura de resistividad eléctrica.



Figura 35.- Lecturas arrojadas por el equipo de resistividad eléctrica.

Se determino su primera lectura de resistividad eléctrica (30 de marzo), posteriormente se volvieron a sumergir concluida la prueba, esta vez se dejó por un tiempo de 60 días para realizar la segunda lectura (24 de mayo).

Los cálculos se realizaron con ayuda de la siguiente fórmula:

$$\rho = R_e \frac{A}{L}$$

Dónde:

ρ = Resistividad eléctrica en $K\Omega\text{-cm}$ (ohm-m)

R_e = Resistencia eléctrica que el equipo proporciona, en $K\Omega$

A = Área transversal del espécimen en cm^2

L = Longitud del espécimen en cm

4.3.- GRAVEDAD ESPECÍFICA (ASTM C127-04)

La gravedad especifica se realizó posteriormente a la resistividad eléctrica esto a los 60 días, ya que los especímenes estaban sumergidos en agua durante un

lapso de 60 días, se procedió a determinar la gravedad específica promedio para cada mezcla mediante las instrucciones de la norma ASTM C127-04, instrucciones que se encuentran en el manual de prácticas del laboratorio de materiales " Ing. Luis Silva Ruelas" y son las mismas a la norma ASTM C127-04 solo con un cambio en las abreviaturas utilizadas. Las lecturas fueron tomadas de acuerdo a los 5 especímenes por mezcla que se encontraban sumergidos en agua.

El equipo que se utilizó dentro de esta prueba fue el siguiente:

- Especímenes
- Balanza con aproximación de al décimo de gramo
- Canastilla metálica
- Recipiente con agua
- Horno de secado
- Lienzo o franela

El procedimiento para determinar la gravedad específica fue el que a continuación se describe:

1. 1.-Se enumeraron los especímenes y se secaron en el horno a una temperatura de 40° durante 24 horas, para posteriormente dejarlos a temperatura ambiente y tomar sus datos (Ms), estos datos ya se tenían previamente antes de sumergir los especímenes.
2. 2.- Mencionado antes, los especímenes fueron sumergidos durante un lapso de 60 días, esto con la finalidad de saber si el material cuenta con capacidades impermeables.
3. 3.- Los especímenes se sacan del agua y se secan superficialmente para obtener la masa superficialmente seca (Mss.)
4. 4.-Mediante el uso de balanza y una canastilla metálica que se anclaba a la parte de abajo de la balanza, conectada la balanza con la canastilla esta se procedía a sumergir en un bote lleno de agua hasta cubrir toda la parte superficial de la canastilla y así determinar la masa de la canastilla.

5. 5.-Una vez que se contaba con el espécimen totalmente "saturado" este se colocaba dentro de la canastilla haciendo que por su gravedad se sumergiera y por ende la balanza registrara su masa, a esta masa se le restaba la masa de la canastilla dando el valor de la masa sumergida (M_a)

Con los resultados se procedió a realizar los cálculos mediante la siguiente fórmula:

$$G.E = \frac{M_s}{M_{ss} - M_a}$$

Donde:

$G.E$ = Gravedad específica

M_s = Masa seca

M_{ss} = Masa superficialmente seca

M_a = Masa sumergida

4.4.- COMPRESIÓN SIMPLE (NMX-C-083-ONNCCE-2014)

El objetivo de esta prueba es conocer el esfuerzo de ruptura máximo a compresión en los especímenes y así mismo conocer la resistencia para poder hacer una comparación con el concreto. Es importante conocer si la resistencia que se da en el último día es igual o similar a la del primer día, dentro de la hipótesis se encuentra que: el material soporta las mismas resistencias una vez este se encuentre con la temperatura normal sin importar el día de ruptura.

Para el correcto desarrollo de esta prueba, recurrimos a la norma NMX-C-083-ONNCCE-2014 en donde nos describe el equipo a utilizar el cual se presenta a continuación:

- Especímenes cúbicos de 5x5 cm
- Vernier

- Prensa hidráulica
- Marcador
- Nivel de aluminio

Esta prueba se desarrolló con ayuda de la prensa hidráulica ubicada dentro del departamento de corrosión del laboratorio de materiales "Ing. Luis Silva Ruelas", para estas pruebas se propusieron las siguientes fechas de ruptura:

- 1 día
- 7 días
- 14 días
- 28 días
- 45 días
- 60 días

El procedimiento de esta prueba consistió en lo siguiente (apegado a la norma NMX-C-083-ONNCCE-2014):

1. En el desarrollo de esta prueba los especímenes no utilizaron ningún tipo de cabeceado, se probaron de la cara de un costado donde se encuentra la parte más lisa y sin mayor deformación, para determinar la mejor cara que contuviera un buen nivel se procedió a utilizar un nivel de mano para verificar si la cara del espécimen estaba en una correcta nivelación, esto para que no se viera afectada por un mal acomodo de su cara, sin embargo en algunos especímenes la mala nivelación era evidente.

Un factor muy importante es el molde, debido a que los moldes no cerraban por completo dejando pequeñas imperfecciones dentro de los especímenes, esto obligaba a que el espécimen no se apoyara de la forma correcta en algunos especímenes a la hora de ser probados.

2. Se midieron las cuatro partes del área donde esta iba a ser probada para obtener un mayor resultado de un área promedio del espécimen, se utilizó un vector de mano donde su precisión es más eficaz que una regla o un

metro, teniendo las medidas y la cara nivelada procedemos a llevar a los especímenes a la prensa hidráulica.

Es importante señalar que los especímenes durante el proceso de esta prueba de 60 días ninguna de ellas perdió las propiedades físicas, deformaciones ni cambio de color, olor o acabado.

3. Se utilizó una base para que el espécimen tocara correctamente la platina de la prensa hidráulica, procedemos a bajar la platina de modo que esta no toque la cara del espécimen para comenzar a aplicarle carga a una velocidad de 3.6 toneladas/minuto. esta velocidad es recomendada por la norma descrita anteriormente, se basa en la longitud de los especímenes.
4. Por último, se procede a realizar las anotaciones correspondientes a la carga soportada de cada espécimen, en este caso de tres especímenes por mezcla, un total de 9 especímenes por cada día de prueba.

Los cálculos se realizaron mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{W}{A}$$

Donde:

R = Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)

W = Carga máxima de ruptura del espécimen (kg)

A = Área de la sección transversal del espécimen (cm²)

4.5.- ATAQUE POR SULFATOS (NMX-C-075-ONNCCE-2018)

El ataque por sulfatos es una prueba destructiva, la cual consiste en la afectar directamente a los diferentes materiales de construcción como el cemento, morteros, yesos, etc. La prueba consiste en la saturación de diferentes sales como el sulfato de sodio, mismo que es una de las primeras sustancias químicas minerales encontradas de forma natural en el ambiente, los sulfatos forman una

cristalización que afectan directamente al cemento, contribuyendo a fenómenos como la corrosión o la destrucción del cemento. Este sulfato de sodio se encuentra principalmente en las costas, donde el mar tiene contacto directo o indirecto con las estructuras fabricadas. Por ello es importante conocer la reacción que el material a base de resina de pino pueda sufrir con el sulfato de sodio y con ello contribuya a una modificación tanto física como mecánicamente.

Para esta prueba nos basamos en la norma NMX-C-075-ONNCCE-2018 la cual consta de una solución de sulfato de sodio de 350 gramos por cada litro de agua, nosotros ocuparemos cuatro litros de agua por lo que la cantidad de sulfato de sodio a ocupar es de 1400 gramos.

Así mismo el resto del equipo que se utilizó para el desarrollo de esta prueba fue el siguiente:

- Recipientes
- Balanza
- Horno de secado
- Solución de sulfato de sodio

Teniendo los materiales necesarios para el desarrollo de esta prueba el procedimiento es el siguiente:

1. 1.-La mezcla se preparó 48 horas antes como lo marca la norma NMX-C-075-ONNCCE-2018, para la preparación de la solución se mezcló con ayuda de un talado (figura 36) y con un ala para mezclar, la mezcla se realizó en intervalos controlando la temperatura y que esta no sobre pasar los 38 grados, tomando la temperatura en un rango de dos minutos para identificar la temperatura adecuada.



Figura 36.- mezclado constante con intervalos para evitar el sobrecalentamiento del sulfato de sodio.

Elaborada la mezcla de sulfato de sodio se procedió a dejarla reposar por un lapso mayor a 48 para su posterior uso, es importante señalar que pasado los días de reposo y llegado el día para ocupar, esta mezcla se volvió a agitar constante mente con el talado por unos cuantos minutos, este proceso es señalado por la norma.

2. Se acomodaron los 6 especímenes por cada mezcla en un contenedor con capacidad para los especímenes (figura 37), un total de 18 especímenes, es importante mencionar que los especímenes en ese momento contaban con una edad de 67 días de su elaboración, las medidas y los pesos al igual que características físicas no presentaban ningún tipo de alteración, señalado esto procedemos a llenar con la solución de sulfato de sodio los 18 especímenes sobrepasando la altura por lo menos una pulgada (figura 38) y verificando que todos los especímenes cúbicos estén dentro de la solución de sulfato de sodio.



Figura 37.- Colocación de los especímenes en un contenedor de plástico y con tapa para evitar la evaporización del sulfato de sodio



Figura 38.- Saturación de los especímenes sobrepasando su altura.

3. Esta prueba consta de ciclos, los cuales inician a partir de la saturación de las muestras y terminan hasta lograr su peso constante, para ello se ocupó de un horno de secado el cual contó con una temperatura de 40°C , es importante mencionar que de acuerdo con la normativa los especímenes no deben de estar en un lapso de tiempo mayor de 18 horas ni menor de 16 horas.

Pasado el tiempo de saturación, se procedió a sacar los especímenes de la solución de sulfato de sodio, al retirar los especímenes se colocaron en una rejilla para que el excedente de la solución se fuera cayendo poco a poco (figura 39) antes de pasarlos al horno, pasado algunos minutos podemos observar un ligero cambio en el color de la muestra (figura 40) sin embargo solo en cuestión de su color se presentaba ese cambio ya que en sus caras continuaba con su acabado inicial el cual era una consistencia completamente lisa.



Figura 39.- Secado de los especímenes después de su saturación en sulfato de sodio.

pasado un lapso de 5 minutos, se observa un ligero cambio en su color.

Figura 40.- Especímenes

Retirado el excedente se procedió a llevar al horno los 18 especímenes, la temperatura para su secado fue de 40°C , pasado dos horas después de llevar al horno las muestras estas se retiraron para checar su peso, a las dos horas dentro del horno los especímenes ya contaban con su peso inicial sin embargo se decidió a que se mantendrían en el horno por lo menos 24 horas.

Llegadas las 24 horas las muestras fueron retiradas nuevamente del horno y pesado cada uno de los especímenes, los pesos fueron los mismos que a las dos horas y que el peso inicial por lo cual se tomó como el peso constante, terminando así su primer ciclo de esta prueba.

Al retirar del horno y donde el espécimen está completamente seco se puede observar formaciones del sulfato de sodio (Figura 41) estas formaciones se presentan en todo el espécimen, contando con un color blanco y que al contacto es fácil de retirar.

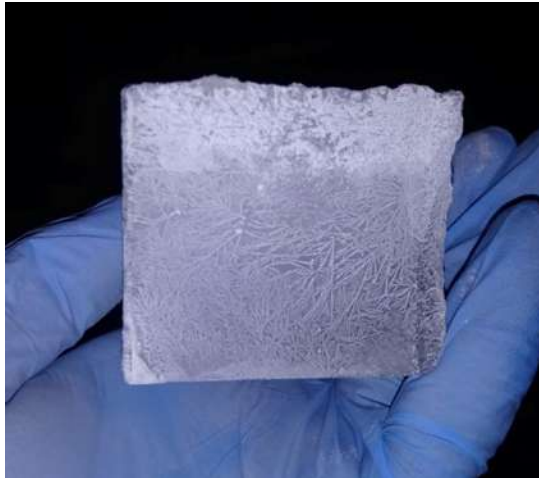


Figura 41.- Formación del sulfato de sodio una vez que el espécimen este completamente seco.

4. Este proceso se repitió de la misma forma cuatro veces más para complementar los 5 ciclos que señalan la norma y en los cuales se podría observar si los especímenes tienen una perdida en su masa.

Por descuido un espécimen en su cuarto ciclo después de estar saturado 16 horas en sulfato de sodio se cayó sobre la mesa donde se encontraba, dañándose una esquina (figura 42) este descuido no dejo en claro que la solución del sulfato de sodio no procedía a filtrarse al interior de la muestra, también nos demostró que el cambio de color solo es de manera superficial ya que por dentro contenía el mismo color inicial.

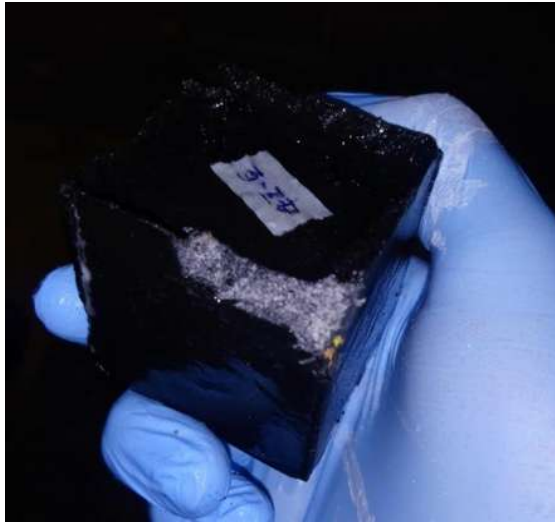
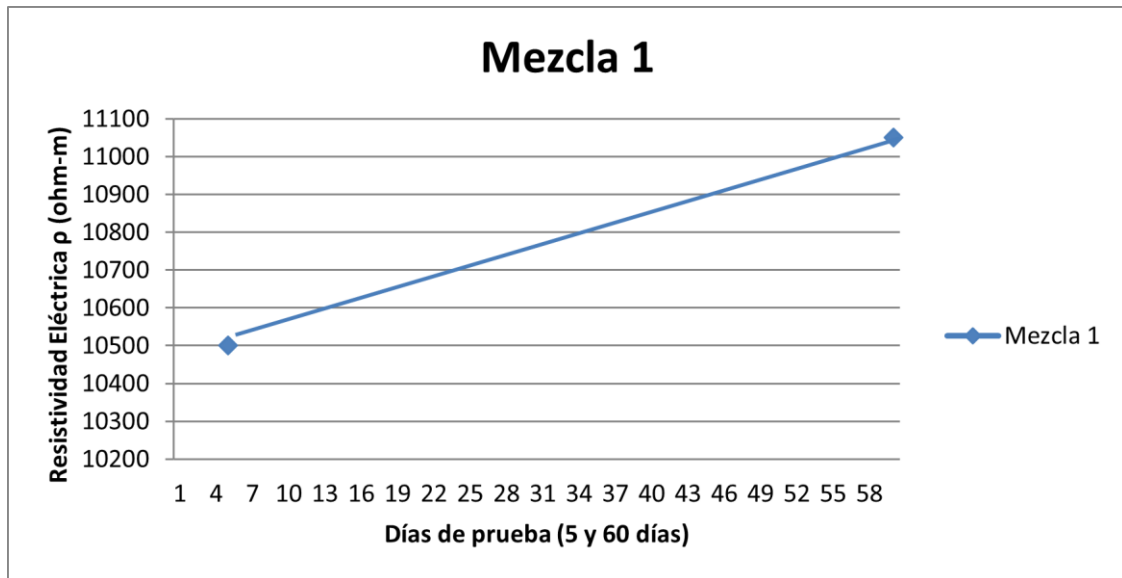


Figura 42.- Espécimen dañado que representa la capacidad impermeable que este material posee.

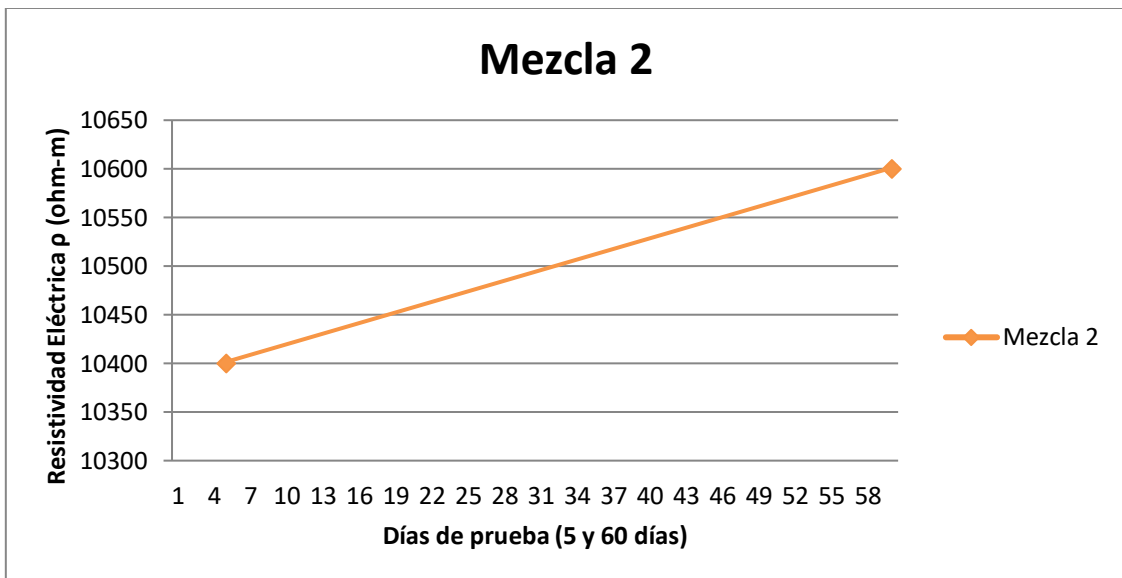
CAPITULO 5.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1.- RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

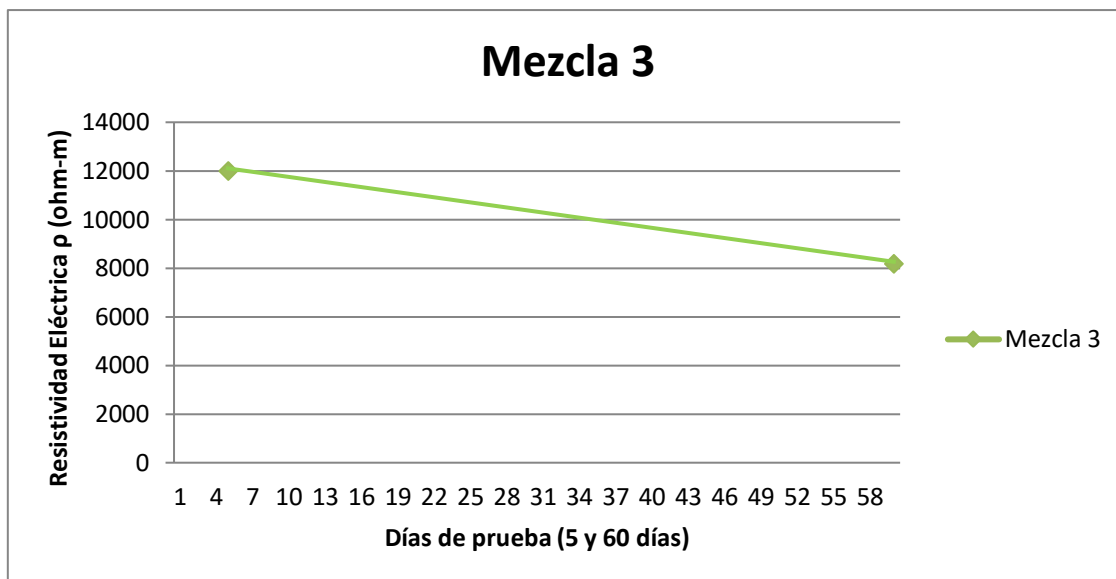
Los datos que se obtuvieron terminada la prueba de resistividad eléctrica son los mostrados a continuación dentro de las gráficas 1, 2 y 3, para entender el comportamiento que los especímenes mostraron durante el desarrollo de esta prueba, se ilustro en las siguientes graficas el promedio de los 5 especímenes por cada mezcla en las dos fechas marcadas.



Grafica 1.- Resistividad eléctrica de la mezcla 1



Grafica 2.- Resistividad eléctrica de la mezcla 2



Grafica 3.- Resistividad eléctrica de la mezcla 3

En las mezclas 1 y 2 podemos observar el comportamiento que estas presentan en la gráfica (grafica 1 y 2), se observa un aumento de resistividad eléctrica durante los 60 días que se programó la prueba, sin embargo, la mezcla 3 fue todo lo contrario, presento una disminución en cuanto a resistividad eléctrica que se puede identificar en la gráfica 3 esto derivado al posible contenido de resina ya que en la mezcla 3 se utilizó menor cantidad que la mezcla 1 y 2.

Sin embargo, los datos obtenidos por esta prueba nos indica que el material cuenta con gran resistividad eléctrica muy similar a la resistividad eléctrica de una roca, indicándonos que el material cuenta con muy pocos poros dentro de ella y que por ende el agua no puede viajar a través de ella, este fenómeno era contemplado ya que la resina de pino presenta características impermeables contra el agua impidiendo así el paso de ella sobre cualquier superficie.

Durante los 60 días que los especímenes estuvieron en contacto con el agua estas no presentaron ningún tipo de deformación, al igual que sus medidas siguieron siendo las mismas, en cuestión de su peso los especímenes se mantuvieron en el mismo después, la cantidad de agua que se vació dentro del bote siguió intacta, esto nos aclara que el material no consume el agua y sobre

todo lo más importante es que el material creado no requiere de ningún tipo de curado para que este siga funcionando, basta con su buena aplicación solamente.

5.2.- GRAVEDAD ESPECÍFICA.

Finalizada la prueba de gravedad especifica espécimen por espécimen, podemos verificar los datos obtenidos a partir del desarrollo de esta prueba, así mismo es importante hacer mención que el resultado de cada barra dentro de la gráfica es el promedio total de cada mezcla que en total son 3, los resultados se plasman en la siguiente grafica de barras (grafica 4)

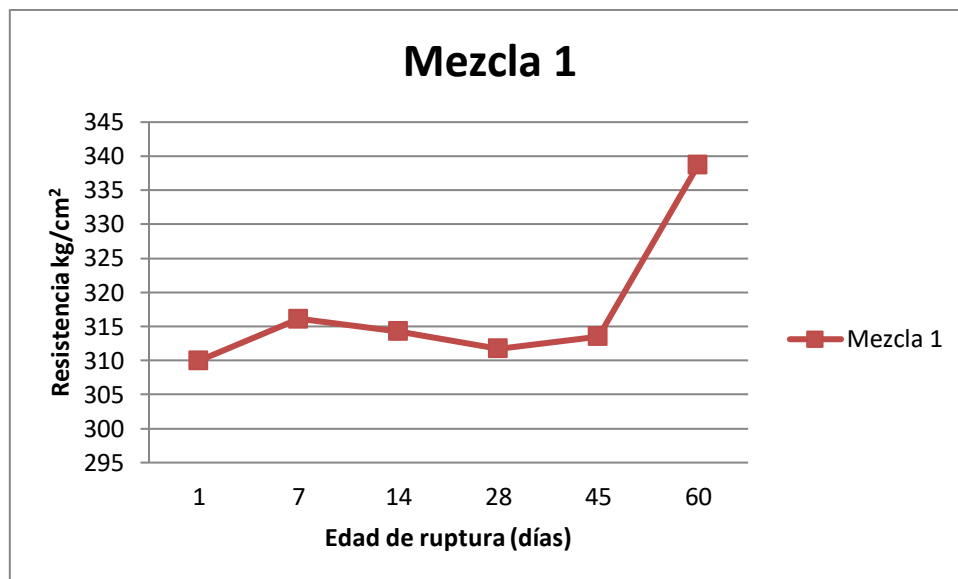


Grafica 4.- Gravedad especifica de las tres mezclas a los 60 días sumergidas en agua

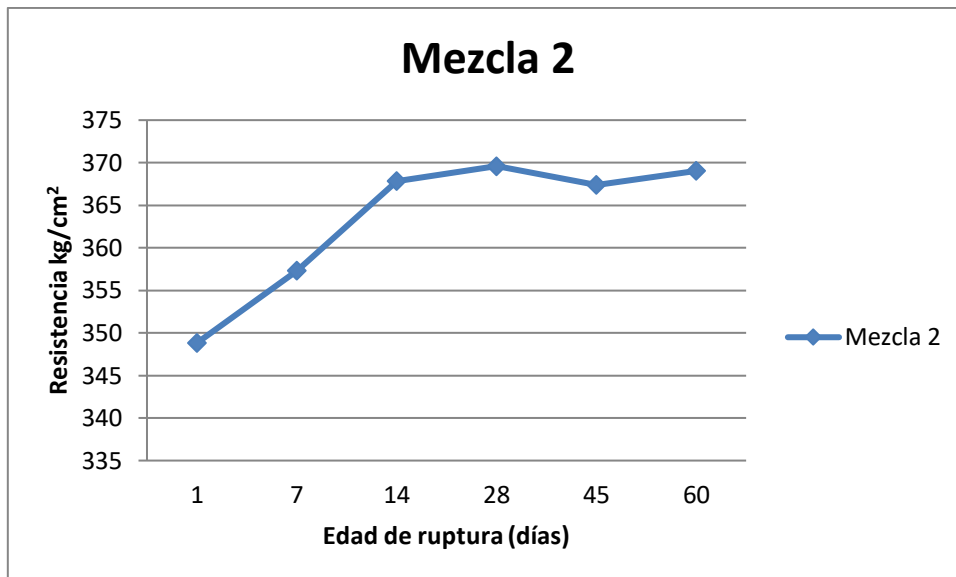
La gravedad especifica fue menor en la mezcla número 3, mientras que las mezclas 1 y 2 se encuentran con muy poca diferencia sin embargo las tres mezclas se encuentran en el rango de 1.8, indicativo de que el material puede contar con una gravedad especifica promedio de 1.8 a 1.9, lo cual indica baja porosidad y por consecuencia alta densidad de la matriz.

5.3.- COMPRESIÓN SIMPLE

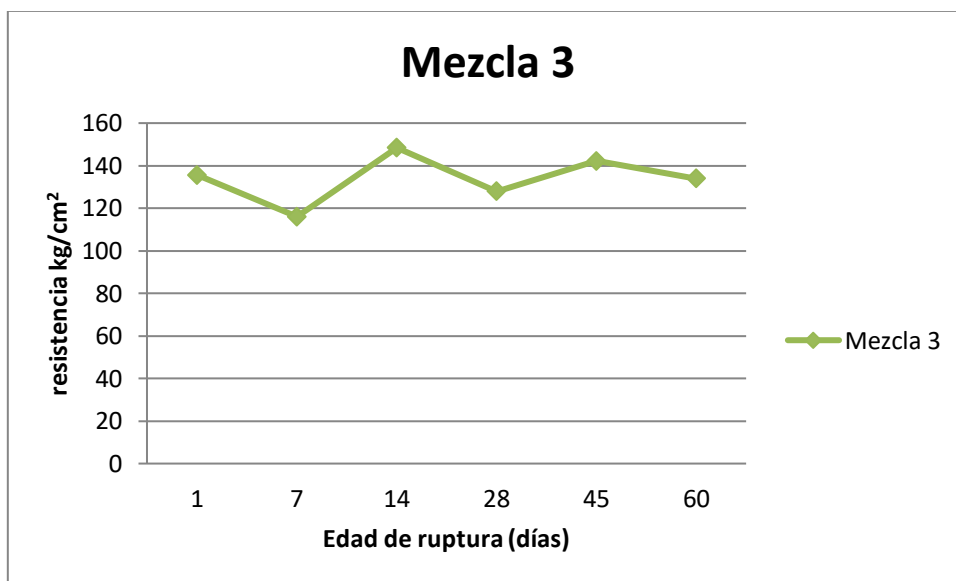
Mencionado desde el inicio de nuestra investigación, la resistencia a compresión simple es la prueba de mayor interés, derivado de que necesitamos un material muy estable en sus capacidades de resistencia, esta prueba y sus resultados serán muy útiles para determinar si el material puede contar con buenas resistencias y así mismo verificar que estas no se pierdan, las resistencias que se encontraron se presentan en las gráficas 5, 6 y 7:



Grafica 5.- Desempeño de la resistencia a compresión simple por parte de la mezcla 1



Grafica 6.- Desempeño de la resistencia a compresión simple por parte de la mezcla 2



Grafica 7.- Desempeño de la resistencia a compresión simple por parte de la mezcla 3

Observando las gráficas de las diferentes mezclas, es visible que la mezcla 2 presento una mayor resistencia a la compresión simple y un comportamiento estable, en la mezcla 1 de acuerdo gráfica a edades mayores su resistencia fue ascendente y prometedora, mientras que la mezcla 3 no llego a la resistencia que se tenía contemplada. Estos resultados entre las 3 mezclas son muy interesantes, ya que la mezcla 1 se utilizó un 100% de resina respecto al peso de la arena, la mezcla 2 un 80% de resina y la mezcla 3 un 50% de resina, observando que este porcentaje de resina de pino es punto clave en el comportamiento físico mecánico del producto terminado.

Otro aspecto importante en las mezclas desarrolladas en esta investigación es que se obtuvieron altas resistencias en tan solo 24 horas de su elaboración y que a su vez éstas se mantenían o ascendían a edades posteriores, lo cual deja un precedente para seguir indagando e investigando sobre las bondades del uso de resina de pino en la construcción de obras civiles, así como su aplicación en pavimentos flexibles y diversas obras de ingeniería.

Es impórtate resaltar que el comportamiento mecánico destructivo de la prueba a compresión simple en las mezclas 1 y 2 presentaron una falla dúctil y se observó agrietamiento perimetral, como se muestra en la figura 31, mientras que la mezcla 3 presento deformación por aplastamiento y no se observó agrietamiento de las probetas, como se observa en la figura 32.



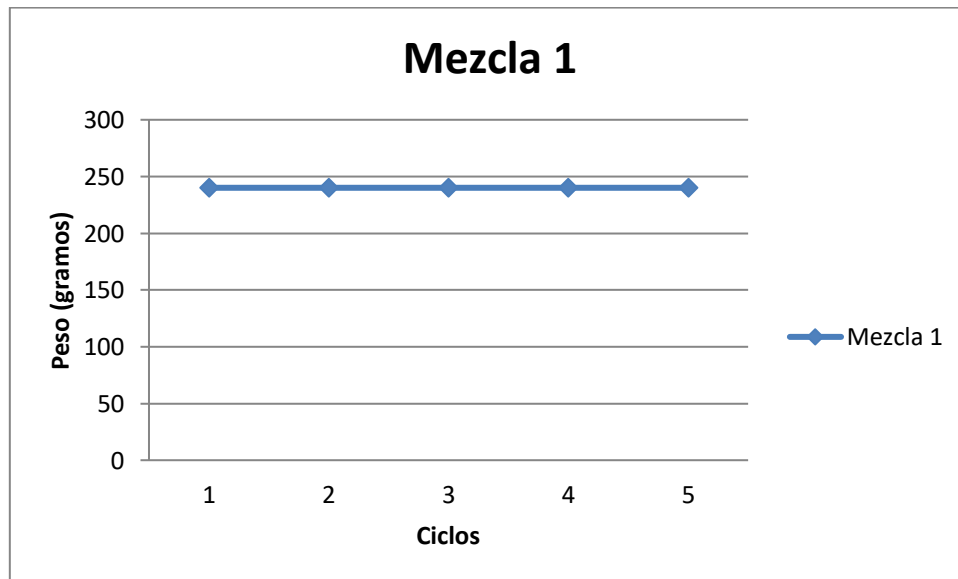
Figura 31 Falla representativa de las mezclas 1 y 2.

Figura 32.- falla representativa de la mezcla 3.

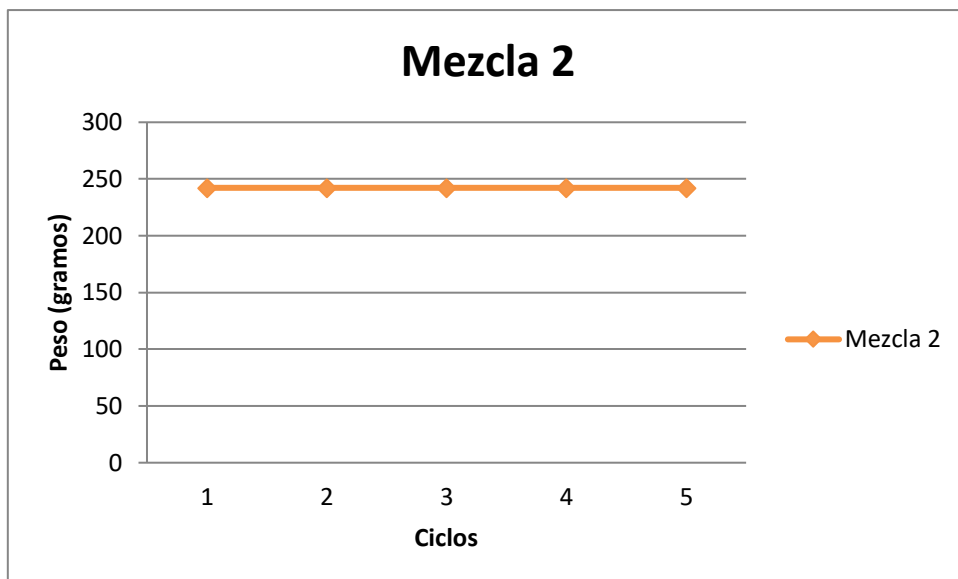
Los resultados de las mezclas 1 y 2 confirman las resistencias conforme al diseño elaborado anteriormente, mientras que la mezcla 3 no resulto ser la esperada, pero su comportamiento fue muy interesante, ya que al aplicarle la carga se deforma y no perdió sus propiedades mecánicas, esto se comprobó al realizar una segunda aplicación de fuerza sobre las caras que en un inicio fueron laterales, y el resultado fue sorprendente ya que la probeta recupero sus condiciones físicas iniciales y en ninguna momento presentaba alguna fisura, por lo que el comportamiento presentado se asemeja al fenómeno de ahuellamiento que se presenta en los asfaltos.

5.4.- ATAQUE POR SULFATOS.

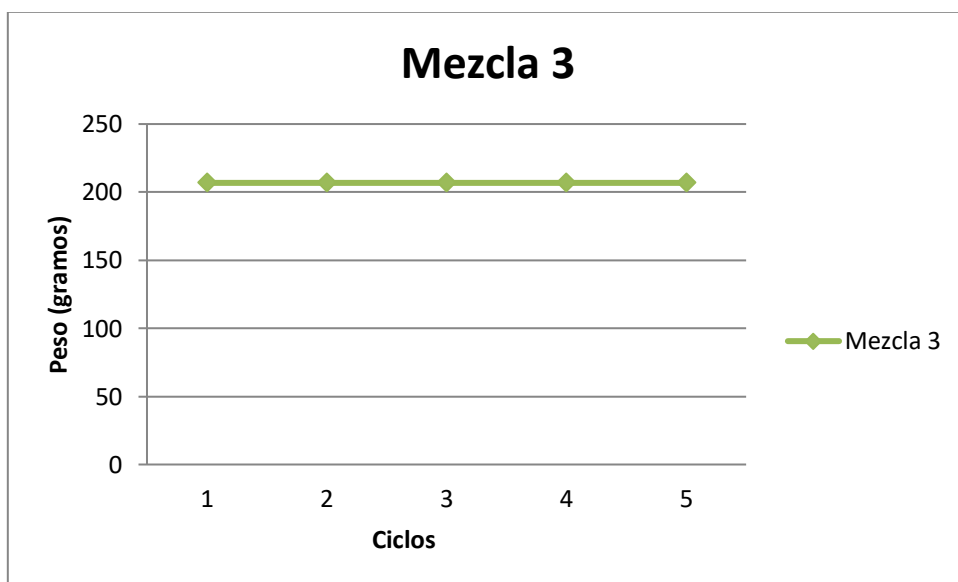
Los resultados de esta prueba se presentan en la siguiente grafica.



Grafica 8.- Peso promedio de la mezcla 1 pasado 5 ciclos de saturación por sulfato



Grafica 9.- Peso promedio de la mezcla 2 pasado 5 ciclos de saturación por sulfato



Grafica 10.- Peso promedio de la mezcla 3 pasado 5 ciclos de saturación por sulfato

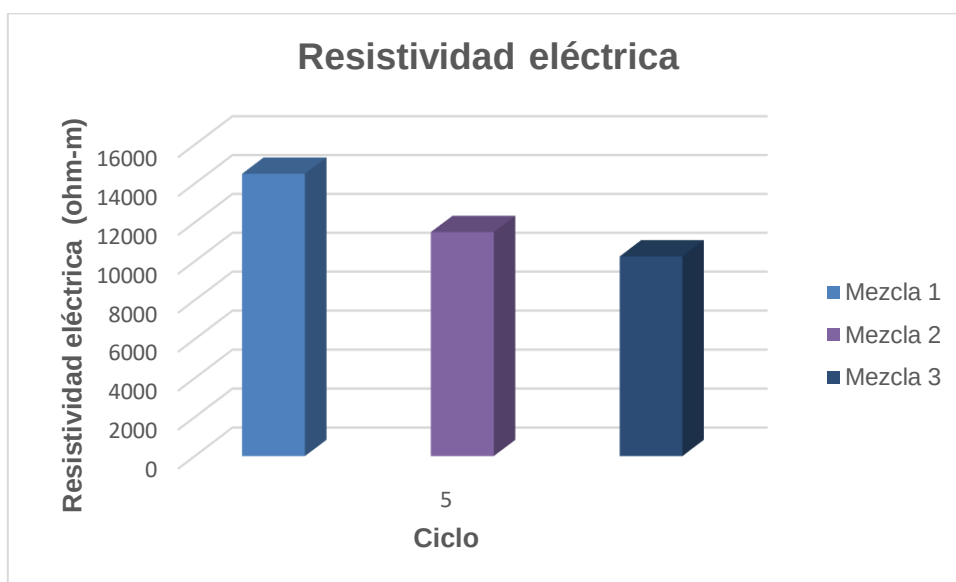
Se puede observar claramente en las gráficas (grafica 8, 9 y 10) que el peso de las tres mezclas se mantuvo durante los 5 ciclos, esto sin perder un solo gramo de su masa inicial, los especímenes solo presentaron una alteración física el cual se

refiere a su color, puesto que los especímenes se tornaron de un color gris semejante al cemento como se puede observar en la figura 41, terminada la prueba podemos concluir que el ataque por sulfato no reacciona de ninguna manera con el material ni altera al mismo en cuestión de destrucción como se tenía pensado al inicio de la prueba.

5.4.1- PRUEBA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA EN ESPECÍMENES QUE CUENTAN CON 5 CICLOS DE ATAQUE POR SULFATOS

Para la realización de esta prueba, nuevamente seguimos los pasos que marca la norma NMX-C-0514-ONNCCE-2018 y con el procedimiento descrito en el subtema 4.2.

La prueba consistió en limpiar las probetas que se atacaron por sulfatos en la prueba anterior, posteriormente se sumergieron en agua potable durante 5 días y se realizó la prueba de resistividad eléctrica a dichos especímenes, presentando en la gráfica 11 los resultados obtenidos.

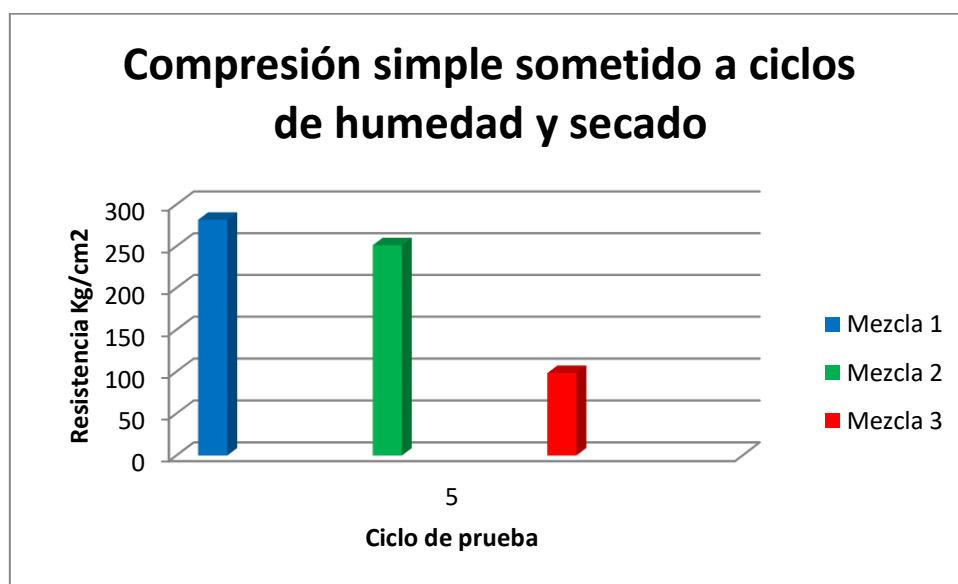


Grafica 11.- Resultados de la resistividad eléctrica de los especímenes sometidos a la prueba de ataque por sulfato

Esta gráfica muestra claramente que la mezcla 1 presenta los mejores resultados comparada con las gráficas 2 y 3, sin embargo para todas las mezclas los resultados son muy superiores a lo especificado para un concreto base cemento portland de acuerdo a la normativa especificada, clasificando el producto como de excelente calidad, lo cual es muy positivo e incluso comparándolos con la resistividad eléctrica evaluada antes del ataque por sulfatos (graficas 1, 2 y 3) indicándonos nuevamente que el material de resina de pino no sufrió ninguna alteración al completar los 5 ciclos del ataque por sulfato de sodio.

5.4.2- PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE EN ESPECÍMENES QUE CUENTAN CON 5 CICLOS DE ATAQUE POR SULFATOS

Los especímenes analizados en la prueba anterior y después de los ciclos de ataque por sulfatos se llevaron a la prensa hidráulica para determinar su resistencia a la compresión simple, los resultados promedio de cada mezcla se muestran en la siguiente grafica 12:



Grafica 12.- Compresión simple de los especímenes pasada la prueba por ataque de sulfatos

Los resultados muestran que el ataque por sulfatos reduce en un 12% su resistencia respecto a los especímenes analizados sin dicho ataque, sin embargo, las resistencias que presentan son muy buenas, comparando con un mortero o un concreto tradicional, ya que estos durante los 5 ciclos del ataque por sulfato presentan modificaciones físicas y mecánicas bastante considerables.

Por todo lo anterior el ataque por sulfatos no genera un problema mayor a las mezclas analizadas de resina de pino.

CAPITULO 6.- CONCLUSIONES

Hablar de creación e innovación es hablar de ingeniería, son dos aspectos que el ingeniero civil siempre tiene en mente, el innovar es una de las capacidades fundamentales de los ingenieros civiles día con día, proceso tras proceso, pasamos innovando no solo estructuras también alternativas para hacer frente a problemas que afectan a la sociedad en general, la creación es un dominio donde el ingeniero civil tiene contacto, donde la creación es el máximo órgano para desarrollar increíbles obras de infraestructura, así como dentro de la ecología y el cuidado por el medio habiente.

Los ecosistemas mexicanos proveen en gran cantidad maravillosas materias primas que son renovables y amigables con el medio habiente y que con un buen uso estas podrían ser aplicadas dentro de las obras civiles, tal es el caso de la resina de pino, material completamente orgánico que además de contar con grandes capacidades químicas posee alternativas que cuidan el bosque mexicano y que impactan positivamente en la economía de la comunidad donde es extraída, además, el uso de resina de pino ayuda a la economía del campesino que se dedica a la extracción de la misma, tal es el caso de la comunidad de Cherán donde se da sustento económico a más de 900 resineros y a sus familias.

El uso de resina de pino presenta un impacto positivo en el ámbito ecológico y sustentable, al ser un recurso renovable, lo cual hace una gran diferencia el uso

de este material en construcción respecto a los materiales tradicionales no renovables, si proyectamos en un futuro la aceptación y demanda del producto que se analiza en ésta investigación, la resina de pino se convertiría en una importante materia prima a nivel nacional e internacional, y su producción tiene la capacidad de crecer exponencialmente solo con el hecho de plantar más árboles (pinos) y que a su vez generaría una reforestación de los bosque mexicanos, ya que hoy en día observamos como se pierden hectáreas debido al mal manejo de los recurso y a la tala clandestina sin control.

Es importante mencionar que, si aumentamos la cantidad de nuestros bosques fomentando la reforestación, contribuimos significativamente con la generación de oxígeno limpio y la disminución de la contaminación debido a las toneladas de dióxido de carbono emitidas por el ser humano, así mismo, contribuir a la captación de aguas subterráneas y generar la recarga de los acuíferos que actualmente se ven muy afectados por la sobre explotación de los bosques y las demandas del vital líquido debido al aumento de la población.

La resina de pino es un material muy noble, puesto que, ayuda en el ámbito social económico y ecológico, es el material perfecto para uso dentro de la construcción, un producto que puede adaptarse a todas las exigencias que un material ecológico puede incluir, es el material idóneo que durante años se ha esperado, sobre todo por la capacidad de sustentabilidad que este posee.

La resina de pino posee propiedades muy similares al asfalto, lo cual presenta una alternativa para el uso en pavimentos flexibles, puesto que el asfalto es un material no renovable procedente de la destilación del petróleo, el cual está llegando a su etapa final debido a su sobre explotación, además de que es un producto que se obtiene generando grandes toneladas de CO₂ al medio ambiente, con ello sabemos que el uso de combustibles fósiles va a la baja día con día derivado de la contaminación que estos producen, mientras que la resina de pino es el material idóneo para auxiliar en la construcción o rehabilitación de pavimento.

En este trabajo desarrollamos, creamos e innovamos un material que contará con los principios fundamentales de la ingeniería sustentable, los cuales se enmarcan en el cuidado y respeto por el medio habiente, y que están establecidos en los 17 objetivos de desarrollo sostenible de la ONU.

El producto desarrollado en esta investigación es 100 porciento sustentable, libre de agentes químicos que paso diferentes pruebas a lo largo de 12 meses que fue desarrollado, desde compresión simple, resistividad eléctrica, gravedad específica y ataque por sulfatos, pruebas las cuales podemos basarnos en los resultados obtenidos y llegar a la conclusión de que el material elaborado a base de resina de pino cuenta con grandiosas capacidades físico mecánicas, resistiendo grandes cargas, destacando que solo se ocupa de 24 horas para alcanzar un gran nivel en su capacidad de carga, además de ser un material con muy buenas capacidades impermeables, capacidades que impiden el flujo del agua y que pueden favorecer en grandes soluciones dentro del campo de la construcción.

Es importante mencionar que las 3 mezclas analizadas presentan comportamientos diferentes y todos muy interesantes, sin embargo, la mezcla 2 es considerada la más adecuada para el uso en la rehabilitación de pavimentos como bacheos y una alternativa para el uso en la construcción de pavimentos flexibles, esta mezcla contiene un 80% de resina de pino, agregado pétreos (arena) y cal hidratada en un 2%, lo cual beneficia el comportamiento mecánico.

Dentro del mercado existen variedad de productores que ofrecen asfalto en cubetas de 19 litros con un rango de precio aproximado de \$1600 a \$1400 pesos mexicanos, dando un valor promedio de \$79 pesos por litro, recordando que el litro de la resina de pino está en un precio de \$22 a \$27 pesos por litro, con esto concluimos que además de que este nuevo material contiene propiedades físico mecánicas increíbles y que también es un producto de baja economía comparado al asfalto.

Finalmente, este trabajo es pionero en el uso de la resina para su aplicación en pavimentos y actualmente, no existe una investigación que desarrolle el material

presentado, siendo esta, la primera investigación que marca el inicio de la creación de un material nuevo para uso dentro de la construcción.

BIBLIOGRAFÍAS

<https://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/construccion/default.aspx?tema=e#:~:text=283->

,Fuente%3A%20INEGI.,son%20hombres%20y%2013%25%20mujeres.

Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias. Dearq. Revista de Arquitectura, (4), 14-23.

Ramírez, A. (2002). La construcción sostenible. Física y sociedad, 13, 30-33.

Viqueira, A. M. C., Martín, E. B., Gutiérrez, L., Fonseca, M., Navarro, A. E., Valdés, M. T., ... & Guerra, S. (2005). Oleorresina de pinos. Una nueva fuente para la obtención de aditivos químicos. CIENCIA ergo-sum, 12(1), 64-70.

Rojas Rodríguez, G. (2019). Evaluación de dos estimulantes de baja toxicidad, en la resinación de *Pinus pringlei* Shaw.

NOM-026-SEMARNAT. (2005). Que establece los criterios y especificaciones técnicas para realizar el aprovechamiento comercial de resina de pino.

<https://canacem.org.mx/reporte-de-fabricacion/>

<https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>

Neville, A. M. (1999). TECNOLOGÍA DEL CONCRETO. M. en A. Soledad Moliné Venanzi

<https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=16024#collapse-Resumen>

Askeland, D.R. (1998). Ciencia e ingeniería de materiales. International Thomson editores.

<https://www.gob.mx/conafor/articulos/bambu-la-planta-de-los-mil-usos>

NMX-C-514-ONNCCE. (2016). Industria de la construcción- Resistividad eléctrica del concreto hidráulico.

ASTM Standards, Standard: C 127-04. Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.

NMX-C-083-ONNCCE. (2014). Industria de la construcción-concreto-Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes.

NMX-C-075-ONNCCE. (2018). Industria de la construcción-Agregados-Determinación de la Sanidad por Medio de Sulfato de Sodio o Sulfato de Magnesio.

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/43/6046La%20producción%20de%20resina%20de%20pino%20en%20México.pdf>