






Comportamiento térmico y estructural del mortero con aserrín Thermal and structural behavior of mortar with sawdust

E. S. Flores-Lozano ^{a,*}, I. R. López-de-Juambelz ^b, D. Velázquez-Vázquez ^c, E. Moreno-Pérez ^d
J. Hernández-Ávila ^e

^a Doctora en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

^b Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, C.P. 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.

^c Facultad de Estudios superiores Aragón de la Universidad Nacional Autónoma de México, C.P. 57130, Nezahualcóyotl, Estado de México, México.

^d Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo, Km 4.5 s/n, Mineral de la Reforma, Hidalgo, C.P. 42184, México.

^e Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo, Km 4.5 s/n, Mineral de la Reforma, Hidalgo, C.P. 42184, México.

Resumen

En este trabajo se estudió el impacto térmico y estructural que generó la integración de aserrín de pino en un mortero con el objetivo de definir la cantidad máxima de esta fibra que se puede integrar en este material a fin de reducir su coeficiente de conducción térmica, pero conservando una resistencia estructural final aceptable. Para lograrlo, se determinó y comparó el coeficiente de conducción térmica y la resistencia a la compresión de tres morteros experimentales con agregado de aserrín, con respecto a los datos de una mezcla control elaborada sin esta fibra. Finalmente, se concluyó que la cantidad máxima de aserrín que debe integrarse en un mortero es del 25%, ya que esta mezcla presentó una reducción del 26% de su coeficiente de conductividad térmica y una resistencia aceptable en comparación con la de otros concretos ligeros que se encuentran actualmente disponibles en el mercado nacional para ser utilizados como acabados arquitectónicos.

Palabras Clave: Mortero, Aserrín, ensayo de resistencia a la compresión, coeficiente de conductividad térmica.

Abstract

In this work, the thermal and structural impact generated by the integration of pine sawdust in a mortar was studied in order to define the maximum amount of this fiber that can be integrated into this material in order to reduce its thermal conduction coefficient, but maintaining an acceptable final structural strength. To achieve this, the thermal conduction coefficient and compressive strength of three experimental mortars with added sawdust were determined and compared with amount of sawdust that should be integrated into a mortar in 25%, since this mixture presented a 26% reduction in its coefficient of thermal conductivity and acceptable resistance compared to that of other light concretes. Are currently available in the national market to be used as architectural finishes.

Keywords: Mortar, Sawdust, Compressive strength test, Thermal conductivity coefficient.

1. Introducción

En México, la mayoría de las viviendas poseen poco o nulo confort térmico interno, siendo algo especialmente notorio en las ubicadas en zonas costeras o desérticas. Una de las causas principales de esto, son los materiales constructivos utilizados en su fabricación, tales como el acero, tabicón o el concreto, los cuales poseen un alto coeficiente de conducción térmica.

Buscando opciones para aminorar esta problemática, se decidió mejorar el funcionamiento térmico del mortero

cemento-arena, ya que es el material de acabado más utilizado en las viviendas a nivel nacional.

Por este motivo se estudiaron las características del mortero con aserrín, ya que este material puede utilizarse como acabado arquitectónico y por investigaciones previas, se sabe que tiene un coeficiente de conducción térmica menor al del mortero tradicional, además de que es fácilmente reproducible debido a lo asequible que es esta fibra en nuestro país. Sin embargo, también se ha demostrado que la presencia del aserrín reduce

*Autor para la correspondencia: euniseflores30@gmail.com

Correo electrónico: euniseflores30@gmail.com (Eunise Sarai Flores Lozano), rocio.ldej@gmail.com (Isabel Rocío López de Juambelz), danvel@unam.mx (Daniel Velázquez Vázquez), emiliano_moreno@uaeh.edu.mx (Emiliano Moreno Pérez), herjuan@uaeh.edu.mx (Juan Hernández Ávila)

la resistencia estructural de las pastas cementantes en las que es incluido.

Por ello, resulta importante establecer cuál es el volumen máximo de aserrín que se puede integrar en su mezcla antes de que el mortero deje de presentar una resistencia estructural final aceptable. No obstante, no se encontraron investigaciones que hubieran definido previamente este punto y por ello, se decidió abordarlo en el presente trabajo.

2. Preliminares

2.1. Metodología

Para definir la cantidad máxima de aserrín que se puede integrar a un mortero, primero se desarrollaron tres mezclas experimentales en las que se integró aserrín como sustituto de un 15, 25 y 35% de su volumen de arena, generando así tres morteros experimentales, además de una mezcla control sin presencia de la fibra, a los que se les nombró A15, A25, A35 y T0 respectivamente.

Posteriormente, a las mezclas experimentales se les determinó sus coeficientes de conducción térmica, así como su resistencia a la compresión, para compararlos con los de la mezcla control. Con base en estos primeros resultados, se seleccionó la mezcla que contuvo el máximo volumen de aserrín que se debe integrar a una mezcla de mortero y luego se le realizó una prueba de intemperismo avanzado por rayos UV con el objetivo de definir si la presencia de la fibra modificó el tiempo de vida del producto final.

Por último, con base en los resultados obtenidos en las tres pruebas, se obtuvieron las conclusiones finales de este trabajo.

2.2. Establecimiento de la proporción y resistencia a la compresión mínima esperada

Los morteros se elaboran utilizando distintas proporciones en sus componentes y cada una, generan morteros con diferentes resistencias finales a la compresión. Por ello, se selecciona la proporción a utilizar con base en el uso final que se le dará al mortero. En nuestro caso se utilizó la proporción cemento-arena 1:3, ya que es la más utilizada para fabricar morteros que se usaran como acabados arquitectónicos.

Por otro lado, de acuerdo con la Secretaría de Caminos y Transportes (SCT), se recomienda usar una proporción agua-cemento de 1:0.95 en los morteros proporción 1:3, a fin de obtener una resistencia a la compresión final de 125kg/cm² (SCT, 2002); sin embargo, ya que en investigaciones previas se observó que el aserrín absorbía mucha humedad durante el mezclado y reducía la trabajabilidad de las pastas en las que fue integrado (Beraldo & Balzam, 2009; Garcés Riffo, 2004), se decidió realizar mezclas previas de mortero con aserrín utilizando la proporción agua-cemento de 1:0.95, para así observar las características que se generaban en el material al fabricarlo con esta cantidad de agua. De ese modo, se corroboró la información recabada y se observó que la pasta obtuvo un revenimiento muy bajo de 1 a 2 cm, además de endurecerse en muy poco tiempo.

Por ese motivo, se aumentó la proporción de agua-cemento a 1:1.05 (Figura 1) y con ello, los morteros con aserrín obtuvieron un revenimiento de entre 5 y 6 cm. Este aumento de humedad también redujo la resistencia a compresión esperada de la mezcla control a 100 kg/cm² (Figura 1), porque

se sabe que entre mayor sea la cantidad de agua integrada en una mezcla cementante, menor será su resistencia final (Quintero Ortiz, Cruz Hernández, & Peña Santos, 2014).

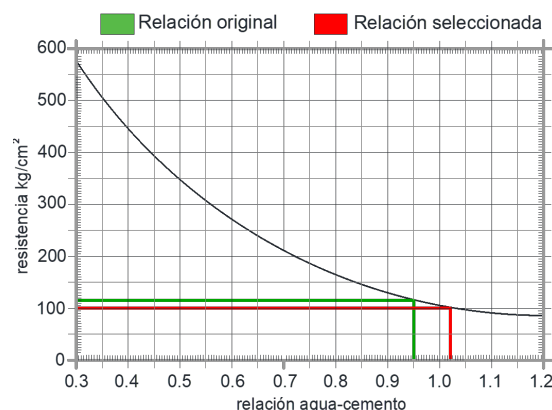


Figura 1: Relación agua-cemento utilizada para la generación de los morteros usados en el experimento. Elaboración propia.

Por otro lado, si consideramos que el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (IMCYC) define como “concretos ligeros” a las mezclas con densidades menores a los concretos normales hechos con agregados normales y cuya disminución de la densidad se produce por la presencia de vacíos en el cementante, agregado fino o grueso utilizados en su elaboración” (IMCYC, 2010; CEMEX, 2019); además de que deben contar con las siguientes características:

- Mayor capacidad de aislamiento térmico que las pastas tradicionales
- Mayor y más rápida absorción de humedad
- Un menor peso volumétrico y densidad que las pastas tradicionales

Por tanto, si consideramos que el aserrín le aporta al mortero todas las características antes mencionadas, entonces podemos asumir que el mortero con aserrín es un tipo de concreto ligero y se puede definir la resistencia a compresión esperada para este material con base en la de otros concretos ligeros ya disponibles en el mercado nacional.

No obstante, ya que la resistencia de los concretos ligeros puede ser muy variada y depender tanto de la relación agua-cemento como de los agregados utilizados en su fabricación (IMCYC, 2010), se tomaron como referencia para este trabajo las resistencias de concretos ligeros que fueron diseñados especialmente para ser usados como acabados arquitectónicos con capacidades de aislamiento térmico mejoradas (Tabla 1).

Tabla 1: Resistencia a la compresión a 28 días de concretos ligeros comerciales (Cervantes Avarca, 2009; GCC, 2020; Javier Silva, 2017)

Nombre	Agregado diferenciador	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
Concreto celular	Polvo de aluminio	52.78
Concreto celular arenado	Espuma química y arena de Ø máximo 4 mm	42.22
Mortero ligero	Perlita	45.0

Con base en la información de la tabla 1, se pudo asumir que 100 kg/cm² era una resistencia aceptable para la mezcla control que se utilizó en el desarrollo de nuestro experimento

(Cervantes Avarca, 2009), y que una resistencia mínima aceptable para el mortero con aserrín sería de 42.22 kg/cm².

2.3. Materiales utilizados

Para la elaboración de los morteros de este trabajo, se utilizó el cemento blanco de la marca y clave CEMEX CPO-30 B porque en investigaciones previas demostró tener resistencia a la humedad (Flores Lozano E. , López de Juambelz, Velázquez Vázquez , Moreno Pérez , & Hernández Ávila, 2020), lo cual se consideró beneficioso para este trabajo ya que se sabía que el aserrín absorbería y retendría humedad durante el mezclado y posterior curado del material (Garces Riffo, 2004).

Se utilizó arena de río tipo riolítica como agregado fino para las mezclas, la cual se caracterizó previo a utilizarla con la ayuda de tamices que iban de 4 a 0.2 mm. a fin de verificar que su granulometría cumpliera con lo solicitado por la NMX-C-329-ONNCCE-2016. Los resultados de este proceso aparecen en la tabla 3 de la sección correspondiente.

Para el aserrín, se utilizó uno generado con base a la madera de pino, ya que es la más producida y utilizada a nivel nacional, causando así que este sea el tipo de aserrín más asequible y de mayor abundancia en nuestro país (SEMARNAT, 2003).

Por otro lado, ya que en trabajos previos se recomendó que antes de integrar aserrín a una mezcla cementante, este debía secarse una semana al sol y posteriormente mezclarse con cal para garantizar su correcta integración en las pastas (Garces Riffo, 2004), entonces, para este trabajo la fibra se secó ingresándola a un horno eléctrico durante tres horas y después se mezcló con cal hidráulica en una proporción equivalente al 10% del volumen de aserrín por cal a fin de lograr un efecto similar al antes mencionado.

A la fibra también se le realizó una caracterización granulométrica para definir sus similitudes con la del agregado fino que sustituiría en la mezcla y los resultados se incluyeron en el apartado correspondiente.

En cuanto al agua, se procuró utilizar agua potable sin presencia apreciable de aceites, grasas o impurezas para la elaboración de los morteros.

Por último, en la tabla 2 se incluyó un resumen de las proporciones y materiales usados para generar todos los morteros de nuestro experimento.

Tabla 2: Materiales y proporciones usadas para generar los morteros del experimento. Elaboración propia.

Clave	Cemento (%)	Arena (%)	Aserrín (%)	Proporción agua-cemento
T0	0.25	0.75	---	1:1.05
A15	0.25	0.64	0.11	1:1.05
A25	0.25	0.56	0.19	1:1.05
A35	0.25	0.49	0.26	1:1.05

2.4. Elaboración de muestras

Para realizar las pruebas de laboratorio programadas, en este trabajo se elaboraron tres diferentes tipos de probetas:

- Placas de 30 x 30 x 2.5 cm para la prueba de placa caliente aislada
- Cilindros de 10 x 20 cm para el ensayo a compresión
- Placas de 15 x 7.5 x 1.5 cm para la prueba de intemperismo avanzado por rayos UV.

Las placas se fabricaron usando moldes de vidrio y madera hechos a la medida para cada tamaño requerido. Los moldes se cubrían con cera desmoldante antes de utilizarlos y durante el colado de la pieza, se procuró compactar cada mezcla con una varilla y golpear con un mazo de goma el perímetro del molde a fin de lograr asentar el material con la menor cantidad de aire posible en su interior. Una vez llenado el molde, se cubría con una película plástica y se le dejaba reposar.

El desmolde de la placa se realizaba después de 24 horas y posteriormente se colocaba en agua con cal para realizar el curado de la pieza. Las placas se colaban en juegos de tres y se les realizaban las pruebas cuando cumplían los 28 días de edad (Figura 2).



Figura 2: Placas para la prueba de placa caliente aislada. Elaboración propia.

Para generar las muestras para el ensayo de compresión se utilizó el procedimiento establecido en la NMX-C-159-ONNCCE-2004. Usando para lograrlo, moldes metálicos que fueron facilitados por el laboratorio cuatro de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

El procedimiento para generar los cilindros consistió en llenar los moldes en tres etapas, realizando en cada una de ellas 25 penetraciones con una varilla de 10 mm de diámetro y procurando que la varilla atravesara hasta la etapa anterior de la mezcla, logrando así una buena compenetración entre el material. También se golpeó el molde con un mazo de goma cada vez que se colocaba una capa de cemento a fin de sacar todo el aire posible (IMCYC, 2006).



Figura 3: Cilindro de mortero con aserrín para el ensayo de resistencia a la compresión. Elaboración propia.

Cuando un molde se terminaba de llenar, se le colocaba una película plástica para evitar que la mezcla perdiera agua por

evaporación y se le dejaba fraguar de 24 a 36 horas antes de desmoldarlo (IMCYC, 2006) (Figura 3). Después de desmoldados, los cilindros se ingresaron en agua saturada al 2% con cal y se les dejó reposar hasta que cumplieron la edad adecuada para realizarles el ensayo de compresión.

El día de la prueba previo a realizarla, los cilindros se cabeceaban con azufre caliente previo siguiendo para hacerlo el procedimiento señalado por el IMCYC (IMCYC, 2011) y el ensayo se realizaba en juegos de tres piezas por cada uno de los morteros estudiados.

3. Desarrollo del experimento

3.1. Prueba de placa caliente aislada

Para determinar el coeficiente de conductividad térmica de un material sólido como el mortero, se recomienda utilizar la prueba de placa caliente aislada y el procedimiento para desarrollarla aparece en la NMX-C-189-ONNCCE-2010.

En este examen se utiliza un aparato llamado “placa caliente con guarda”, el cual consiste en dos planchas, una caliente y otra fría, conectadas por un medidor de flujo de calor (Martínez & Lira, 2004).

Para este trabajo, la prueba se realizó en el instituto de materiales de la UNAM en su campus de Ciudad Universitaria y consistió en colocar una placa del material a estudiar entre las planchas del aparato, aplicándole calor de manera constante por solo uno de los lados de la placa. El aparato registró el tiempo y energía que se necesitó para que 1°C del calor atravesara la placa del material y se registrara en la otra plancha. Los resultados finales se calcularon con base en esos datos (Martínez & Lira, 2004).

3.2. Ensayo de resistencia a la compresión

Esta prueba se realizó utilizando una maquina universal de ensayos que se encuentra ubicada en el laboratorio 4 de la Facultad de Estudios Superiores Aragón de la UNAM (Figura 4) y siguiendo lo establecido en la NMX-083-ONNCCE-2004.



Figura 4: Elaboración del ensayo de compresión.

Para desarrollar esta prueba y con el objetivo de obtener resultados válidos, se ensayaron tres cilindros de cada mortero estudiado cuando tenían 7, 14 y 28 días de edad respectivamente.

Los resultados finales se calcularon utilizando la siguiente fórmula y promediando los productos de los tres cilindros pertenecientes a cada mortero: (Rivera L., 2009)

$$F'c = P / A$$

Donde:

$F'c$ = Resistencia a la compresión de los cilindros en kg/cm²

P = Carga máxima aplicada en kg

A = Área de la sección transversal de las probetas

3.3. Prueba de intemperismo avanzado por rayos UV

Para este examen las muestras de los morteros seleccionados, se introdujeron a una máquina de intemperismo acelerado por rayos ultravioleta (Accelerated weathering tester) Modelo LU-0819, que se encuentra ubicada en el instituto de materiales de la UNAM en su campus de Ciudad Universitaria.

La máquina expuso a las muestras durante las 24 horas del día, a una longitud de onda de radiación UV que iba de 295 nm a 800 nm, con el objetivo de generar en los morteros en un mes, un desgaste similar al que obtendrían por exponerse durante un año la intemperie de la Ciudad de México. De ese modo, se pudieron apreciar los efectos físicos generados por el desgaste de los materiales estudiados, así como definir su tiempo de vida.

4. Resultados

4.1. Resultados de las pruebas preliminares

Los resultados de la caracterización granulométrica del agregado fino y del aserrín usado para elaborar los morteros de este trabajo son los que aparecen en la tabla 3 y 4 respectivamente. A partir de estos datos se pudo corroborar que ambos materiales poseían tamaños similares, lo que disminuyó las diferencias físicas causadas en las mezclas por sustituir arena por aserrín.

Tabla 3: Granulometría de la arena utilizada en los morteros. Elaboración propia.

No. De malla	Porcentaje retenido acumulado (%)	No. De Malla	Porcentaje retenido acumulado (%)
4	0.0	20	52
6	11	25	57
10	25	200	95
18	46.		

Tabla 4: Granulometría del aserrín utilizado en los morteros. Elaboración propia.

No. De malla	Porcentaje retenido acumulado (%)	No. De Malla	Porcentaje retenido acumulado (%)
4	0.0	20	55
6	7	25	61
10	21	200	100
18	43		

4.2. Resultados del experimento

En la tabla 5 y 6 se incluyeron los resultados obtenidos por los morteros estudiados en las pruebas de placa caliente aislada y el ensayo de resistencia a la compresión.

En el caso de la mezcla A35, la prueba de compresión no se completó ya que los cilindros de este mortero no pudieron desmoldarse correctamente a causa de la gran fragilidad que

presentó el material. Se estimó, con base en la resistencia obtenida por el mortero A25, que la resistencia a compresión de la mezcla A35 se encontraba por debajo de los 35 kg/cm², sin embargo, para conocer la resistencia a compresión exacta de este material, habría sido necesario repetir esta prueba utilizando probetas cubicas de menor tamaño; no obstante, este proceso no se realizó ya que no se consideró necesario puesto que se supo, con base en sus características físicas, que esta mezcla no contaba con la resistencia mínima de 42 kg/cm², que era la que se buscaba en este trabajo.

Tabla 5: Resultados de la prueba de placa caliente aislada. Elaboración propia.

Clave de mortero	Coefficiente de conductividad térmica (W/mK)	Porcentaje de disminución (%)
T0	0.765	---
A15	0.668	12.68
A25	0.552	26.54
A35	0.511	33.20

Tabla 6: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 28 días. Elaboración propia.

Clave de mortero	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Porcentaje de disminución (%)
T0	98.53	---
A15	67.63	31.36
A25	45.86	53.45
A35	----	----

Con base en lo anterior, se seleccionó a la mezcla A25 como aquella que contenía el máximo de aserrín que debe integrarse a un mortero, ya que presentó una reducción de su coeficiente de conducción térmica en comparación con el de la mezcla control, además de que su resistencia a la compresión fue superior a los 42.22 kg/cm², por lo que se consideró aceptable.

Por este motivo, al mortero A25 se le realizó la prueba de intemperismo avanzado junto con las muestras de la mezcla T0 para definir si poseían tiempos de vidas similares. Al momento de este trabajo, han transcurrido 7 meses desde el inicio de la prueba y aun no se presentan cambios apreciables en las muestras de ninguno de los dos materiales, por lo que se puede asumir que el material A25 tiene al menos 7 años de vida útil.



Figura 5: Muestras de los morteros T0 y A25 transcurridos 7 meses desde que inició la prueba de intemperismo acelerado. Elaboración propia.

5. Análisis de resultados

Para comprender mejor los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, se realizó un gráfico comparativo entre la reducción del coeficiente de conducción térmica y la reducción de la resistencia a la compresión que se observó en los morteros experimentales (Figura 6). De ese modo, se apreció que la mejora térmica que proporciona la presencia del aserrín, es menor que la deficiencia estructural que genera. Lo que coincide con lo observado en investigaciones previas (Beraldo & Balzam, 2009; Garces Riffo, 2004), por ello se mantiene la recomendación de que el aserrín se debe integrar de manera moderada en las mezclas cementantes ya que las desventajas que genera en el producto final, son mayores que sus aportaciones.

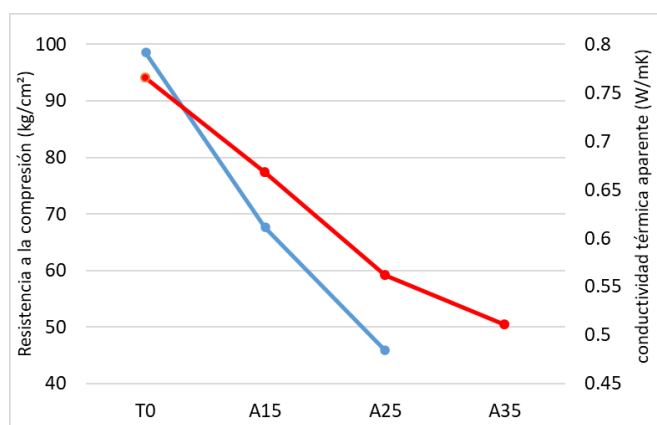


Figura 6: Comparativa de los resultados de las pruebas de placa caliente aislada y ensayo de compresión a 28 días de los morteros estudiados. Elaboración propia.

Ahora bien, la elección del mortero A25 como aquel que poseyó la mayor cantidad de aserrín que debe integrarse a una mezcla se debió a que esta mezcla presentó una resistencia de 45.86 kg/cm², siendo entonces superior a la resistencia mínima esperada, además de que presentó una reducción del 26.54% de su coeficiente de conducción térmica con respecto a la mezcla control, lo que supuso que este material demostró mayores características aislantes que un mortero tradicional, pero conservó una resistencia a la compresión aceptable para ser utilizado como acabado arquitectónico.

Por otro lado, ya que la mezcla A15 presentó una resistencia a la compresión a los 28 días de 67.63 kg/cm², también es un material viable para ser utilizado como acabado; aunque en su caso solo se observó una disminución del 12.68% de su coeficiente de conductividad térmica con respecto a la mezcla T0, por lo que resultaría interesante estudiar más a fondo este material a fin de determinar si existe algún otro uso que aproveche mejor las características que posee.

Por último, no se recomienda utilizar el mortero A35 porque a pesar de que presentó un coeficiente de conducción térmica 33% más bajo que la mezcla control, tuvo una resistencia estructural menor a la mínima buscada en este trabajo. Por otro lado, aunque en este trabajo no se realizaron estudios para definir con claridad la causa de la fragilidad estructural que se presentó en este material, se teorizó, con base en la apariencia reseca que se observó al interior de las muestras del material A35, que el aserrín presente en la pasta absorbió tanta agua que no quedó libre la suficiente como para

permitir la correcta cristalización de una mayor cantidad de hidróxidos metálicos, los cuales influyen directamente en la resistencia estructural final de cualquier pasta cementante.

6. Conclusiones

Con base en todo lo anterior se puede concluir:

- El máximo porcentaje de aserrín que se puede agregar a un mortero como sustituto del volumen del agregado fino, es de 25% ya que este material presentó una reducción del 12.68% de su coeficiente de conductividad térmica con respecto a la mezcla control, además de una resistencia a la compresión de 45 Kg/cm², lo cual es aceptable comparándolo con la resistencia de otros concretos ligeros comerciales.
- El mortero A15, elaborado con 15% de aserrín sustituyendo la arena de la mezcla, mostro capacidades coherentes con respecto a los resultados obtenidos por los otros morteros, así que el uso de esta mezcla o la A25 debe seleccionarse con base al uso que se le vaya a dar o a las necesidades del proyecto en donde se va a integrar.
- Con base en la premisa que dicta “a mayor cantidad de agua menor resistencia en las pastas cementantes”, podemos asumir que el aumento de humedad en la elaboración las pastas, fue en parte responsable de la disminución de la resistencia de los productos finales; sin embargo, se debe considerar que, sin ese aumento de agua, la manejabilidad de la pasta era poca y se endurecía en poco tiempo.
- La prueba de Intemperismo avanzado por rayos ultravioleta dio como resultado que a los 7 meses no hubiera cambios visibles en la mezcla, lo que demuestra que el mortero A25 tiene al menos 7 años de vida útil. Sin embargo, es necesario continuar esta prueba hasta determinar su tiempo de vida útil total.
- Como línea de investigación a futuro se propone, con base en la gran capacidad de absorción de humedad que demostró el aserrín durante el mezclado de las pastas, estudiar si los morteros con aserrín absorben humedad ambiental una vez que se encuentran completamente secos. Esta propuesta se basa en la información de investigaciones previas en donde se estableció que morteros adicionados con materiales con características hidrofílicas como el aserrín, pueden desarrollar este comportamiento (Flores Lozano E. S., López de Juambelz, Velázquez, Moreno Pérez, & Hernández Ávila, 2021).
- Otra línea de investigación que se propone desarrollar a futuro es estudiar la interacción del mortero con aserrín con otros materiales constructivos. Esto con el objetivo de establecer sus características y comportamiento al ser utilizado como acabado arquitectónico en una obra.

Referencias

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. (2017). *NMX-C-329-ONNCCE-2016 (Determinación de la granulometría de la arena de sílice utilizada en la preparación de los morteros de cementantes hidráulicos)*. ONNCCE.

- Beraldo, A., & Balzam, H. (09 de Octubre de 2009). Compuestos no-estructurales de cementos comerciales y aserrín de maderas Argentinas. *Maderas y Tecnología*, 11(3), 233-250.
- CEMEX. (05 de Octubre de 2019). *Concreto Ligero: para disminuir peso en la obra*. Obtenido de industriales.cemexmexico.com: <https://industriales.cemexmexico.com/articulos-de-interes/-/articulo/concreto-ligero--para-disminuir-peso-en-la-obra>
- Cervantes Avarca, A. (2009). Nuevas tecnologías en concretos, concreto celular- concreto reforzado con fibra- concreto ligero estructural. *Memorias 2008 Congreso Nacional de Administración y tecnología para la arquitectura, ingeniería y diseño* (págs. 141-162). UAM-AZC. Obtenido de https://administracionytecnologiaparaeldiseno.azc.uam.mx/publicaciones/memorias_cong2008/10.pdf
- Flores Lozano, E. S., López de Juambelz, I. R., Velázquez, V. D., Moreno Pérez, E., & Hernández Ávila, J. (2021). Modificación del comportamiento del mortero con respecto a la humedad por adición de zeolita. *Revista Pádi*, 9(No. Especial 2), 193-200.
- Flores Lozano, E., López de Juambelz, I., Velázquez Vázquez, D., Moreno Pérez, E., & Hernández Ávila, J. (12 de Diciembre de 2020). Comparativa del Impacto de la diatomita, perlita y zeolita en el comportamiento térmico y estructural del mortero. *Revista Pádi*, 8(Especial), 5-13.
- Garces Riffo. (2004). *Hormigón con aserrín*. Tesis para obtener el título de ingeniero constructor, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Valdivia, Chile.
- GCC. (Abril de 2020). *Mortero Ligero*. Obtenido de Gcc.com: <https://www.gcc.com/es/producto/mortero-ligero/>
- IMCYC. (2006). Pruebas de concreto. En I. M. Concreto, *Conceptos Básicos del Concreto* (págs. 18-21). Ciudad de México: Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto.
- IMCYC. (15 de Febrero de 2010). *Concretos ligeros*. Obtenido de Imcyc.com: <http://www.imcyc.com/ct2009/jul09/tecnologia.htm#:~:text=Propiedades%20de%20los%20concretos%20con,40%20Mpa%2C%20e%20incluso%20mayores.>
- IMCYC. (Julio de 2011). *El concreto en la obra. Problemas, causas y soluciones*. Ciudad de México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Obtenido de Propiedades del concreto: <http://www.imcyc.com/cyt/julio04/CONCEPTOS.pdf>
- Javier Silva, O. (2017). *360enconcreto.com*. Obtenido de Propiedades y aplicaciones del concreto celular: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/category/innovacion-y-tendencias/propiedades-aplicaciones-del-concreto-celular>
- Martínez, V., & Lira, L. (2004). Caracterización de un aparato de placa caliente con guarda en desarrollo en el CENAM, para determinar la conductividad térmica de materiales sólidos aislantes. *Simposio de Metrología*, (págs. 1-5).
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. (2004). *NMX-083-ONNCCE-2004 (Ensayo de resistencia a la compresión)*. ONNCCE.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. (2004). *NMX-159-ONNCCE-2004 (Elaboración y curado de especímenes de laboratorio)*. ONNCCE.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. (2011). *NMX-C-189-ONNCCE-2010 (Conductividad térmica por Aparato de Placa Caliente)*. ONNCCE.
- Quintero Ortiz, L. A., Cruz Hernández, R. A., & Peña Santos, D. Y. (octubre-diciembre de 2014). Efecto del contenido de agua sobre la resistencia y la velocidad de pulso ultrasónico del concreto. (U. D. Caldas, Ed.) *Tecnura*, 18(42), 103-113.
- Rivera L., G. A. (2009). Resistencia del concreto. En G. A. Rivera L., *Concreto simple* (págs. 121-151). Cauca: Facultad de ingeniería civil de la Universidad de Cauca.
- SCT. (2002). CMT. Características de los Materiales. En S. d. Transporte, *CMT. Características de los Materiales*. Ciudad de México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Obtenido de <https://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-2-01-004-02.pdf>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2017). CMT. Características de los Materiales. En S. d. Transporte, *CMT. Características de los Materiales*. Ciudad de México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- SEMARNAT. (16 de Julio de 2003). *compendio de estadísticas ambientales 2002*. Obtenido de paot.org.mx: https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/07_Aprovechamiento/7.1_Recurso/index.htm