



“MICOTECTURA: UNA ALTERNATIVA DE  
ARQUITECTURA SOSTENIBLE”

BAJO LA OPCIÓN:  
TITULACIÓN INTEGRAL (OPCIÓN I TESIS)

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
ARQUITECTA

PRESENTA:  
CITLALI GUADALUPE RAMÍREZ GUTIÉRREZ

ASESOR:  
M.A.S. ÁNGEL DAVID CÓRDOVA CONCHA

SINODALES:  
DR. JESÚS BENJAMÍN ORTEGA LAZCANO  
M.G. EUMIR HIRAM LÓPEZ HINOJOSA

Pachuca de Soto, Hgo. MARZO 2024

92 páginas





Pachuca de Soto, Hidalgo, **20/SEPTIEMBRE/2023**

Oficio No. 814/2023

ASUNTO: ACEPTACIÓN DE TEMA

CITLALI GUADALUPE RAMÍREZ GUTIÉRREZ  
P R E S E N T E

Con el presente me permito informarle que el Tema “MICOTECTURA: UNA ALTERNATIVA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE” comprendido dentro de la Opción: OPCIÓN I TESIS PROFESIONAL el cual fue solicitado por usted para obtener el Título Profesional, con esta fecha le ha sido ACEPTADO por este Departamento.

Para tal efecto le informo que a propuesta de la Academia de ARQUITECTURA se le han designado como Asesor al M.A.S. ÁNGEL DAVID CÓRDOVA CONCHA, como Comisión Revisora a los ; DR. JESÚS BENJAMÍN ORTEGA LAZCANO, M.G. EUMIR HIRAM LÓPEZ HINOJOSA; sugiriéndole se coordine con ellos a la brevedad posible para la optimización de tiempo en su proceso de Titulación.

**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica®*

*“El Hombre Alimenta el Ingenio en Contacto con la Ciencia” ®*

ARQ. EZEQUIEL HERNÁNDEZ PÉREZ  
JEFE DEL DEPTO. DE CIENCIAS DE LA TIERRA



SEP  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA

ccp. Archivo

EHP/mdm



Carretera México – Pachuca Km. 87.5, Col. Venta Prieta C.P. 42083 Pachuca de Soto, Hidalgo.  
Tels. 771 7113073, 771 7113596, 771 7113140, 771 7115119 y 771 7113399  
e-mail: [cienciasdelatierra@pachuca.tecnm.mx](mailto:cienciasdelatierra@pachuca.tecnm.mx) | [tecnm.mx](http://tecnm.mx)



2023  
AÑO DE  
**Francisco VILLA**  
EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO



Pachuca, Hidalgo; 05/MARZO/2024

No. de Oficio: DCT-242-2023

ASUNTO: LIBERACIÓN DE PROYECTO DE TRABAJO PROFESIONAL

**MTRA. ELSA FABIOLA PÉREZ CERÓN**  
**JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**  
**P R E S E N T E**

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación Integral:

|                     |   |
|---------------------|---|
| Nombre del Egresado | CITLALI GUADALUPE RAMÍREZ GUTIÉRREZ                       |
| No. de Control      | 18200490  |
| Nombre del Proyecto | “MICOTECTURA: UNA ALTERNATIVA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE” |
| Carrera             | ARQUITECTURA  |
| Producto            | TITULACIÓN INTEGRAL (OPCIÓN I TESIS)                      |

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

**Atentamente**

*Excelencia en Educación Tecnológica®*

*“El Hombre Alimenta el Ingenio en Contacto con la Ciencia” ®*

**ARQ. EZEQUIEL HERNÁNDEZ PÉREZ**  
**JEFE DEL DEPTO. DE CIENCIAS DE LA TIERRA**



SEP  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA

c.c.p. Archivo

EHP/mdm



Carretera México – Pachuca Km. 87.5, Col. Venta Prieta C.P. 42083 Pachuca de Soto, Hidalgo. Tels. 771 7113073, 771 7113596, 771 7113140, 771 7115119 y 771 7113399  
e-mail: [cienciasdelatierra@pachuca.tecmn.mx](mailto:cienciasdelatierra@pachuca.tecmn.mx)



## AGRADECIMIENTOS

### **A Dios:**

Por ser el inspirador en este proceso, por darme la fuerza para seguir, por la serenidad, el valor y la sabiduría para concluir con uno de mis anhelos más deseados.

### **A mi madre, Catalina Gutiérrez Grijalva:**

Que, aunque diga que la mejor herencia que me puede dejar son los estudios, no creo que sea el único legado por el cual yo deba agradecerle, pues me ha permitido tomar mi camino y en el nunca me han faltado palabras y actos de amor, no importa cuando me equivoque siempre tendré la mano de mi madre para levantarme. Gracias por nunca dejarme sola, sé que soy alguien con un carácter fuerte y no es fácil de tratar, pero estoy segura que pase lo que pase seguirás conmigo siempre. Fuiste padre y madre a la vez y cada día me sigues demostrando la mujer tan fuerte y valiente que tengo enfrente, la que me motiva a nunca darme por vencida y que todo lo que me proponga lo puedo lograr. **Gracias mamá.**

### **A mis hermanas, Yeraldi Ramírez Gutiérrez, Viridiana Ramírez Gutiérrez:**

Que han sido mi inspiración y mi ejemplo más grande, las que a pesar de todo nunca me han dejado sola, las que a las tres de la mañana estuvieron conmigo pintando un anteproyecto para el día siguiente, las que han celebrado mis logros y llorado mis derrotas como si fueran propias, gracias por nunca dejarme sola y enseñarme que lo más bonito de la vida es tenerlas conmigo.

### **A mis compañeros y amigos Tony, Paola, Jorge, Yaz, Coronel y en especial a la mejor amiga de la carrera que pude tener Lupita:**

Por los buenos y malos momentos que pasamos juntos, por las veces que me explicaban algo que no entendía, por sus ánimos, su apoyo y su confianza siempre, por creer en mi incluso cuando yo no lo hacía, por hacerme no dejar el sueño que



estoy a punto de concluir ahora. Gracias porque ustedes hicieron esta travesía única, llena de aventuras, chismes, risas, pero sobre todo verdadero cariño, agradezco a Dios y a la vida haberlos conocido, los quiero.

**M.A.S. David Concha:**

Por su inestimable ayuda y paciencia desde mis inicios en la investigación de la micotectura, gracias por el interés mostrado desde el principio y por haberme instruido en el ámbito de la arquitectura sustentable y sus materiales, puesto que su experiencia ha sido de gran ayuda en la realización de esta tesis, pero sobre todo por su amistad y confianza.

**Dr. Benjamín:**

Que confío en mí, abriéndome las puertas de su laboratorio, facilitándome todos los materiales y equipos necesarios para el estudio y desarrollo de esta tesis, por la paciencia al instruirme y orientarme en todo el proceso que ahora estoy culminando, por su amistad y apreciable ayuda, gracias.

**M.G. Eumir:**

Por sus aportaciones a esta tesis, por la paciencia que siempre tuvo hacia mí, por el interés que me dio para realizar esta investigación y su confianza para seguir adelante.

**Finalmente, al resto de mis profesores y alma mater:**

Que con sus enseñanzas han hecho que yo este dónde estoy ahora, por haber creído en mí y siempre estar ahí para ayudarme y darme una mano.

**Atte. Citlali Guadalupe Ramírez Gutiérrez**

## RESUMEN

Durante los últimos años se han estudiado alternativas sostenibles para el sector de la construcción, ya que los materiales convencionales contribuyen en gran medida al tremendo impacto medioambiental de la industria, por ello el presente proyecto de investigación tiene como objetivo elaborar una alternativa orgánica para el desarrollo de un bloque a base de residuos de hongos mediante la experimentación con su micelio o cuerpo vegetativo inoculándolo en sustrato orgánico.

Usando una metodología enfocada en tres aspectos: el primero consiste en una explicación tanto de los antecedentes de la micotectura como de las características y aplicaciones de los hongos, el micelio y el sustrato. El segundo es la descripción de los procesos y condiciones bajo las cuales se llevó a cabo la preparación del sustrato, elaboración y crecimiento del material, al igual que la formación y horneado del bloque de construcción para realizar las pruebas correspondientes para su análisis. Y, por último, la determinación de las características físicas y químicas de los bloques de micotectura, mismos que fueron procesados por la máquina de ensayo universal (MEM).

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que la resistencia a la compresión obtenida en las piezas varía entre  $473.10 \text{ kg/cm}^2$  y  $709.64 \text{ kg/cm}^2$  teniendo como media  $611.08 \text{ kg/cm}^2$  encontrándose por encima de  $120 \text{ kg/cm}^2$  (mínima individual) y  $150 \text{ kg/cm}^2$  (media), que corresponde al valor establecido en la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012; por otra parte, el módulo de ruptura obtenida fue de entre  $186.01 \text{ MPa}$  y  $220.10 \text{ MPa}$  resultando una de media  $207.00 \text{ MPa}$  basada en la norma NMX-C-191-ONNCCE-2015, y por último la prueba a la tensión varía de entre  $16.67 \text{ MPa}$  y  $18.11 \text{ MPa}$  obteniendo una media de  $17.31 \text{ MPa}$  de tensión directa referenciado en la norma NMX-C-163-ONNCCE-2005.

Los resultados anteriores confirman la calidad y la resistencia que tienen a la compresión y flexión los bloques de micotectura, al estar muy por encima de materiales como el concreto y el acero. destacándola como una alternativa viable,



orgánica y sustentable para futuras construcciones de vivienda u otro tipo de edificaciones.

**PALABRAS CLAVE:** Arquitectura Sostenible / Micotectura / Orgánico / Resistencia / Normas de construcción.

## ABSTRACT

During the last few years, sustainable alternatives have been studied for the construction sector, since conventional materials contribute greatly to the tremendous environmental impact of the industry, therefore the present research project aims to develop an organic alternative for the development of a block based on fungal residues by experimenting with their mycelium or vegetative body inoculating it in organic substrate.

Using a methodology focused on three aspects: the first consists of an explanation of the background of mycotecture as well as the characteristics and applications of the fungi, mycelium and substrate. The second is the description of the processes and conditions under which the preparation of the substrate, elaboration and growth of the material was carried out, as well as the formation and baking of the building block to perform the corresponding tests for its analysis. And finally, the determination of the physical and chemical characteristics of the mycotecture blocks, which were processed by the universal testing machine (MEM).

The results obtained in this work show that the compressive strength obtained in the pieces varies between 473.10 kg/cm<sup>2</sup> and 709.64 kg/cm<sup>2</sup> having as mean 611.08 kg/cm<sup>2</sup> being above 120 kg/cm<sup>2</sup> (minimum individual) and 150 kg/cm<sup>2</sup> (mean), which corresponds to the value established in the standard NMX-C-404-ONNCCE-2012; on the other hand, the modulus of rupture obtained was between 186.01 MPa and 220.10 MPa resulting an average of 207.00 MPa based on the NMX-C-191-ONNCCE-2015 standard, and finally the tensile test varies between 16.67 MPa and 18.11 MPa obtaining an average of 17.31 MPa of direct tension referenced in the NMX-C-163-ONNCCE-2005 standard.

The above results confirm the quality and resistance to compression and bending of mycotecture blocks, which are far superior to materials such as concrete and steel, highlighting it as a viable, organic and sustainable alternative for future housing construction or other types of buildings.





KEYWORDS: Sustainable Architecture / Mycotecture / Organic / Resistance / Construction standards.

## ÍNDICE

|  |            |
|--|------------|
| <b>Agradecimientos</b> .....   | <b>I</b>   |
| <b>Resumen</b> .....   | <b>III</b> |
| <b>Abstract</b> .....  | <b>V</b>   |
| <b>Índice de figuras</b> .....   | <b>X</b>   |
| <b>Índice de tablas</b> .....  | <b>XII</b> |
| <b>Introducción</b> .....  | <b>1</b>   |
| <b>Capítulo I. Generalidades</b> .....                                   | <b>3</b>   |
| 1.1. Antecedentes .....  | 4          |
| 1.2. Planteamiento del problema .....                                    | 8          |
| 1.3. Justificación .....   | 9          |
| 1.4. Objetivos .....   | 10         |
| 1.4.1. Objetivo general: .....   | 10         |
| 1.4.2. Objetivos específicos: .....                                      | 10         |
| 1.5. Hipótesis .....   | 11         |
| <b>Capítulo II. Marco Teórico</b> .....                                  | <b>12</b>  |
| 2.1. Hongos .....  | 13         |
| 2.1.1. Características .....   | 13         |
| 2.1.2. Aplicaciones .....  | 14         |
| 2.2. Micelio .....   | 14         |
| 2.2.1 Hifas .....  | 15         |
| 2.2.2. Las posibilidades del micelio como material de construcción ..... | 16         |
| 2.3. Sustrato .....  | 17         |
| 2.4. Micotectura .....   | 19         |
| 2.4.1. Philip Ross .....   | 20         |



2.4.2. Christopher Maurer ..... 21

2.4.3. Ecovative Design ..... 21

2.5. Arquitectura .....22

2.5.1. Arquitectura sostenible ..... 22

2.5.2. Hy-Fi ..... 23

2.5.3. El Pabellón Creciente .....24

2.5.4. Mycotree ..... 25

2.5.5. Mushroom Tiny House ..... 26

2.5.6. Rearquitectura ..... 27

**Capítulo III. Marco Metodológico ..... 31**

3.2. Tipo de sustrato seleccionado ..... 33

3.3. Tipo de hongo seleccionado ..... 33

3.4. Ideación y bocetos del molde ..... 34

3.5. Preparación del sustrato ..... 34

3.6. Elaboración del micelio ..... 35

3.7. Crecimiento del micelio en el molde .....37

3.8. Horneado del material micelio ..... 38

**Capítulo IV. Resultados ..... 39**

4.1. Preparación del sustrato ..... 40

4.2. Elaboración del micelio ..... 43

4.3. Crecimiento del micelio en el molde ..... 46

4.4. Horneado del material micelio ..... 47

4.5. Pruebas físicas ..... 48

4.5.3. Prueba de compresión ..... 49

4.5.2. Prueba de flexión ..... 50



|   |           |
|---|-----------|
| 4.5.1. Prueba de tensión .....                          | 50        |
| 4.6. Resultados de los análisis de laboratorio .....    | 52        |
| 4.7. Colocación .....                                   | 55        |
| <b>Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones .....</b> | <b>57</b> |
| 5.1 Conclusiones .....                                  | 58        |
| 5.2 Recomendaciones .....                               | 60        |
| <b>Referencias .....</b>                                | <b>61</b> |
| <b>Anexos .....</b>                                     | <b>63</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.1. Hongo pleurotus ostreatus, (Mycelinarium, s.f.).....                | 13 |
| Figura 2.2. Micelio de un hongo, (Hille, s.f.). .....                           | 15 |
| Figura 2.3. Hifas, (Avelino, 2015) .....  | 16 |
| Figura 2.4. Sustratos, (ProMix, 2022).....                                      | 19 |
| Figura 2.5. Micotectura, (Ross, 2018). .....                                    | 20 |
| Figura 2.6. Torre Hy Fi, (The Living, 2014).....                                | 24 |
| Figura 2.7. El pabellón creciente, (Dezeen, 2020).....                          | 25 |
| Figura 2.8. Mycotree, (Dezeen, 2017).....                                       | 26 |
| Figura 2.9. Mushroom Tiny House, (Inhabitat, 2013).....                         | 27 |
| Figura 2.10. Bioladrillo, (2018). .....   | 29 |
| Figura 3.1. Diagrama de flujo del proceso, (CGRG, 2023). .....                  | 32 |
| Figura 3.2. Aserrín, (Forest2home, 2023). .....                                 | 33 |
| Figura 3.3. Seta de ostra (P. ostreatus), (CGRG, 2023).....                     | 34 |
| Figura 4.1. Área de trabajo siendo esterilizada, (CGRG, 2023).....              | 40 |
| Figura 4.2. Recipiente plástico con agua, (CGRG, 2023).....                     | 40 |
| Figura 4.3. Cal vertida en recipiente plástico, (CGRG, 2023).....               | 41 |
| Figura 4.4. Aserrín añadido en la mezcla, (CGRG, 2023). .....                   | 41 |
| Figura 4.5. Incorporación de mezcla, (CGRG, 2023).....                          | 42 |
| Figura 4.6. Eliminación del exceso de agua, (CGRG, 2023). .....                 | 42 |
| Figura 4.7. Sustrato esterilizado, (CGRG, 2023).....                            | 43 |
| Figura 4.8. Recipiente plástico siendo esterilizado, (CGRG, 2023). .....        | 44 |
| Figura 4.9. Mezcla de sustrato con cepas de hongos, (CGRG, 2023).....           | 44 |
| Figura 4.10. Mezcla colocada en bolsas plásticas esterilizadas, (CGRG, 2023). . | 44 |
| Figura 4.11. Bolsas plásticas en incubación, (CGRG, 2023).....                  | 45 |
| Figura 4.12. Micelio parcialmente colonizado, (CGRG, 2023). .....               | 45 |
| Figura 4.13. Mezcla de harina con el micelio, (CGRG, 2023).....                 | 46 |
| Figura 4.14. Colocación de micelio en moldes plásticos, (CGRG, 2023).....       | 46 |
| Figura 4.15. Moldes sellados con film plástico transparente, (CGRG, 2023).....  | 47 |
| Figura 4.16. Desmolde del bloque de micotectura, (CGRG, 2023).....              | 47 |
| Figura 4.17. Horneado de bloque de micotectura, (CGRG, 2023).....               | 48 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 4.18. Prueba de compresión, (2024) .....  | 49 |
| Figura 4.19. Comparación de prueba de compresión bloque de micotectura y<br>bloque de concreto, (Philip Ross, 2018)..... | 49 |
| Figura 4.20. Prueba de flexión, (2024). .....  | 50 |
| Figura 4.21. Máquina universal, (2024).....  | 51 |
| Figura 4.22. Comparación de prueba de fractura bloque de micotectura y bloque<br>de concreto, (Philip Ross, 2018). ..... | 51 |
| Figura 4.23. Resistencia media a la compresión, (CGRG, 2024). .....  | 54 |
| Figura 4.24. Resistencia media a la flexión, (CGRG, 2024). .....   | 54 |
| Figura 4.25. Resistencia media a la tensión, (CGRG, 2024). .....   | 55 |
| Figura 4.26. Bloques de micotectura, (CGRG, 2023) .....  | 56 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1.1. Materiales para elaborar el sustrato .....                     | 34 |
| Tabla 1.2. Seguridad industrial para la elaboración del micelio .....     | 35 |
| Tabla 1.3. Materiales para la elaboración del micelio .....               | 36 |
| Tabla 1.4. Materiales para el crecimiento del micelio .....               | 37 |
| Tabla 1.5. Resultados de la preparación del sustrato .....                | 40 |
| Tabla 1.6. Resultados de la elaboración del micelio .....                 | 43 |
| Tabla 1.7. Resultados del crecimiento del micelio .....                   | 46 |
| Tabla 1.8. Resultados del horneado del material micelio .....             | 47 |
| Tabla 1.9. Resultados de los análisis de los bloques de micotectura ..... | 52 |

## INTRODUCCIÓN

Se estima que existen más de 1.5 millones de variedades de hongos que inciden de distintas formas en la naturaleza, ya sea de manera positiva o negativa (Cuevas, 2016). Al aprovechar las funciones positivas de los mismos, se puede encontrar que los hongos se han visto involucrados en diferentes actividades del ser humano, desde su uso alimenticio hasta su uso en el campo de la construcción. Destacando al micelio como ingrediente principal de una técnica de inoculación en sustrato, dando como resultado a uno de los materiales alternativos dentro de la arquitectura sostenible. El desarrollo de nuevos procesos en la construcción ha crecido progresivamente a través del tiempo, ya que cada vez existe mayor densidad poblacional y con ello mayor demanda de un espacio para habitar.

La presente investigación está enfocada a la elaboración de un bloque a base de micelio de hongo y sustrato orgánico, ya que al solidificarse se trata de un material ligero, ignífugo, resistente al moho, al agua y que puede alcanzar una dureza superior al concreto a igualar su peso. Dado que el material cuenta con excelentes propiedades hacen también de este un excelente sustituto de materiales como unicel, aglomerados de madera, espumas de poliuretano y otros derivados del petróleo (Ricardo, 2017). Además, cuenta con la capacidad de adaptarse a cualquier forma a partir de un proceso de moldeo. El proceso de producción de este material es de un impacto mínimo en cuanto a la huella de carbono ya que solo es necesario el uso de hongos, sustrato, agua, energía calorífica del sol y el microorganismo indicado para solidificar el material. La micotectura es un término que ha surgido a base del uso de hongos en la formación de estructuras (bloques) para la construcción, radicando este en un sistema eficiente y de calidad para el cuidado del medio ambiente; siendo además de bajo costo y de fácil producción. La micotectura requiere menos energía para producir y reduce la cantidad de desechos orgánicos.

Uno de los usos más comunes es la creación de estructuras temporales para eventos y festivales. Estas estructuras pueden ser diseñadas para ser efímeras y sostenibles, lo que permite a los organizadores minimizar su impacto ambiental. La



micotectura también puede utilizarse en la creación de jardines verticales. Los paneles de la misma pueden ser diseñados para contener sustratos y plantas, lo que permite a los jardines crecer en lugares donde la tierra es escasa. Estos jardines también tienen un menor impacto ambiental que los jardines tradicionales, ya que utilizan menos agua y nutrientes. Otro uso de la micotectura y es en el cual más nos enfocaremos, es la construcción de viviendas. Los materiales creados dado que son resistentes y duraderos, los hace ideales para la construcción de casas. Además, la micotectura puede ser utilizada para crear diseños innovadores y únicos que no son posibles con materiales de construcción tradicionales, así que además de tener las mismas ventajas que estos materiales, presenta nuevas e interesantes posibilidades.

El desarrollo del presente trabajo consta de cuatro capítulos. En el capítulo I, se abordan los aspectos generales de la micotectura, tales como: antecedentes, definición, planteamiento del problema y objetivos. En el capítulo II, se presentan las características, aplicaciones y propiedades de los hongos, su micelio y el sustrato. Así mismo se dan a conocer a los pioneros en micotectura y algunas obras arquitectónicas que se han realizado a base de la misma. Posteriormente en el capítulo III, se establece el diseño experimental, la preparación, elaboración, crecimiento y horneado del block de micotectura, así también las pruebas físicas del mismo. En el capítulo IV se desglosan los resultados obtenidos a partir del block realizado, mediante la técnica de inoculación de micelio en sustrato orgánico. Finalmente se presenta la conclusión de los logros obtenidos del presente trabajo.



## CAPÍTULO I. GENERALIDADES

En el presente capítulo se incluyen los antecedentes, problemáticas, objetivos y conjeturas en relación al uso del micelio de hongo y su aplicación en la arquitectura.

## 1.1. Antecedentes

La micotectura es una alternativa de arquitectura viva que aprovecha las posibilidades que ofrecen los hongos para desarrollar construcciones sostenibles y de bajo costo. Proviene del griego mico = hongo, tekton = constructor. Consiste en la construcción de estructuras sólidas con micelio y sustrato, el cual es un material capaz de solidificarse mediante su propia configuración orgánica. Esto fue descubierto por Philip Ross, micólogo y diseñador; todo comenzó como un pasatiempo artístico creando sillones, taburetes y mesas a partir de moldes que rellenaba con aserrín y lo inoculaba con micelios, teniendo más de 20 años trabajándolo se percató de que había hallado algo significativo cuando comenzó a cultivar ladrillos entrelazados y a construir estructuras completas a partir de micelios (Lizama, 2020).

El micelio es el sistema radicular y digestivo de los hongos y está formado por innumerables grupos de hifas, las hifas son el filamento fúngico que se origina a partir de las esporas. Estas estructuras, consisten en una red de células alargadas y cilíndricas envueltas por una pared celular, estas pueden crecer con mucha rapidez, incluso hasta más de 1 mm por hora en un ambiente húmedo (Lifeder, 2022). Ross no es el único defensor acérrimo de una disciplina que cabría bautizar como micotectura Eben Bayer y Gavin McIntyre, estudiantes de ingeniería mecánica en el Instituto Politécnico Rensselaer de Nueva York; en 2007 se plantearon la interrogante sobre si sería posible desarrollar un material de construcción orgánico que sustituya al plástico, sus investigaciones les llevaron a la conclusión de que era posible elaborar un producto aislante totalmente orgánico a base de micelio de seta de ostra (*Pleurotus ostreatus*) y otros desechos agrícolas, como hojas de avena o maíz, al que denominaron Greensulate un material sólido y ligero, incombustible, resistente al agua y al moho (Haiman, 2019). Además, si es desechado su degradación es inmediata. No fueron pocos los que trataron de locos a esta pareja de genios, pero las críticas no les amedrentaron y en 2008 fundaron la empresa Ecovative Design (Haiman, 2019).

Aunque Ross patentó su propia versión del procedimiento de micotectura; Ecovative, la firma de biomateriales tras un tiempo, dieron con la clave y patentaron Mushroom-Packaging (antes denominado Greensulate) el método patentado permite la producción de un material capaz de absorber golpes, resistente al agua, flexible y a la vez rígido y biodegradable, con propiedades aislantes a la temperatura y al sonido por un procedimiento similar al de Ross. Sin embargo, Ross no solo está interesado en el potencial del micelio como material de construcción, sino que también lo usa como medio para las bellas artes (Illana-Esteban, 2016).

Inspirado por el trabajo del inventor Philip Ross y su empresa MycoWorks, el arquitecto Christopher Maurer sostiene que una de las claves para abordar la crisis de la vivienda en Cleveland reside en una fuente poco probable: los hongos. Específicamente, en el uso de micelio, la parte vegetativa de un hongo, y el otro recurso "natural" de Cleveland, los desechos de la construcción, en un proceso llamado "biociclaje", que esencialmente recicla edificios viejos en nuevos utilizando materiales vegetales.

“El hongo hace el trabajo pesado”, dice Christopher Maurer, fundador principal de Redhouse Studio. Ahora está trabajando para ampliar el Biocycler, una tecnología móvil que tritura los desechos de la construcción y luego los procesa en bloques utilizando micelio de hongos y microbios productores de calcita como cemento para unirlos en un material duradero y formado (Dorwart, 2018).

Aunque Maurer se enfoca más en reconstruir edificaciones antiguas e inocularlas con micelio no es el único que ya empezó utilizar la micotectura. Puesto que, en diciembre del 2009, Philip y su equipo terminaron de hacer la primera estructura hecha en su totalidad por hongos, a la cual llamaron “Mycotectural Alpha”, es una disposición de 6 pies x 6 pies y se encuentra en una galería en Alemania.

En 2013, Ecovative construyó la Mushroom Tiny House, primera casa ecológica con las paredes aisladas mediante el uso de Greensulate, sustituto de las tradicionales espumas fabricadas a partir de petróleo. Ecovative explicaba que, al ser una materia orgánica, el micelio terminaría muriendo a lo largo del primer mes, formando entonces un sello hermético frente a temperatura, humedad y fuego. Por

si fuera poco, hasta las tejas estaban elaboradas a partir de micelio (Fungiturismo, 2017).

La Mushroom Tiny House no es un gigante. Con una huella de 12' x 7', es más un Enoki que un Portabello adulto. Pero lo que le falta a la casa en tamaño, lo compensa con su impresionante uso de materiales ecológicos. Después de que se completó la casa a mediados de junio, la casa de hongos de Ecovative fue transportada en un remolque desde Green Island, Nueva York a Vermont para la Feria Tiny House de 2013.

Otro ejemplo interesante de construcción con micelio, es el del Growing Pavilion o Pabellón Creciente, un espacio de exposición temporal para la Semana del Diseño Holandés de 2019. El edificio fue diseñado por Krown-Design, empresa especializada en diseñar muebles y estructuras de micelio (Inarquia, s.f.). El Pabellón Creciente estaba compuesto en su totalidad por biomateriales. Para los marcos se usó madera, encajando en ella paneles creados a partir de micelio. A estos se les añadió una capa protectora de revestimiento orgánico. Los suelos estaban hechos de juncos y los bancos de desechos agrícolas. Además de una composición 100% sostenible, el pabellón también era capaz de purificar el aire. Según explicaba el cofundador de la compañía, Jan Berbee, los paneles tradicionales de poliestireno expandido emiten el triple de su peso en CO<sub>2</sub>. Por su parte, el micelio es capaz de capturar el doble de su peso en dióxido de carbono, reduciendo la huella ecológica de un edificio.

Y por último esta la torre Hy-Fi de David Benjamín diseñado por la oficina recientemente adquirida por Autodesk, The Living, fue el proyecto ganador en 2014 de la 15 edición del Programa de Jóvenes Arquitectos, convocada por el Museo de Arte Moderno y el MoMAPS1 de Long Island de Nueva York. Hy-Fi era una torre circular de 13 metros de alto construida con 10.000 ladrillos orgánicos compuestos por hifas empaquetadas que fueron proporcionados por la empresa Ecovative (The Living, s.f.).

La parte superior de la estructura estaba formada por ladrillos reflectantes que hacían rebotar la luz hacia abajo y los ladrillos de micelio actuaban como un



aislante térmico. Esta disposición hacía que se mantuviera un microclima fresco en verano. Dado el carácter biodegradable de los materiales usados en la construcción de la torre, tras acabar la exhibición fue desmontada y los ladrillos fueron procesados y usados para abonar jardines públicos.

## 1.2. Planteamiento del problema

### **¿Qué tan importante es la implementación de la micotectura como una alternativa de construcción sostenible?**

Dada la creciente urgencia por un cambio de modelo en el sector de la construcción hacia estándares de mayor sostenibilidad, la investigación de nuevos sistemas, procesos y materiales se hacen más urgente que nunca, ya que los materiales de construcción tradicionales, como puede ser el concreto o el acero, contribuyen en gran medida al tremendo impacto medioambiental de la industria. Apoyado en esto muchos especialistas han inclinado su investigación hacia nuevas alternativas ecológicas. Así surge el interés por el uso de los hongos dado que estos contienen unas microfibras frágiles con apariencia de raíces, llamadas micelio que, al secarse adquieren una tremenda resistencia al agua, el moho y el fuego. Por lo tanto, hoy en día la creación de un sistema de construcción eficiente para el cuidado del medio ambiente, de bajo costo y de fácil producción es posible, ya que la micotectura se puede aprovechar tanto para la creación de un ladrillo de sustrato con micelio como para rediseñar y mejorar construcciones existentes.



### **1.3. Justificación**

Con la presente investigación se busca destacar una nueva alternativa que está surgiendo en la construcción, ya que los sistemas de construcción actuales como lo son el concreto y el hierro contribuyen en gran medida al tremendo impacto medioambiental de la industria, es por eso que esta investigación está enfocada en describir todas las propiedades y beneficios que tiene la micotectura, ya que además de ser un material increíblemente resistente tiene un gran valor ecológico; cabe mencionar que se han realizado diferentes pruebas en donde se ha comprobado que un bloque de sustrato con micelio es más resistente en peso que un block de concreto, además resiste al fuego, al moho y al agua.



## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general:**

Analizar la importancia de la implementación de la micotectura mediante un sistema de compactación de un bloque de micelio y sustrato, evaluando sus propiedades para considerarla como una alternativa de construcción sostenible.

### **1.4.2. Objetivos específicos:**

1. Describir las cualidades del micelio como una alternativa en la construcción.
2. Considerar las propiedades del micelio para la re-arquitectura.
3. Comparar las propiedades de la micotectura con el sistema tradicional y reconocer sus beneficios tanto ambientales como económicos.



## 1.5. Hipótesis

Conociendo que la micotectura tiene propiedades que resisten al fuego, al moho, al agua y asimismo que es más resistente que un block de concreto referente a la capacidad de carga, puede asumirse que es una opción factible para un nuevo desarrollo de arquitectura sostenible.



## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo contiene el fundamento bibliográfico y esbozo del estado del arte, en el cual se abordan las características y propiedades de los hongos, así como la implementación del uso de su micelio como material de construcción; describiendo a sus pioneros e inicios del mismo para el desarrollo de una nueva arquitectura sostenible.

## 2.1. Hongos

En biología, los hongos se consideran como seres vivos que comparten similitudes con los animales y las plantas, por lo tanto, son seres híbridos que se establecen en su propio reino denominado fungí. Tienen propiedades relevantes en las industrias, siendo versátiles al beneficio del ser humano. Como uno de los antecedentes más antiguos, se manifiestan los hongos para la elaboración de productos alimenticios. Las levaduras en la fabricación de pan, cerveza y vino, las cuales fueron empleadas por egipcios, mesopotámicos, sumerios y chinos (Cuevas, 2016). Sin embargo, su uso dentro de campos artísticos, no se ver reflejado en ningún antecedente sino hasta llegar a la actualidad, como, por ejemplo, con Phillip Ross, quien será descrito posteriormente (CGRG, 2023).



Figura 1.1. Hongo *pleurotus ostreatus*, (*Mycelinarium*, s.f.).

### 2.1.1. Características

Los hongos son seres vivos heterótrofos, los cuales tienen una organización bastante simple en comparación con otros organismos como las plantas o los

animales, pues requieren de un sustento alimenticio externo, como puede ser un sustrato orgánico, por ejemplo, madera, paja, entre otros.

Los hongos poseen la capacidad de colonizar y alimentarse de fibras vegetales, generando estructuras por medio de múltiples hifas, construyendo así su cuerpo vegetativo, al conjunto de hifas se lo conoce como micelio (Cubas, 2007). Entendiéndose que, el micelio es el aparato receptor de alimentos y constituye el cuerpo del hongo. Este cuerpo se compone en base a las ramificaciones de sus hifas.

### **2.1.2. Aplicaciones**

En la actualidad, los hongos son empleados en la industria, en la elaboración de bebidas alcohólicas, que son producto de la fermentación de levaduras para obtener etanol. En la alimentación, con el uso de levaduras para la fabricación de pan y quesos, también en su consumo directo, pues varias especies de hongos son comestibles. Asimismo, los hongos son utilizados por el ser humano en la industria farmacéutica, aplicando sus utilidades en la elaboración de medicamentos (Ruiz, 2010). Tras varios estudios, por ejemplo, el laboratorio “The Growing Lab”, ha logrado descubrir de forma exploratoria su cualidad aplicativa en torno a la construcción en el campo de la arquitectura y del diseño (Rodríguez, 2019).

### **2.2. Micelio**

Se llama así al conjunto de hifas (filamentos pluricelulares) que forman la parte vegetativa de un hongo. Son unas microfibras frágiles con apariencia de raíces que se desarrollan bajo tierra, pudiendo hacerlo a altas velocidades en las condiciones adecuadas. Al secarse, adquieren una tremenda resistencia al agua, el moho y el fuego.

Los hongos no poseen la capacidad de ingerir alimentos. Éstos se sustentan por la absorción de moléculas orgánicas, producidas por ellos al segregar enzimas,

sobre la materia orgánica donde yacen, transformándola en azúcares, minerales, entre otros (Cubas, 2007). Este proceso de alimentación es la base fundamental para la colonización del sustrato a partir de sus hifas, pues éstas crecen y se ramifican en búsqueda de sustento alimenticio, dando como resultante el cuerpo vegetativo del hongo que, al colonizar en su totalidad al sustrato orgánico, toma su forma y se solidifica. Esta colonización se desarrolla en condiciones de humedad y escasas de luz. Después de la colonización de la materia orgánica por parte de las hifas, nacen los primordios, que son el órgano reproductor del hongo, también conocido como frutos, el cual permitirá la reproducción del hongo mediante esporas. Los primordios son los indicadores del buen estado en el que se encuentra el hongo y la totalidad de la colonización del micelio sobre el sustrato.



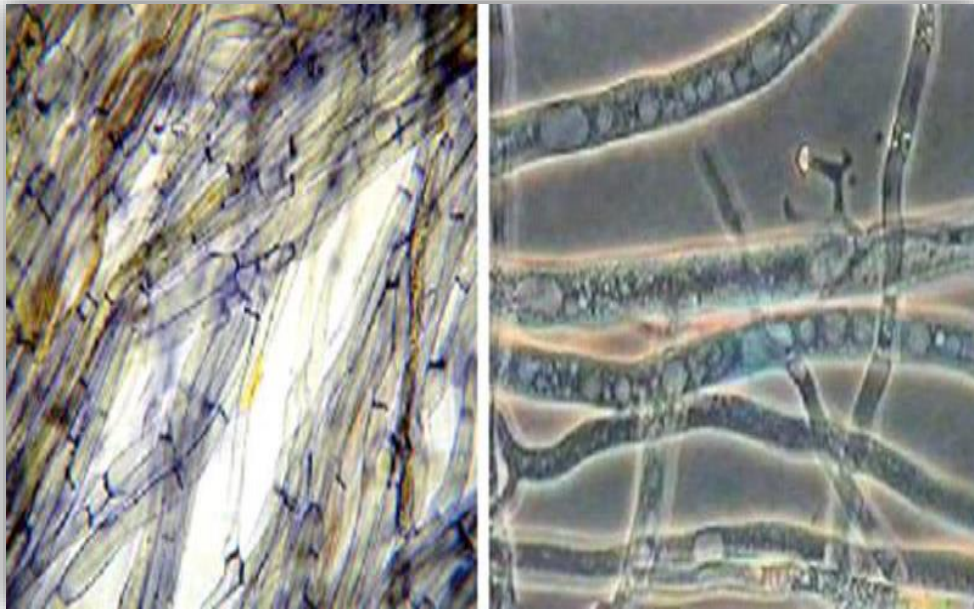
Figura 2.2. *Micelio de un hongo, (Hille, s.f.).*

### **2.2.1 Hifas**

Las hifas están generalmente ramificadas ya sea que estén septadas o no septadas. Aquellas hifas que no poseen septos son aquellas que están formadas por una

masa multinuclear de citoplasma continuo, siendo estas cenocíticas, puesto que un mismo citosol alberga múltiples núcleos.

Por el contrario, las hifas septadas tienen las células con uno o más núcleos separadas por paredes transversales que son relativamente individuales. Las hifas crecen siempre de forma apical, es decir, por uno de sus extremos, y sus paredes celulares son tubulares y de sumamente delgadas. Pueden ser incoloras, hialinas o muy coloridas como rojas, verdes, amarillas, naranjas o negras (Lifeder, 2020).



*Figura 3.3. Hifas, (Avelino, 2015)*

### **2.2.2. Las posibilidades del Micelio como material de construcción**

Dada la creciente urgencia por un cambio de modelo en el sector de la construcción hacia estándares de mayor sostenibilidad, la investigación de nuevos sistemas, procesos y materiales se hace más urgente que nunca. Los materiales de construcción tradicionales, como puede ser el hormigón o el hierro, contribuyen en gran medida al tremendo impacto medioambiental de la industria. La investigación



de materiales alternativos deja de tratarse de una opción, para convertirse en una necesidad.

Así surge el interés por el uso del micelio, un material, como hemos dicho, orgánico y biodegradable. Si bien en la teoría ha sido ampliamente investigado por su potencial en la construcción, sus usos prácticos han sido anecdóticos. Uno de los más destacados ha sido su conversión en un bio-plástico. En términos de propiedades físicas y mecánicas, es similar al poliestireno expandido, pero con mayor biodegradabilidad.

Otra de las opciones que está ganando fuerza, es el desarrollo de ladrillos orgánicos. Sus esporas se mezclan con otros componentes, como podrían ser desechos agrícolas (por ejemplo, astillas o cáscaras de semillas). El hongo consume los nutrientes y se convierte en una masa densa que se coloca en moldes con el tamaño y forma deseados.

### **2.3. Sustrato**

El sustrato es la materia orgánica que posee los nutrientes necesarios para el crecimiento y reproducción de los hongos. Es el medio que usan los hongos para su alimentación mediante la degradación o descomposición de fibras vegetales (Gerardo, Salmones, Soto, & Guzmán. 2010).

En cierto tipo de hongos comestibles, como las setas grises, el sustrato debe ser colocado en depósitos impermeables y estériles, para mantener la humedad y evitar su contaminación. Al ser un compuesto rico en nutrientes, distintos organismos patógenos buscan albergarse en él. El sustrato es un medio de cultivo sólido rico en nutrientes que permite la proliferación del micelio (Gaitán-Hernández, Salmones, Merlo, & Mata, 2006).

Existe la posibilidad de experimentar con el sustrato, a través del micelio de hongos comestibles, pues éste puede colocarse en depósitos como: moldes, bolsas, recipientes, que deben estar esterilizados e impermeabilizados para la salud



del hongo. De esta manera, se evita cualquier tipo de contaminación y se permite un ambiente húmedo, para la proliferación del micelio, en un espacio cerrado, limpio y estéril (Gaitán-Hernández, Salmones, Merlo, & Mata, 2006).

El sustrato puede llenar un depósito en su totalidad, adaptándose a la forma, permitiendo que el micelio colonice el sustrato con una forma determinada, la cual se solidifica, obteniéndose así un objeto sólido. Así se justifica, la factibilidad del positivado escultórico con hongos. El sustrato puede elaborarse con distintos materiales orgánicos de alta cantidad en fibra vegetal como, pajas de ajonjolí, arroz, cebada, sorgo, trigo, avena, rastrojos de maíz, garbanzo, frijol, pulpa de café, bagazos de caña de azúcar, forestales como aserrín, viruta, tronco y ramas, también papel, olote, hojas de piña, fibra de coco, hojas y tallos de plátano (Gerardo, Salmones, Soto, & Guzmán. 2010).

Usar más de uno de los elementos ya descritos, facilita la degradación y descomposición del sustrato, beneficiando al micelio en su colonización y crecimiento. Existen varios tipos de sustrato que optan por mezclar varias fibras vegetales, como, por ejemplo, se tiene al sustrato que contiene, pulpa de café, cáscaras de cacao, fibras de coco y viruta de madera, en el cual, el micelio se reproduce en un corto periodo de tiempo. Y también, el sustrato que contiene solo cáscaras de coco y de cacao, el cual tiene una escasa probabilidad de presentar microorganismo a pesar de ser expuesto al medio (Nora, Rosa, & Migdalia, 2011).



*Figura 4.4. Sustratos, (ProMix, 2022).*

## 2.4. Micotectura

Micotectura es un término que parte de la construcción de estructuras con hongos. Proviene del griego mico = hongo, tekton = constructor. Consiste en la construcción de estructuras sólidas con micelio y sustrato, el cual es un material capaz de solidificarse mediante su propia configuración orgánica. Se trata de un material ignífugo, resistente al moho y al agua y que puede alcanzar una dureza superior al hormigón a igual peso. Su proceso de fabricación, aunque más lento que el de otras soluciones constructivas como el hormigón, es relativamente sencillo. Basta con inyectar el micelio vivo en un sustrato orgánico para que este crezca y adopte la forma deseada. Luego, tras un tratamiento de calor para interrumpir el crecimiento se endurece, ya está listo para usarse. Además, el sustrato puede crearse a partir de desechos de todo tipo, desde agrícolas hasta materiales procedentes de demoliciones. Y no solo eso: el micelio puede adoptar cualquier tipo de forma en función del molde elegido.

Las investigaciones acerca de las posibilidades del micelio como material alternativo en la construcción de estructuras se han viabilizado en el campo

arquitectónico y del diseño. La micotectura ha sido en su mayoría explotada en el campo del diseño y la arquitectura, y de igual manera, está siendo explotada en el campo artístico, específicamente en el área escultórica. Como referente artístico tenemos a Philip Ross, considerado como un artista e inventor, quien se enfoca en la investigación y diseño con materiales biológicos, presentando en museos de arte contemporáneo instalaciones y mobiliarios contruidos con micelio.



Figura 5.5. *Micotectura*, (Ross, 2018).

#### 2.4.1. Philip Ross

Es un artista e inventor que ha investigado sobre el uso de biomateriales. Él propuso la palabra «micotectura» que definió como la práctica de construir con el micelio. Es el fundador de la empresa de diseño e ingeniería MycoWorks que se encuentra en Silicón Valley, California. Su objetivo es continuar investigando en el desarrollo de productos y aplicaciones basadas en el micelio de los hongos. Las obras que ha realizado con el micelio de *Ganoderma lucidum* como material para usar en arquitectura y para fabricar muebles han sido exhibidas en distintos museos de Estados Unidos, también en Moscú y Düsseldorf. Bloques de micelio fabricados

por MycoWorks fueron mostrados en una exhibición realizada en 2013 en el Museo de San Diego, donde además los niños pudieron jugar con ellos.

#### **2.4.2. Christopher Maurer**

Christopher Maurer, nativo de Cleveland, fundador y arquitecto principal de la firma local de diseño humanitario Redhouse Studio y profesor adjunto en la Universidad Estatal de Kent, tiene muchas ideas sobre cómo abordar los complejos desafíos de la ciudad.

Inspirado por el trabajo del inventor Philip Ross y su empresa MycoWorks, Maurer sostiene que una de las claves para abordar la crisis de la vivienda en Cleveland reside en una fuente poco probable: los hongos. Específicamente, en el uso de micelio, la parte vegetativa de un hongo, y el otro recurso "natural" de Cleveland, los desechos de la construcción, en un proceso llamado "biociclaje", que esencialmente recicla edificios viejos en nuevos utilizando materiales vegetales.

#### **2.4.3. Ecovative Design**

¿Sería posible desarrollar un material de construcción orgánico que sustituya al plástico? Esta fue la pregunta que en 2007 se plantearon Eben Bayer y Gavin McIntyre, estudiantes de ingeniería mecánica en el Rensselaer Polytechnic Institute de Nueva York. Sus investigaciones les llevaron a la conclusión de que era posible elaborar un material aislante totalmente orgánico a base de micelio de hongos, el cual podría usarse como material de construcción. No fueron pocos los que trataron de locos a esta pareja de genios, pero las críticas no les amedrentaron y en 2008 fundaron la empresa Ecovative Design.

Ecovative Design LLC es una empresa de materiales con sede en Green Island, Nueva York, que ofrece alternativas sostenibles a los plásticos y espumas de poliestireno para envases, materiales de construcción y otras aplicaciones mediante el uso de tecnología de hongos. Ecovative utiliza la biología para resolver

las necesidades humanas fundamentales a escala industrial y en aplicaciones de consumo. Ecovative utiliza micelio para hacer crecer productos que definen una categoría que van desde el cuero como textiles hasta envases sostenibles y espumas de alto rendimiento para ropa y belleza. Ecovative ha sido ampliamente reconocida por sus contribuciones técnicas y ambientales por organizaciones como el Foro Económico Mundial y en los medios de comunicación como Wired Magazine, Forbes y Time (LinkedIn, s.f.).

## **2.5. Arquitectura**

La arquitectura es el arte y la técnica de proyectar, diseñar y construir, modificando el hábitat humano, estudiando la estética, el buen uso y la función de los espacios, ya sean arquitectónicos o urbanos. La arquitectura nació con el hombre de la prehistoria, durante el Neolítico, cuando diversos grupos humanos desarrollaron un estilo de vida sedentario basado en la agricultura. Este nuevo modo de vida conllevó al desarrollo de viviendas estables y recintos ceremoniales, los cuales fueron evolucionando estéticamente a partir de elementos simbólicos presentes en el contexto sociocultural donde se desarrollaban. A medida que las sociedades se hacían más complejas y extensas, surgieron los primeros núcleos urbanos cerrados, con viviendas agrupadas en torno a lugares sagrados. De esta forma nacieron las altas culturas de Medio Oriente: Mesopotamia y Egipto, que llegaron numerosas obras arquitectónicas, de las que destacan, por ejemplo, los sistemas de irrigación, los zigurats, los templos y las pirámides.

### **2.5.1. Arquitectura sostenible**

La arquitectura sostenible, también conocida como arquitectura verde, ecoarquitectura y arquitectura ambientalmente consciente, es un modo de concebir el diseño arquitectónico de manera sostenible, buscando optimizar recursos naturales y sistemas de la edificación, de manera de minimizar el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes.

Los principios de la arquitectura sustentable incluyen la consideración de las condiciones climáticas, la hidrografía y los ecosistemas del entorno en que se construyen los edificios, para obtener el máximo rendimiento con el menor impacto, la eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción,

### **2.5.2. Hy-Fi**

Hy-Fi de David Benjamín diseñado por la oficina recientemente adquirida por Autodesk, The Living, fue el proyecto ganador en 2014 de la 15 edición del Programa de Jóvenes Arquitectos, convocada por el Museo de Arte Moderno y el MoMAPS1 de Long Island de Nueva York. Hy-Fi era una torre circular de 13 metros de alto construida con 10.000 ladrillos orgánicos compuestos por hifas empaquetadas que fueron proporcionados por la empresa Ecovative.

La parte superior de la estructura estaba formada por ladrillos reflectantes que hacían rebotar la luz hacia abajo y los ladrillos de micelio actuaban como un aislante térmico. Esta disposición hacía que se mantuviera un microclima fresco en verano. Dado el carácter biodegradable de los materiales usados en la construcción de la torre, tras acabar la exhibición fue desmontada y los ladrillos fueron procesados y usados para abonar jardines públicos (The Living, s.f.).





Figura 6.6. Torre Hy Fi, (*The Living*, 2014).

"Nuestra estructura desvía temporalmente el ciclo natural del carbono para producir un edificio que crece nada más que de la tierra y luego regresa a la tierra: sin desperdicios, sin energía y sin emisiones de carbono", justifica *The Living*.

### 2.5.3. El Pabellón Creciente

Otro ejemplo interesante de construcción con micelio, es el del Growing Pavilion o Pabellón Creciente, un espacio de exposición temporal para la Semana del Diseño Holandés de 2019. El edificio fue diseñado por Krown-Design, empresa especializada en diseñar muebles y estructuras de micelio. El Pabellón Creciente estaba compuesto en su totalidad por biomateriales. Para los marcos se usó madera, encajando en ella paneles creados a partir de micelio. A estos se les añadió una capa protectora de revestimiento orgánico. Los suelos estaban hechos de juncos y los bancos de desechos agrícolas. Además de una composición 100% sostenible, el pabellón también era capaz de purificar el aire. Según explicaba el cofundador de la compañía, Jan Berbee, los paneles tradicionales de poliestireno expandido emiten el triple de su peso en CO<sub>2</sub>. Por su parte, el micelio es capaz de

capturar el doble de su peso en dióxido de carbono, reduciendo la huella ecológica de un edificio (Inarquia, s.f.).



Figura 7.7. El pabellón creciente, (Dezeen, 2020).

#### 2.5.4. Mycotree

En esa línea trabajaron el arquitecto Dirk Hebbel y el ingeniero Philippe Block, empleando el micelio para crear estructuras portantes, docenas de piezas creadas con micelio conectadas mediante placas de bambú y clavijas metálicas, aunque es el primero el que soporta la carga.

Los bloques de micelio fueron diseñados empleando un programa de modelado 3D desarrollado por el equipo de Block en la Escuela Politécnica Federal de Zúrich. Las esporas de los hongos se mezclaron con serrín y caña de azúcar, sustancia de la cual el hongo se alimentó hasta convertirse en una masa esponjosa un par de días más tarde. Después se traspasó a unos moldes para darles la forma



deseada mientras proseguía el proceso de densificación. Cuando alcanzó el tamaño deseado, fue deshidratado para frenar el crecimiento.

Los diseñadores buscaban demostrar que un material en apariencia débil podía combinarse con técnicas novedosas y complejos procesos de fabricación digital para desarrollar un producto final fuerte y resistente. De acuerdo con Hebel y Block, una geometría adecuada podría permitir emplear el micelio en la estructura de un edificio de hasta dos plantas.



Figura 8.8. *Mycotree*, (Dezeen, 2017).

### 2.5.5. Mushroom Tiny House

En 2013, Ecovative construyó la Mushroom Tiny House, primera casa ecológica con las paredes aisladas mediante el uso de Greensulate, sustituto de las tradicionales espumas fabricadas a partir de petróleo. Ecovative explicaba que, al

ser una materia orgánica, el micelio terminaría muriendo a lo largo del primer mes, formando entonces un sello hermético frente a temperatura, humedad y fuego. Por si fuera poco, hasta las tejas estaban elaboradas a partir de micelio.

La Mushroom Tiny House no es un espacio grande, teniendo dimensiones de 33.02 x 17.78 cm; pero lo que le falta a la casa en tamaño, lo compensa con su impresionante uso de materiales ecológicos. Después de que se completó la casa a mediados de junio, la casa de hongos de Ecovative fue transportada en un remolque desde Green Island, Nueva York a Vermont para la Feria Tiny House de 2013.



*Figura 9.9. Mushroom Tiny House, (Inhabitat, 2013).*

### **2.5.6. Rearquitectura**

Es el rediseño total o parcial de una estructura arquitectónica, basados en la premisa del mejoramiento de la calidad de vida del usuario y su relación consciente con el entorno natural, cultural y construido, buscando calidad espacial, bajo impacto y un uso racional de los recursos.

Un estudio de arquitectura en Cleveland está trabajando en una técnica para demoler casas abandonadas y combinar hongos con escombros de demolición para formar nuevos materiales de construcción. Este proceso se llama "biociclado". El biociclado combina desechos y escombros de la construcción con "bioaglomerantes" como hongos, materiales vegetales y microbios para crear nuevos materiales de construcción. En la práctica, esto significa que los desechos de la construcción en el sitio, como la madera y el aislamiento, se muelen en una pulpa y se mezclan con materiales vegetales, que se dejan crecer en el lugar. Los "bioterales" resultantes luego se prensan y tratan para hacer ladrillos y aislamiento adecuados (Dorwart, 2018).

Este enfoque podría ayudar a combatir los problemas de vivienda en América del Norte al reciclar de manera asequible las casas antiguas en otras más nuevas. "El objetivo final", dice Maurer, "es reducir la huella de carbono incorporada, para poder hacer nuevos edificios a partir de los antiguos". Las empresas de diseño, como Redhouse Architecture, creen que este proceso incluso podría utilizarse para casas de beneficencia destinados a dar asilo e incluso permanencia a los adultos mayores, huérfanos y otros desamparados. Podría proporcionar viviendas que pueden durar solo unos pocos años y luego convertirse en abono al final de su vida útil. Además, puede ser una solución para las comunidades de los países en desarrollo que luchan todavía con la pobreza y la marginalidad de un importante sector de su población.

La Redhouse Studio está trabajando en un proyecto en el bullicioso vecindario de la ciudad de Ohio en Cleveland que servirá como un prototipo de biociclaje y mostrará las posibilidades de la arquitectura sostenible. Maurer y su equipo están renovando actualmente un edificio de tres pisos del siglo XIX en West 25th Street para crear un hotel boutique. Los escombros del hotel se "reciclarán" en el lugar y se combinarán con materiales orgánicos como micelio para construir los bloques de construcción de un cobertizo en una granja urbana cercana (Dorwart, 2018).



Figura 10.10. *Bioladrillo*, (2018).

El proceso de biociclado evita los elevados costes económicos y medioambientales que a menudo se asocian con la construcción. Solo en los EE. UU., Más de 500 millones de toneladas de desechos de la construcción van a los vertederos cada año. Mientras tanto, los edificios son responsables de casi el 40% de las emisiones de carbono del país. El biociclaje, podría reducir la huella de carbono incorporada de un proyecto de construcción, ayudando a abordar los cambios provocados por el calentamiento global incluso cuando reduce los costos.

Además, los hongos pueden usarse como una herramienta en la micorremediación, el uso de hongos para degradar y secuestrar contaminantes. Los micólogos utilizan la micorremediación para limpiar los vertederos y los cursos de agua contaminados. Debido a que los hongos pueden absorber contaminantes y toxinas como el plomo, sostiene el argumento, son ideales para convertir los desechos de la construcción en materiales de construcción útiles.

Las propiedades desintoxicantes de los hongos son también una de las razones por las que el biociclado “podría ser especialmente útil en áreas de desastre o situaciones de crisis”, dice Maurer, y podría usarse para construir bio-refugios sostenibles para poblaciones desplazadas por desastres naturales. Demostrar que el biociclado es seguro y sostenible y, por lo tanto, hacer que los edificios construidos con estos nuevos materiales cumplan con el código requerirá tiempo, financiación, educación y pruebas a largo plazo. Y, añade Maurer, cuando se trata de biociclaje, su equipo está pidiendo mucho: es decir, un cambio de paradigma en la forma en que la gente ve los materiales de construcción (Dorwart, 2018).



### **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

En el presente capítulo se incluye, la descripción de los procesos y condiciones bajo las cuales se llevó a cabo la preparación del sustrato, elaboración y crecimiento del material micelio, al igual que la formación del bloque de construcción para realizar las pruebas correspondientes para su análisis.



### 3.1. Desarrollo experimental

Esta investigación tiene un carácter documental y bibliográfico puesto que la información que sustenta el desarrollo de este trabajo resulta de la recopilación de datos en libros digitales y físicos, e informes provenientes de repositorios académicos publicados en línea. Para la experimentación se basó en el siguiente proceso descrito en el diagrama de flujo

#### Síntesis del bloque de micotectura

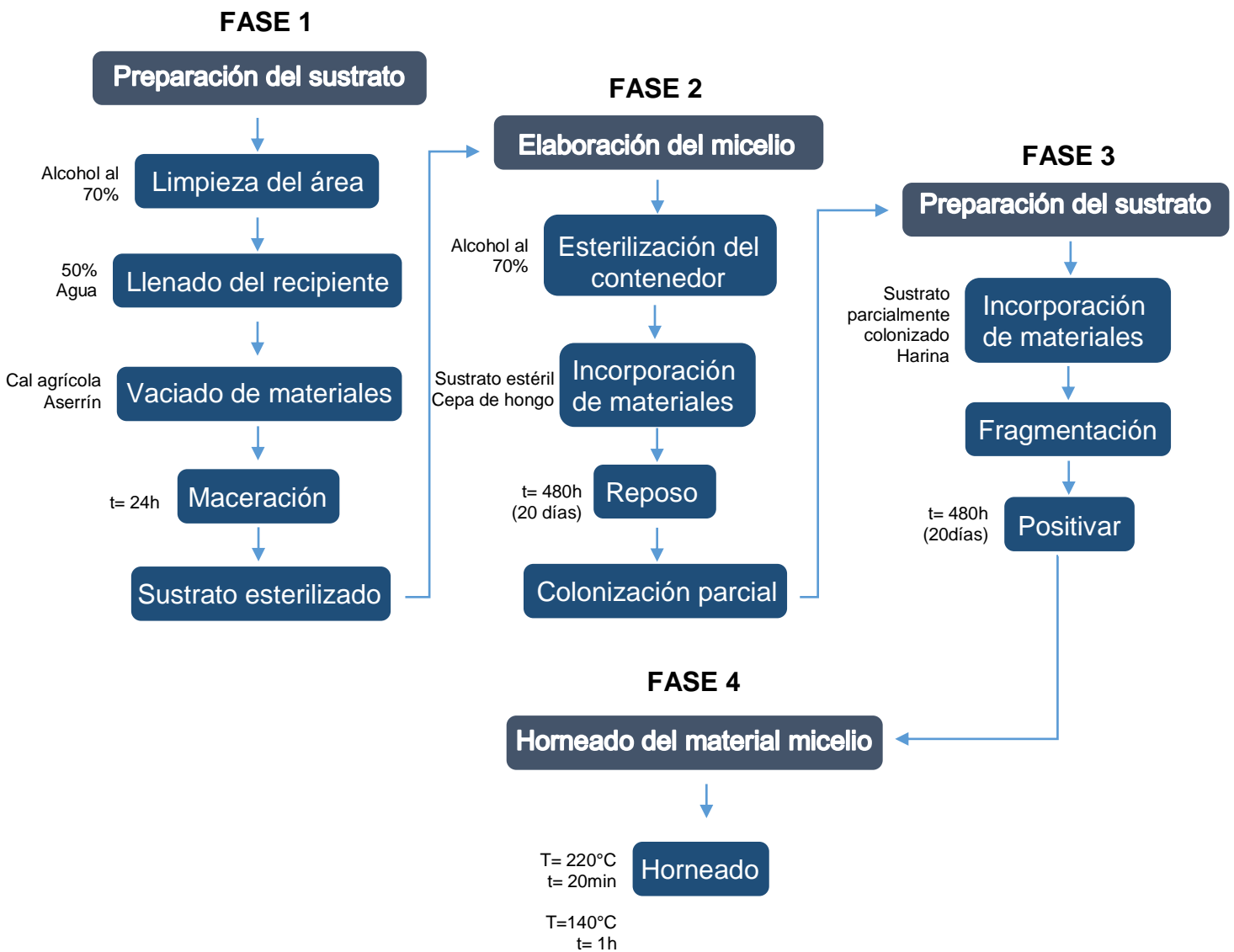


Figura 11.1. Diagrama de flujo del proceso, (CGRG, 2023).

### 3.2. Tipo de sustrato seleccionado

Se estudiaron los residuos lignocelulósicos aserrín, viruta de madera y paja de trigo, obtenidos de un taller. Dichos residuos fueron utilizados como sustratos para el desarrollo del hongo *P. ostreatus* y para fungir como material de refuerzo en los bloques desarrollados. Los residuos fueron tratados según la metodología. Los materiales elegidos para ser utilizados como sustratos poseen propiedades como: ser material de residuo, económicos, disponibilidad en cantidad, localización fácil y cercana.



*Figura 12.2. Aserrín, (Forest2home, 2023).*

### 3.3. Tipo de hongo seleccionado

Se seleccionó la especie *P. ostreatus* de la división Basidiomycota del Reino Fungí, conocido por ser un hongo de pudrición blanca y gris, el cual se alimenta de materia orgánica lignocelulósica en descomposición. Este hongo al ser constituido principalmente por quitina un biopolímero natural, fue utilizado para fungir como matriz en el desarrollo de un bioladrillo poco denso, que se desarrolla rápidamente bajo sus mejores condiciones de desarrollo de T, Hr, C.H, O<sub>2</sub> y nutrientes. Fue utilizado micelio de *P. ostreatus* comercial.





*Figura 13.3. Seta de ostra (P. ostreatus), (CGRG, 2023).*

### 3.4. Ideación y bocetos del molde

El molde propuesto es de plástico con forma rectangular, este debe ser descontaminado por completo con alcohol antiséptico. Luego, usar papel film como aislante, para que no se absorba la humedad del micelio que será colocado en el molde. Este último también se desinfectará con alcohol antiséptico.

### 3.5. Preparación del sustrato

*Tabla 1.1. Materiales para elaborar el sustrato*

| Cantidad | Material                               |
|----------|--|
| 1        | ○ Recipiente plástico de 100 litros.   |
| 4 kg     | ○ Aserrín o viruta de madera triturada |
| 300 g    | ○ Cal agrícola o de construcción       |
| 20 lt    | ○ Agua potable                         |
| 1        | ○ Varilla de agitación                 |

Paso 1: Limpiar el área de trabajo con alcohol antiséptico al 70%.

Paso 2: Llenar el recipiente plástico esterilizado con agua potable hasta un 50% del mismo.

Paso 3: Verter 300 g de cal agrícola o de construcción y revolver con una varilla de agitación hasta que disuelva. La cal ayudará a eliminar la mayoría de bacterias que se encuentran en el aserrín para sanearlo, además, regula el PH y ablanda la fibra del mismo.

Paso 4: Verter el aserrín dentro del agua potable esterilizada con cal y dejar reposar por 24 horas.

Paso 5: Cada 4 horas, remover con la varilla de agitación esterilizada la solución para ablandar la fibra de aserrín, seguir el proceso hasta cumplir 24 horas.

Paso 6: Después de 24 horas de reposo, eliminar el exceso de agua del recipiente plástico.

Paso 7: Logrando así con éxito obtener sustrato esterilizado, apto para generar el cultivo de hongos.

### 3.6. Elaboración del micelio

*Tabla 1.2. Seguridad industrial para la elaboración del micelio*

| Material aséptico            |   |
|------------------------------|---|
| Material                     | Empleo  |
| Mascarilla quirúrgica        | Se usa para evitar el contacto directo con el micelio y su sustrato, ya que la persona puede contaminarlos al exhalar sobre ello, pues existe una gran cantidad de organismos patógenos en la boca y en el aliento. |
| Guantes de látex quirúrgicos | Evitan el contacto directo con el hongo, disminuyendo las probabilidades de   |

|                     |  |
|---------------------|--|
|                     | contaminación del micelio, a causa de bacterias alojadas en las manos.   |
| Alcohol antiséptico | Se usa para desinfectar áreas cercanas al hongo, tales como: superficies, espacios, recipientes y ropa, que pueden estar contaminadas por bacterias. De esta manera se mantiene un ambiente aséptico para el micelio con su sustrato.  |
| Aspersor manual     | Permite mantener un entorno húmedo apto para la colonización del micelio. El aspersor contiene agua con tres gotas de cloro por cada 100 ml, para ser purificada. Con esto se evita que el hongo se contamine por agentes patógenos que pueden encontrarse en el agua y, a su vez, se mantenga húmedo. |

*Tabla 1.3. Materiales para la elaboración del micelio*

| Cantidad          | Material                     |
|-------------------|------------------------------|
| 1                 | Alcohol antiséptico          |
| 1                 | Aspersor                     |
| 1                 | Guantes de látex quirúrgicos |
| 1                 | Mascarilla quirúrgica        |
| 1                 | Papel absorbente             |
| 1                 | Bolsa plástica               |
| 1                 | Recipiente plástico          |
| 2 frascos de 750g | Cepas de hongos              |
| 2 kg              | Sustrato                     |

Paso 1: Limpiar todo el espacio de trabajo, utilizando papel absorbente con alcohol antiséptico. De igual manera la superficie del recipiente plástico que contendrá el sustrato estéril con las semillas del hongo. Se busca exterminar bacterias que podrían contaminarlos.

Paso 2: Colocar en el recipiente plástico esterilizado 2 kg de sustrato estéril junto con dos frascos de cepas cultivadas de hongos, cada uno de 750g. Y, mezclar ambos elementos con las manos, hasta obtener un cuerpo homogéneo.

Paso 3: Colocar la mezcla de sustrato estéril con la cepa de cultivo de hongos, en bolsas plásticas, mismas que previamente deben ser desinfectadas con alcohol antiséptico.

Paso 4: Ubicar las bolsas plásticas en un espacio oscuro durante 20 días, para que se produzca la colonización parcial del hongo sobre dicho sustrato estéril. Durante ese tiempo humedecer el material que se encuentra dentro de las bolsas, procurando que ésta no se seque, para este procedimiento se debe utilizar el aspersor con agua purificada.

Paso 5: Logrando con éxito la colonización parcial del sustrato con la cepa de cultivo de hongos, por ende, se obtiene micelio como materia base apta para generar los elementos estructurales.

### 3.7. Crecimiento del micelio en el molde

*Tabla 1.4. Materiales para el crecimiento del micelio*

| Cantidad | Material                     |
|----------|------------------------------|
| 40gr     | Harina sin polvos de hornear |
| 1        | Molde                        |
|          | Film plástico transparente   |
| 1        | Alcohol antiséptico          |

Paso 1: Pasados los 20 días desmenuzar el material micelio de las bolsas plásticas y verter en un contenedor, en donde se deben añadir 40gr de harina sin polvos de hornear.

Paso 2: Desmenuzar el sustrato parcialmente colonizado y colocar en el molde de forma que llene todo y presionar si es necesario. Después envolver el molde con film plástico transparente para evitar la pérdida de humedad del sustrato parcialmente colonizado. Al terminar el proceso se harán incisiones sobre el film plástico, en la parte visible del sustrato, para el ingreso de oxígeno.

Paso 3: Con alcohol antiséptico esterilizar el espacio en el que se colocarán los moldes a positivar durante 20 días. Este espacio debe permanecer oscuro, debido a que el micelio coloniza en dichas condiciones.

### **3.8. Horneado del material micelio**

Paso 1: Desmoldar el material micelio y colocarlo en un horno a 220°C por 20 minutos.

Paso 2: Pasado el tiempo bajar la temperatura a 140°C por 60 minutos. Y se deberá abrir la puerta del horno cada 20 minutos para permitir que la humedad salga.

Con esta metodología conformaremos nuestro material micelio, que nos permitirá desarrollar las aplicaciones demostrativas para ensayar física y mecánicamente el material.





## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de la elaboración del bloque de micotectura hecho con sustrato (aserrín, viruta de madera y paja) inoculado con micelio de seta de ostra (*Pleurotus ostreatus*); evaluando su compresión, flexión y tensión.

#### 4.1. Preparación del sustrato

*Tabla 1.5. Resultados de la preparación del sustrato*

| Descripción:   | Resultado:   |
|--|--|
| <p>Se limpió el área de trabajo con alcohol antiséptico al 70%</p>                           |  <p>Figura 14.1. Área de trabajo siendo esterilizada, (CGRG, 2023).</p> |
| <p>Se llenó el recipiente plástico esterilizado con agua potable hasta un 50% del mismo.</p> |  <p>Figura 15.2. Recipiente plástico con agua, (CGRG, 2023).</p>       |

Se vertieron 300g de cal agrícola o de construcción y se revolvió con la varilla de agitación hasta que estuviera disuelta.



*Figura 16.3. Cal vertida en recipiente plástico, (CGRG, 2023).*

Se vertió el aserrín dentro del agua potable esterilizada con cal y se dejó reposar por 24 horas.



*Figura 17.4. Aserrín añadido en la mezcla, (CGRG, 2023).*



Cada 4 horas, se revolvió con la varilla de agitación esterilizada.




*Figura 18.5. Incorporación de mezcla, (CGRG, 2023).*

Después de 24 horas de reposo, se eliminó el exceso de agua del recipiente plástico.






*Figura 19.6. Eliminación del exceso de agua, (CGRG, 2023).*

|   |  |
|---|--|
| <p>Sustrato esterilizado, apto para generar el cultivo de hongos.</p> |  <p><i>Figura 20.7. Sustrato esterilizado, (CGRG, 2023).</i></p> |
|---|--|

#### 4.2. Elaboración del micelio

*Tabla 1.6. Resultados de la elaboración del micelio*

| Descripción:   | Resultado:   |
|--|--|
| <p>Se limpió todo el espacio de trabajo, utilizando papel absorbente con alcohol antiséptico. De igual manera se limpió la superficie del recipiente plástico.</p> |  |

|  |   |
|--|---|
|  | <p><i>Figura 21.8. Recipiente plástico siendo esterilizado, (CGRG, 2023).</i></p>   |
| <p>Se colocó en un recipiente plástico esterilizado 2 kg de sustrato estéril, al mismo tiempo que los dos frascos de cepas cultivadas de hongos.</p> |  <p><i>Figura 22.9. Mezcla de sustrato con cepas de hongos, (CGRG, 2023).</i></p>               |
| <p>Se colocó la mezcla en bolsas plásticas transparentes previamente desinfectadas con alcohol antiséptico.</p>                                      |  <p><i>Figura 23.10. Mezcla colocada en bolsas plásticas esterilizadas, (CGRG, 2023).</i></p> |

Se ubicaron las bolsas plásticas en un espacio oscuro durante 20 días.



Figura 24.11. Bolsas plásticas en incubación, (CGRG, 2023).



Se logró con éxito la colonización parcial del sustrato con la cepa de cultivo de hongos.



Figura 25.12. Micelio parcialmente colonizado, (CGRG, 2023).

### 4.3. Crecimiento del micelio en el molde

*Tabla 1.7. Resultados del crecimiento del micelio*

| Descripción:  | Resultado:  |
|---|---|
| <p>Pasados los 20 días se removió el material micelio de las bolsas plásticas, se desmenuzo en un contenedor, en donde se revolvió y añadió 40gr de harina.</p> | <div data-bbox="912 451 1312 978" data-label="Image">  </div> <p data-bbox="831 1014 1382 1087"><i>Figura 26.13. Mezcla de harina con el micelio, (CGRG, 2023).</i></p>               |
| <p>Se colocó en el molde, dejando algunas incisiones en el film plástico para la oxigenación.</p>   | <div data-bbox="912 1171 1312 1698" data-label="Image">  </div> <p data-bbox="831 1734 1382 1808"><i>Figura 27.14. Colocación de micelio en moldes plásticos, (CGRG, 2023).</i></p> |




Con alcohol antiséptico se esterilizó el espacio en el que se colocaron los moldes a positivar durante 20 días. Este espacio permaneció oscuro.



*Figura 28.15. Moldes sellados con film plástico transparente, (CGRG, 2023).*

#### 4.4. Horneado del material micelio

*Tabla 1.8. Resultados del horneado del material micelio*

| Descripción:  | Resultado:   |
|---|--|
| <p>Se desmoldó el material micelio y fue colocada en un horno a 170°C por 20 minutos.</p> |  <p><i>Figura 29.16. Desmolde del bloque de micotectura, (CGRG, 2023).</i></p> |

Se bajó la temperatura a 100°C por 40 minutos. Y se abrió la puerta del horno cada 20 minutos para permitir que la humedad saliera.



*Figura 30.17. Horneado de bloque de micotectura, (CGRG, 2023).*

#### 4.5. Pruebas físicas

Un micólogo estadounidense llamado Philip Ross descubrió que el micelio, una red de fibras finas que los hongos forman bajo la tierra es altamente resistente cuando se secan y se pueden usar para formar un material de construcción fuerte que es resistente al fuego, al agua y al moho y que puede alcanzar una dureza superior al concreto a igual peso.

El propio micelio es un excelente absorbente acústico, exhibe una fuerte absorción inherente de baja frecuencia y supera el rendimiento del corcho y las tejas comerciales en la atenuación del ruido de la carretera.

Los compuestos de micelio que contiene aislantes naturales de alto rendimiento como la paja y las fibras de cáñamo inoculadas tiene bajas densidades (57-99 kg/m<sup>3</sup>) y conductividades térmicas bajas que oscilan entre (0.04-0.08 W/m.k). Esto los convierte en excelentes materiales aislantes capaces de competir con productos convencionales de aislamiento térmico.

### 4.5.3. Prueba de compresión

Este ensayo mide la resistencia que opone el material a ser comprimido bajo la aplicación de una determinada carga. La resistencia a la compresión de las probetas fue medida haciendo uso de la prensa hidráulica a temperatura ambiente (25°C). Fueron ensayados tres cilindros.



Figura 31.18. Prueba de compresión, (2024)



Figura 32.19. Comparación de prueba de compresión bloque de micotectura y bloque de concreto, (Philip Ross, 2018).



#### 4.5.2. Prueba de flexión

Este ensayo mide el valor aparente del esfuerzo de tracción de una viga de concreto, debido a una carga que produce la ruptura por flexión, suponiendo condiciones de elasticidad y homogeneidad del material. Para este ensayo se utilizaron vigas.

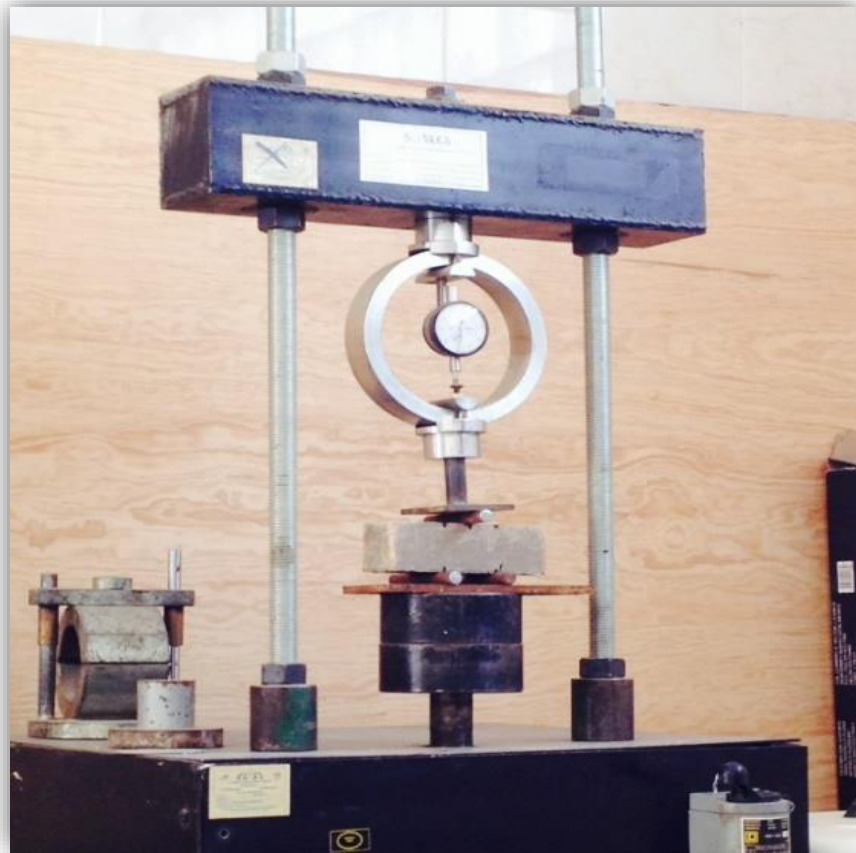


Figura 33.20. Prueba de flexión, (2024).

#### 4.5.1. Prueba de tensión

El ensayo de tensión consiste en aplicar una carga perpendicular a los extremos de una probeta de sección redonda, es decir, un esfuerzo normal en dirección opuesta a ambos extremos de la probeta. Para este se utilizó la maquina universal, con tres probetas de 26 cm de largo que se sacaron de 4 bloques.



Figura 34.21. Máquina universal, (2024).

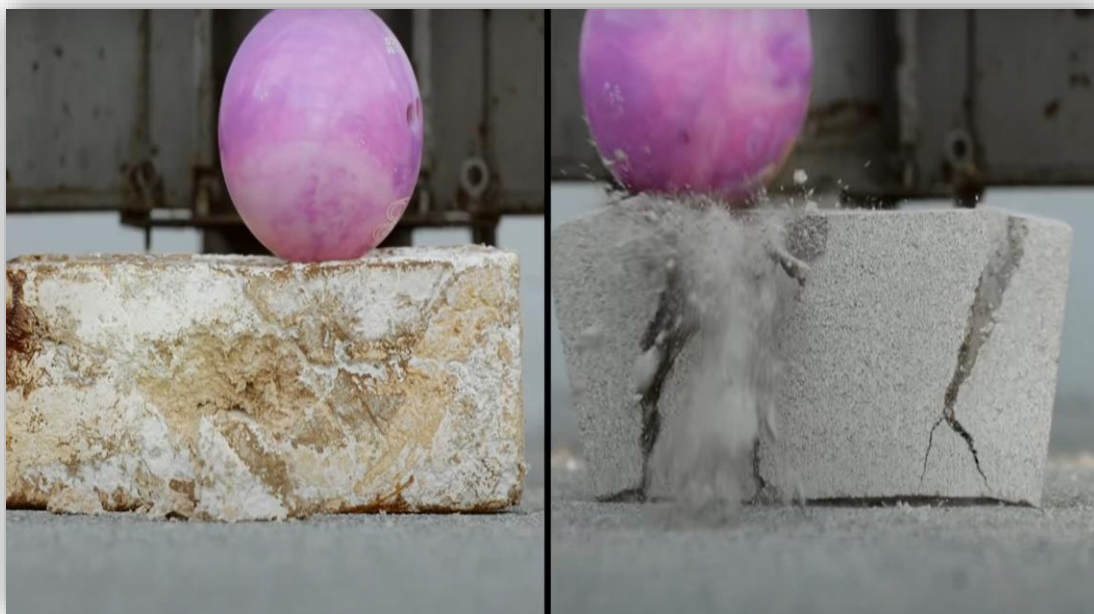



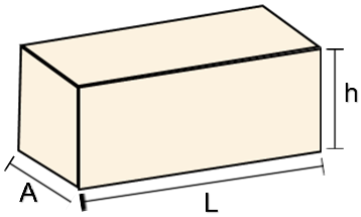
Figura 35.22. Comparación de prueba de fractura bloque de micotectura y bloque de concreto, (Philip Ross, 2018).

#### 4.6. Resultados de los análisis de laboratorio

Las mediciones realizadas, los cálculos y los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a la compresión, flexión y tensión efectuadas en cada uno de las 3 piezas de bloques de micotectura, fabricados en base a la metodología se registraron en la siguiente tabla.

*Tabla 1.9. Resultados de los análisis de los bloques de micotectura*

| Tipo de material: Bloque de micotectura  |                 |          |          |          |   |                   |
|--|-----------------|----------|----------|----------|---|-------------------|
| Muestra No.                              | A-1             | A-2      | A-3      | Promedio | Especificaciones<br>NMX.C.404-<br>ONNCCE-2012 |                   |
| Dimensiones                              | Largo (L) en cm | 18.00    | 21.00    | 20.00    | 19.66   | 39 cm $\pm$ 19.33 |
|  | Ancho (A) en cm | 12.00    | 14.00    | 14.00    | 13.33   | 12 cm $\pm$ 1.33  |
|  | Alto (h) en cm  | 7.00     | 7.00     | 8.00     | 7.33  | 19 cm $\pm$ 11.66 |
| Área total en cm                         |                 | 216.00   | 294.00   | 280.00   | 263.33  |                   |
| Volumen en m <sup>3</sup>                |                 | 0.001512 | 0.002058 | 0.00224  | 0.001936                                      |                   |
| Peso en kg                               |                 | 1.300    | 1.800    | 1.900    | 1.666   |                   |
| Peso volumétrico en (kg/m <sup>3</sup> ) |                 | 859.7883 | 874.6355 | 848.2142 | 860.8793                                      |                   |
| Prueba a la compresión                   |                 |          |          |          |   |                   |
| Muestra No.                              | A-1             | A-2      | A-3      | Promedio | Especificaciones<br>NMX-C-404-<br>ONNCCE-2012 |                   |
| Carga en kg                              | 102,180         | 208,630  | 182,140  | 164,320  |   |                   |

|  |   |        |   |          |   |
|--|---|--------|---|----------|---|
| Resistencia a la compresión en kg/cm <sup>2</sup>                  | 473.10  | 709.64 | 650.50  | 611.08   | 120 kg/cm <sup>2</sup><br>(Mínima individual)<br>150 kg/cm <sup>2</sup> (Media) |
| Prueba a la flexión  |   |        |   |          |   |
| Muestra No.  | A-1   | A-2    | A-3   | Promedio | Especificaciones<br>NMX-C-191-<br>ONNCCE-2015                                   |
| Módulo de ruptura en MPa   | 186.01  | 214.90 | 220.10  | 207.00   |   |
| Prueba a la tensión  |   |        |   |          |   |
| Muestra No.  | A-1   | A-2    | A-3   | Promedio | Especificaciones<br>NMX-C-163-<br>ONNCCE-2005                                   |
| Tensión directa  | 16.67   | 18.11  | 17.15   | 17.31    |   |
| Dimensiones:<br>L= Largo A= Ancho H= Alto<br>Área total= (L) x (A) |  |        |  |          |   |

En forma adicional, con los resultados obtenidos en el análisis de cada uno de las 3 piezas, se calculó el valor de la media representativa de las dimensiones y la resistencia media a la compresión, flexión y tensión de los bloques de micotectura, como se muestra en los siguientes gráficos.

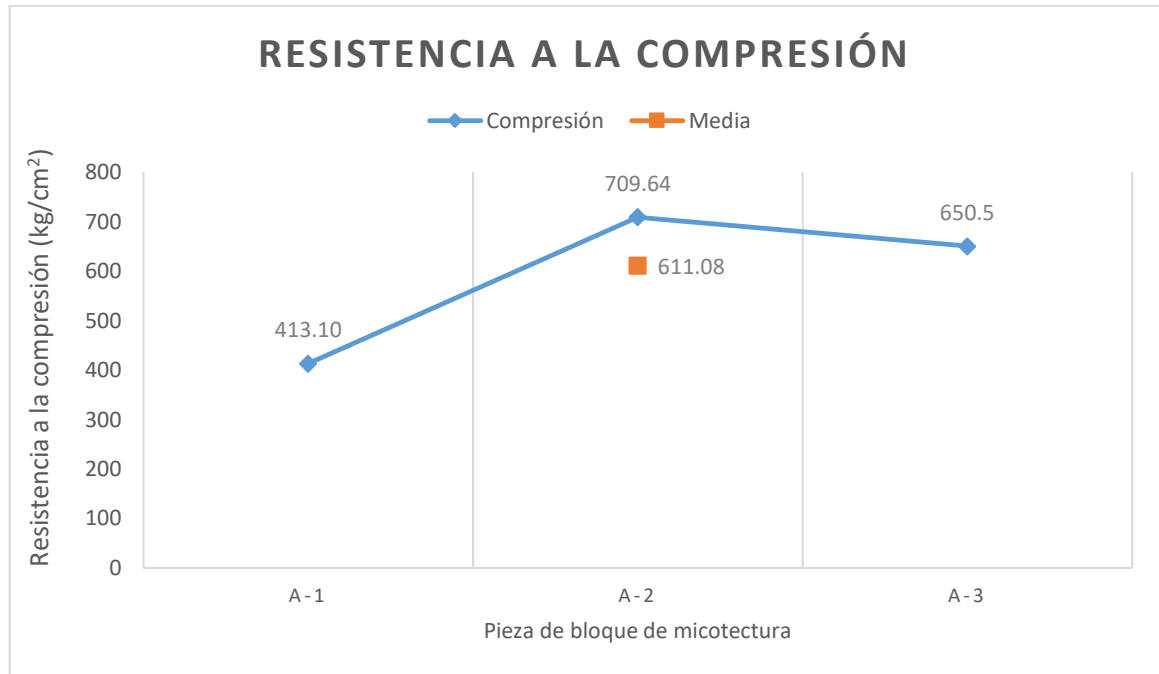


Figura 36.23. Resistencia media a la compresión, (CGRG, 2024).

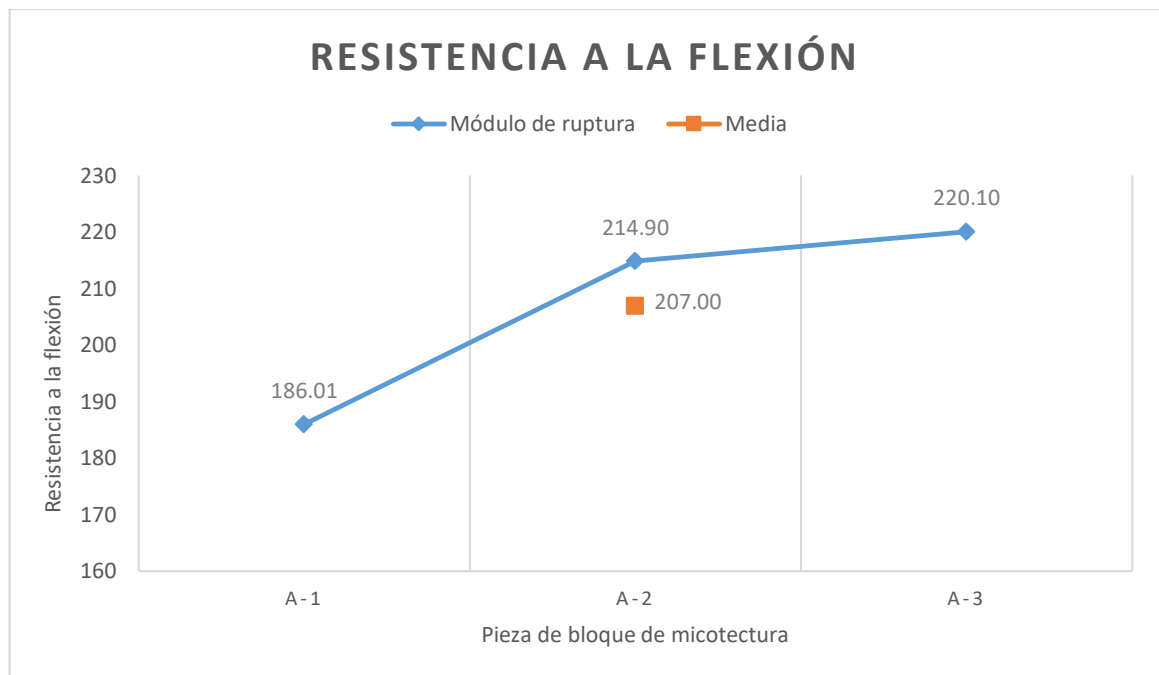


Figura 37.24. Resistencia media a la flexión, (CGRG, 2024).

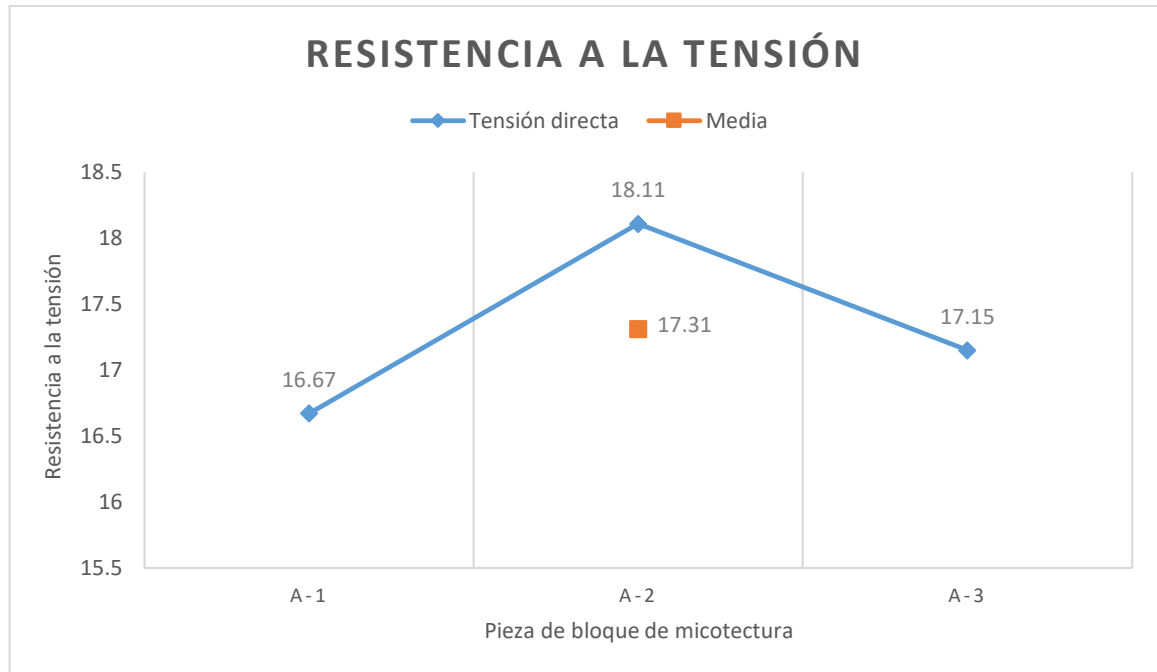


Figura 38.25. Resistencia media a la tensión, (CGRG, 2024).

#### 4.7. Colocación

Las piezas son conectadas por placas de madera atornilladas, aunque en el caso de la rearquitectura, las piezas pueden ir asentadas con algún tipo de mortero. Se analizó la descripción del proceso de inoculación del hongo en sustrato orgánico que se dio durante cuarenta y un días partiendo de cero, llegando a un sustrato colonizado parcialmente en aproximadamente quince días para finalmente tener un bloque de micotectura en el tiempo restante. Los resultados fueron positivos puesto que se llegó al objetivo deseado, comprobando que la micotectura es una opción factible para la arquitectura y su desarrollo, ya que al hacer las pruebas tanto físicas como mecánicas se pudo observar su gran resistencia al fuego, al agua y al moho, además de ser más resistente al peso de un block concreto.



Figura 39.26. Bloques de micotectura, (CGRG, 2023)





## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





## 5.1 Conclusiones

En la presente investigación se obtuvieron las condiciones para establecer una metodología adecuada (simple y económicamente viable) para la elaboración de un bloque de micotectura, en base a los objetivos planteados para el desarrollo de este proyecto, la información recopilada en el marco teórico, y junto con el trabajo experimental y análisis de los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- A partir de la descripción del micelio, se constató que la micotectura resultó ser una alternativa viable y factible a los materiales tradicionales empleados en la construcción, debido a su capacidad de solidificarse y tomar la forma de un molde. La micotectura promete ser una alternativa orgánica dentro de la arquitectura.
- Las principales cualidades del micelio que se presentaron en la recopilación de información bibliográfica, fueron: su solidificación y su capacidad de adaptar su forma y fusionarse a la materia orgánica para generar estructuras.
- Es posible la realización de objetos tridimensionales utilizando la técnica del vaciado, enfatizando en los objetos resultantes a base de micelio.
- Siendo la micotectura una alternativa viable y sostenible en el campo del diseño y la arquitectura teniendo propiedades físicas, químicas y mecánicas adecuadas, abriendo así la posibilidad de fabricar productos respetuosos con el medio ambiente reduciendo el impacto de contaminación por materiales de construcción.

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas se demuestra que tanto la resistencia mínima individual como la resistencia media a la compresión y flexión de las piezas de bloque de micotectura cumplen y sobrepasan las especificaciones establecidas en las normas mexicanas referidas a

estructuras de mampostería y concreto (NMX-C-404-ONNCCE-2012 y NMX-C-191-ONNCCE-2015). Obteniendo una resistencia a la compresión mínima de 473.10 kg/cm<sup>2</sup> y una máxima de 709.64 kg/cm<sup>2</sup>, y un módulo de ruptura de entre 186.01 MPa y 220.10 MPa resultando una de media 207.00 MPa, sin embargo, la prueba de tensión que varía de entre 16.67 MPa y 18.11 MPa demuestra que está por debajo de la recomendación establecida en la norma mexicana referenciada al concreto (NMX-C-163-ONNCCE-2005).

## 5.2 Recomendaciones

En base a las conclusiones de esta investigación se proponen recomendaciones que guían a dar una solución a ciertos problemas detectados durante la descripción de la experimentación sobre la micotectura.

- La micotectura debe ser considerada como un método factible para la construcción, convirtiéndose así en una técnica inherente de la arquitectura sostenible, que posee una base teórica y práctica comprobada para su utilización.
- Es importante considerar las características del micelio en el proceso de obtención pues, éstas ayudarán a mantener al hongo saludable durante el proceso, facilitando así su colonización y por ende su solidificación.
- Cabe señalar que, debe considerarse con cautela los materiales aislantes que serán utilizados para impermeabilizar los moldes, puesto que, así se evita que los hongos consideren al molde como un sustento alimenticio más, en el caso del uso de moldes en base a materiales orgánicos como madera, MDF o cartón.
- El uso de micelio dentro de la construcción debe ser explotado de tal manera que la micotectura sea una técnica importante dentro de la arquitectura sostenible.

## REFERENCIAS

- Cubas, P. (2007). Hongos. Obtenido de [www.aulado.net](http://www.aulado.net):  
[https://www.aulados.net/Botanica/Curso\\_Botanica/Hongos/31\\_hongos\\_general\\_texto.pdf](https://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Hongos/31_hongos_general_texto.pdf)
- Cuevas, J. (2016). LOS HONGOS: HÉROES Y VILLANOS DE LA PROSPERIDAD HUMANA. México DF: Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación – UNAM Departamento de Acervos Digitales.
- Dorwart, L. (5 de julio de 2018). Obtenido de:  
<https://www.theguardian.com/cities/2018/jul/05/magic-mushrooms-how-fungus-could-help-rebuild-derelict-cleveland>
- Fungiturismo. (15 de septiembre de 2017). LOS HONGOS, ¿EL NUEVO PLÁSTICO DEL FUTURO?
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Merlo, R. P., & Mata, G. (2006). Manual Práctico Del Cultivo De Setas. Veracruz: Instituto de Ecología, A.C.
- Gerardo, M., Salmones, D., Soto, C., & Guzmán, L. (2010). El cultivo de los hongos comestibles: con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. México DF: Instituto Politécnico Nacional.
- Haiman El Troudi (21 de enero de 2019). Obtenido de <https://haimaneltrouidi.com/el-micelio-de-hongos-revoluciona-la-construccion/>
- Illana-Esteban, C. (2016). Hifas de hongos como material de empaquetado y de construcción. Departamento de Ciencias de la vida, Facultad de Ciencias, universidad de Alcalá, E-28871 Alcalá de Henares, Madrid.
- Inarquia (s/f). Micotectura: Uso del Micelio de los Hongos en la Arquitectura. Obtenido de: <https://inarquia.es/micotectura-uso-posibilidades-micelio-hongos-arquitectura/>

Inhabitat (25 de junio de 2014). Philip Ross moldea hongos de rápido crecimiento en ladrillos de construcción de hongos que son más fuertes que el hormigón. Obtenido de <https://inhabitat.com/phillip-ross-molds-fast-growing-fungi-into-mushroom-building-bricks-that-are-stronger-than-concrete/>

Lifeder. (4 de mayo de 2022). Hifas. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/hifas/>.

LinkedIn (s/f). Ecovative Design. Obtenido de: <https://www.linkedin.com/company/ecovative-design/?originalSubdomain=ec>

Lizama, L. (16 de diciembre de 2020). Diseñador fabrica sus propios muebles y ladrillos hechos de hongos. Son más fuertes que el hormigón. Obtenido de: <https://www.upsocl.com/ciencia-y-tecnologia/disenador-fabrica-sus-propios-muebles-y-ladrillos-hechos-de-hongos-son-mas-fuertes-que-el-hormigon/>

Nora, G., Rosa, B., & Migdalia, S. (2011). FORMULACIONES DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE SETAS COMESTIBLES PLEUROTUS. Cuba: Centro de Biotecnología Industrial CEBI.

Ricardo ML. (2017). Micelio – Biomaterial. Socialab

Rodríguez, S. (2019). Mycelium. Chile: Universidad de Chile.

Ruíz, J. (2010). Viaje al asombroso mundo de los hongos. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.

The Living (s/f). Obtenido de: [www.thelivingnewyork.com](http://www.thelivingnewyork.com)

CGRG (2023) "MICOTECTURA: UNA ALTERNATIVA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE"

## ANEXOS

NMX-C-163-ONNCCE-2005. (2005). *“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DE CILINDROS DE CONCRETO”*. México, DF.: ONNCCE.

NMX-C-191-ONNCCE-2015. (2015). *“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS DEL CLARO”*. México, DF.: ONNCCE.

NMX-C-404-ONNCCE-2012 (2012). *“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – MAMPOSTERÍA – BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES PARA USO ESTRUCTURAL –ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO”*. México, DF.: ONNCCE.



**PROYECTO DE NORMA MEXICANA  
PROY-NMX-C-163-ONNCCE-2005**

(Esta norma cancela y sustituye a la NMX-C-163-1997-ONNCCE)

**“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - DETERMINACIÓN DE LA  
RESISTENCIA A LA TENSIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL  
DE CILINDROS DE CONCRETO”**

**“BUILDING INDUSTRY - CONCRETE - DETERMINATION OF THE TENSILE STRENGTH  
BY DIAMETRAL COMPRESSION OF CONCRETE CYLINDERS”**

**NOTA:** ESTA NORMA ESTA EN PROCESO DE REVISIÓN PARA SU PUBLICACIÓN OFICIAL EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN A TRAVÉS DEL ONNCCE.





PROYECTO DE NORMA MEXICANA  
**PROY-NMX-C-163-ONNCCE-2005**

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO-DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DE CILINDROS DE CONCRETO"**

(Esta norma cancela y sustituye a la  
NMX-C-163-1997-ONNCCE)

**"BUILDING INDUSTRY - CONCRETE - DETERMINATION OF THE TENSILE STRENGTH BY DIAMETRAL COMPRESSION OF CONCRETE CYLINDERS"**

Versión para consulta pública

COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE  
MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN-1

**0. PREFACIO**

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASEGURAMIENTO DE CALIDAD Y LABORATORIO, S.A. DE C.V.-
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO, A.C. (AMIC)
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN, A.C. (ANALISEC)
- CEMEX CONCRETOS, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS BAL DE ORIENTE, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS CRUZ AZUL, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS KARYMA, S.A. DE C.V.
- DURO ROCK, S.A. DE C.V.
- HOLCIM APASCO, S.A. DE C.V.
- INGENIERÍA GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD S.A. DE C.V. (INGECCSA)
- INSPECTEC, SUPERVISION Y LABORATORIOS, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (IMCYC)
- LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.
- LADEMAC, S.A. DE C.V.
- LANC S.C./LABARATORIOS DE ALTO NIVEL EN CALIDAD
- LATINOAMERICANA DE CONCRETOS, S.A. DE C.V. (LACOSA)
- PEP INGENIERÍA DE SUELOS, S.A. DE C.V.
- SAN MARINO INGENIERÍA, S.A. DE C.V.
- SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS DEL GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL (S.O.S - G.D.F.)

**ÍNDICE**

|  | PAGINA |
|--|--------|
| 0. PREFACIO .....  |        |
| 1. OBJETIVO Y/O CAMPO DE APLICACIÓN .....                |        |
| 2. REFERENCIAS .....                                     |        |
| 3. DEFINICIONES .....                                    |        |
| 4. MATERIALES AUXILIARES .....                           |        |
| 5. EQUIPO, APARATOS Y/O INSTRUMENTOS .....               |        |
| 6. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS ..... |        |
| 7. CONDICIONES AMBIENTALES .....                         |        |
| 8. PROCEDIMIENTOS .....                                  |        |
| 9. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS .....           |        |
| 10. PRECISIÓN .....                                      |        |
| 11. INFORME DE LA PRUEBA .....                           |        |
| 12. BIBLIOGRAFÍA .....                                   |        |
| 13. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES .....        |        |
| A. APÉNDICE INFORMATIVO .....                            |        |

**1. OBJETIVO Y/O CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma mexicana establece el método de prueba para determinar la resistencia a la tensión por compresión diametral en especímenes cilíndricos de concreto.

## 2. REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes normas mexicanas vigentes:

|                  |  |
|------------------|--|
| NMX-C-083-ONNCCE | Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto - Método de prueba. |
| NMX-C-159-ONNCCE | Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio.                                       |
| NMX-C-160-ONNCCE | Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.                                     |

## 3. EQUIPO, APARATOS E INSTRUMENTOS

### 3.1. Máquina de prueba

La máquina de prueba debe cumplir con los requisitos establecidos en la NMX-C-083, inciso 3.1 (véase Capítulo 2), y puede ser de cualquier tipo, con tal de que tenga la suficiente capacidad para proporcionar la velocidad de carga que se especifica en el inciso 5.2 de la misma norma.

### 3.2. Barra o placa de carga suplementaria

Se puede usar una barra o placa de carga suplementaria si el diámetro o la dimensión mayor de los bloques de carga, superior o inferior es menor que la longitud del cilindro por probarse. Las barras o placas deben ser de acero con caras planas, maquinadas con una tolerancia de 0,025 mm, cuando se miden sobre cualquier línea de contacto con la superficie de carga. Deben tener un ancho de por lo menos 50 mm y un espesor no menor a la distancia entre el borde de la placa de carga y el extremo libre del cilindro.

### 3.3. Tiras para distribución de la carga

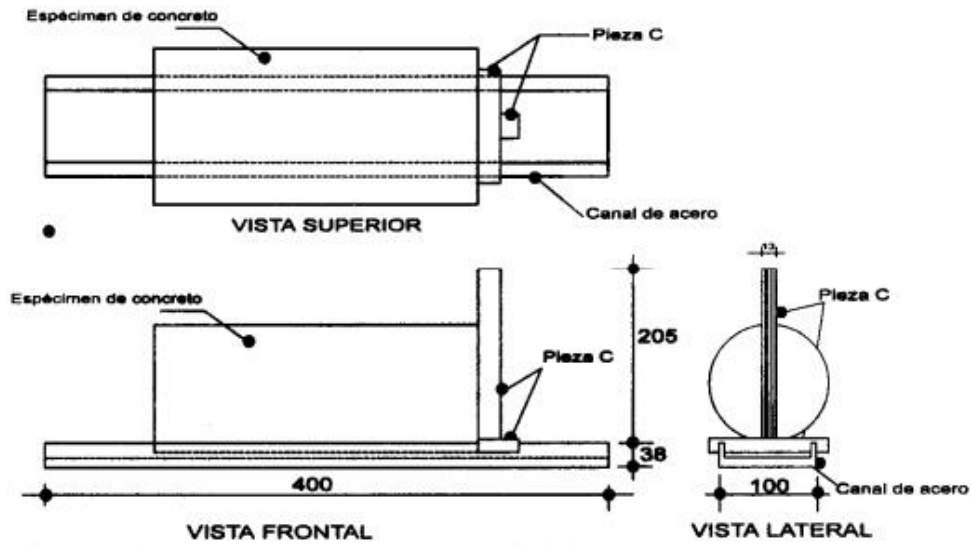
Para cada prueba se debe contar con dos tiras (madera, triplay, neopreno, cuero, etc.) libre de imperfecciones con un espesor de 3 mm, un ancho de 25 mm, aproximadamente y una longitud igual o ligeramente mayor que el espécimen. Después de cada prueba las tiras deben desecharse.

Las tiras de distribución de carga se colocan entre el espécimen y ambas platinas de carga, superior e inferior de la máquina de prueba, o entre el espécimen y las placas suplementarias cuando se utilicen.

### 3.4. Dispositivo para trazar líneas diametrales

Este dispositivo se utiliza para trazar líneas diametrales en cada extremo del espécimen sobre el mismo plano axial y debe constar de un canal de acero de 100 mm, y una longitud de 400 mm, con los patines maquinados para presentar sus orillas planas, (véase figura 1) y una pieza vertical "c", que tiene una ranura longitudinal, que sirve de guía al lápiz para marcar el espécimen (véase figura 2). Si el equipo de ensaye alinea automáticamente al espécimen, no se requiere el trazo de alineación.

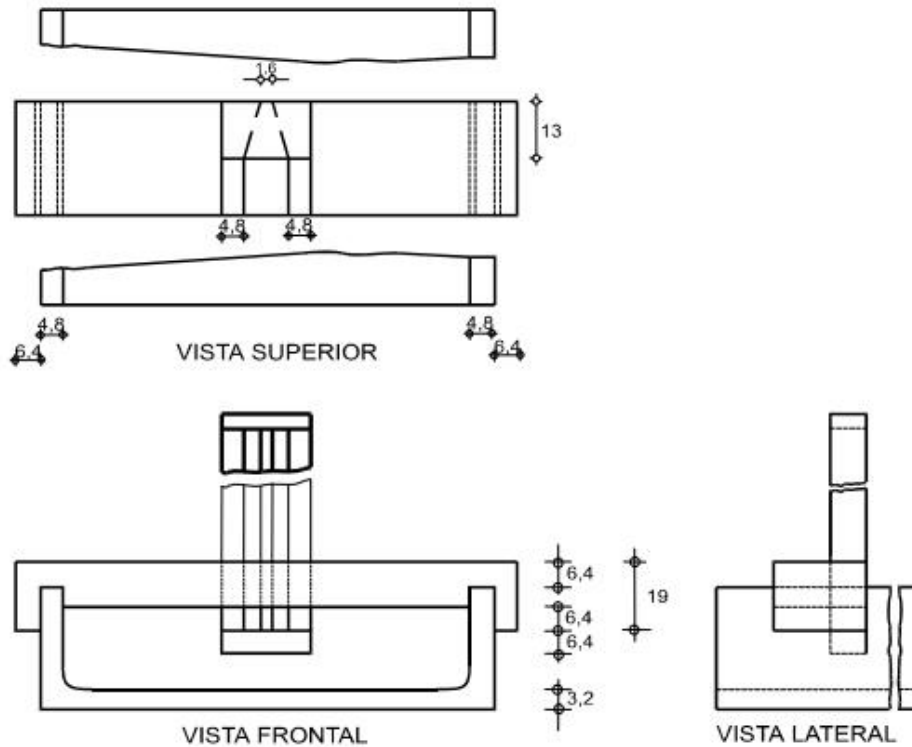
Cuando no se tiene el dispositivo se puede trazar geométricamente.



**Figura 1.- Dispositivo para marcar los diámetros de los especímenes**

#### 4. PREPARACIÓN

4.1. Los especímenes de prueba deben cumplir con las especificaciones de dimensiones, moldeo y curado establecidos en las NXM-C-159 y NXM-C-160 (véase Capítulo 2).



**Figura 2.- Detalle de pieza "C"**

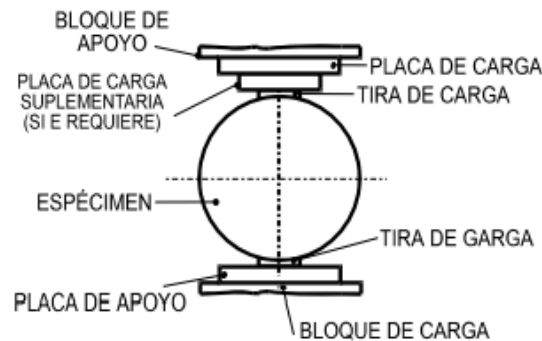
## 5. PROCEDIMIENTO

### 5.1. Mediciones

Se determina el diámetro del espécimen de prueba con una aproximación de 0,5 mm, se calcula con el promedio de tres diámetros, medidos cerca de los extremos, al centro del espécimen y contenidos dentro del plano que incluye las líneas marcadas en los extremos. Se determina la longitud del espécimen con aproximación de 1 mm, con el promedio de por lo menos dos medidas de longitud tomadas en el plano que contienen las líneas marcadas en los extremos.

### 5.2. Centrado del espécimen

Se centra una de las tiras de carga sobre el bloque inferior. Se coloca el espécimen sobre la tira y se alinea en tal forma, que las líneas marcadas en los extremos del cilindro coincidan con el plano vertical del eje de carga. Se coloca la segunda tira de carga longitudinalmente sobre el cilindro, centrándolo con relación a las líneas marcadas en los extremos del mismo (véase figura 3). Se acomoda el conjunto para asegurar que se cumplan las condiciones anteriores.



**Figura 3.- Especimen en la máquina**

### 5.3. Velocidad de aplicación de la carga

Se debe aplicar la carga en forma continua sin impacto a una velocidad constante de tal manera, que se logren esfuerzos de tensión por compresión diametral de 0,490 MPa a 1,475 MPa (5 kgf/cm<sup>2</sup> a 15 kgf/cm<sup>2</sup>) por minuto hasta la falla del espécimen. Para cilindros de 150 mm por 300 mm, el rango de esfuerzos de tensión corresponde a una carga aplicada aproximadamente entre 34 kN y 104 kN (3467 kgf y 10 605 kgf) por minuto. Se registra la carga máxima aplicada, indicada por la máquina de prueba en el momento de la falla. Se deben observar, la forma de falla y la apariencia interna del concreto.

## 6. CÁLCULOS

Se calcula la resistencia a la tensión por compresión diametral del espécimen como sigue:

$$T = \frac{2P}{\pi Ld}$$

En donde:

- T = resistencia a la tensión por compresión diametral, en MPa (kgf/cm<sup>2</sup>).
- P = carga máxima aplicada en kN (kgf)
- L = longitud en mm
- d = diámetro en mm

## 7. PRECISIÓN

El resultado de dos cilindros hermanos no deberá diferir en más de 14 % del promedio, en condiciones de repetibilidad.

## 8. INFORME DE LA PRUEBA

Deben incluirse los siguientes datos:

- Número de identificación y localización.
- Diámetro y longitud en mm
- Carga de ruptura en kN (kgf).
- Resistencia a la tensión por compresión diametral con aproximación de 0,0098 MPa (0,1 kgf/cm<sup>2</sup>).
- Edad.
- Historia del curado.
- Defectos.
- Forma de falla.
- Tipo de espécimen.
- Estimar la proporción aproximadamente del agregado grueso fracturado.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

|                       |   |
|-----------------------|---|
| ASTM-C-496-04         | "Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens"  |
| NOM-008-SCFI-2000     | "Sistema General de Unidades de Medida"                         |
| NMX-C-251-1997-ONNCCE | "Industria de la construcción - Concreto - Terminología"        |
| NMX-Z-013-SCFI-1977   | "Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas" |

## 10. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

La presente norma no equivale con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

### A. APÉNDICE INFORMATIVO

#### A.1. Aclaración

La unidad de (kgf) indicada en el cuerpo de esta norma mexicana únicamente se utiliza para fines prácticos.

#### A.2. Vigencia

La presente norma mexicana entrará en vigor a los sesenta días naturales siguientes de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación por parte de la Secretaría de Economía (SE).





**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN  
Y CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN  
Y LA EDIFICACIÓN, S. C.**



**NORMA MEXICANA  
NMX-C-191-ONNCCE-2015**

**INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO -  
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN  
DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLE CON  
CARGA EN LOS TERCIOS DEL CLARO**

**BUILDING INDUSTRY - CONCRETE -DETERMINATION OF FLEXURAL  
STRENGTH OF CONCRETE USING A SIMPLE BEAM WITH THIRD POINT  
LOADING**

**(Esta norma cancela y sustituye a la NMX-C-191-ONNCCE-2004)**

**Declaratoria de vigencia publicada en el  
Diario Oficial de la Federación el día 17 de septiembre de 2015  
©Copyright, Derechos Reservados ONNCCE, S. C., MMXV**





|   |  |
|---|--|
| <p><b>NORMA MEXICANA</b><br/><b>NMX-C-191-ONNCCE-2015</b></p> <p>(Esta norma cancela y sustituye a la NMX-C-191-ONNCCE-2004)</p> <p>Declaratoria de vigencia publicada en el D. O. F. el día 17 de septiembre de 2015</p> | <p><b>INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS DEL CLARO</b></p> <p><b>BUILDING INDUSTRY - CONCRETE - DETERMINATION OF FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE USING A SIMPLE BEAM WITH THIRD POINT LOADING</b></p> |
|---|--|

**Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.**  
 Ceres # 7, Col. Crédito Constructor C.P. 03940, México, D.F. Tel. (01 55) 56 63 29 50 ext. 103  
 Correo electrónico: normas@onncce.org.mx Internet: http://www.onncce.org.mx  
 ©COPYRIGHT, DERECHOS RESERVADOS ONNCCE, S.C., MÉXICO MMXV



**COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES CTN- 1**

**0. PREFACIO**

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes Empresas e Instituciones:

- ASEGURAMIENTO DE CALIDAD Y LABORATORIO, S.A. DE C.V.
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO A. C. (AMICPAC)
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN, A.C. (ANALISEC)
- CEMEX CONCRETOS, S. A. DE C. V.
- CONCRETOS BAL DE ORIENTE S. A. DE C. V.
- CONCRETOS CRUZ AZUL, S. A. DE C. V.
- CONCRETOS KARYMA, S. A. DE C. V.
- DURO ROCK, S. A. DE C. V.
- HOLCIM APASCO, S. A. DE C. V.
- HUMBOLDT DE MÉXICO
- INGENIERIA GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD, S. A. DE C. V.
- INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, CONSTRUCCIÓN CIVIL, (ICA)
- INSPECTEC, SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS, S. A DE C. V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A. C. (IMCYC)
- LABORATORIO DE CONTROL, S. A. DE C. V.
- LADEMAC, S. A. DE C. V.
- LANC, S.C./LABORATORIOS DE ALTO NIVEL EN CALIDAD
- LATINOAMERICANA DE CONCRETOS, S.A. DE C.V. (LACOSA)
- PEP INGENIERIA DE SUELOS, S. A. DE C. V.
- RESISTENCIAS SAN MARINO, S. A. DE C. V.
- SECCIÓN CENTRO Y SUR CIUDAD DE MÉXICO DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, A. C. (ACI)
- SECRETARIA DE OBRAS Y SERVICIOS DEL GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
- TK INSTRUMENTACION, S. A. DE C. V.

**ÍNDICE**

|  | Página |
|--|--------|
| 0. PREFACIO .....                            | 2      |
| 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....      | 3      |
| 2. REFERENCIAS .....                         | 3      |
| 3. DEFINICIONES .....                        | 3      |
| 3.1. Modulo de ruptura.....                  | 3      |
| 4. MATERIALES AUXILIARES .....               | 3      |
| 5. EQUIPO .....                              | 4      |
| 5.1. Máquina de prueba.....                  | 4      |
| 5.2. Dispositivo de aplicación de carga..... | 4      |
| 6. MUESTREO .....                            | 5      |



|      |  |   |
|------|--|---|
| 7.   | PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN.....                   | 5 |
| 8.   | CONDICIONES AMBIENTALES .....                    | 5 |
| 9.   | PROCEDIMIENTO .....                              | 5 |
| 9.1. | Aplicación de la carga.....                      | 5 |
| 9.2. | Medición del espécimen después de la prueba..... | 5 |
| 10.  | CALCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS .....      | 5 |
| 11.  | PRECISION.....                                   | 6 |
| 12.  | INFORME DE LA PRUEBA.....                        | 6 |
| 13.  | BIBLIOGRAFIA.....                                | 7 |
| 14.  | CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.....     | 7 |
| 15.  | VIGENCIA .....                                   | 7 |

## 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece el método de prueba para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, usando una viga simple, con cargas concentradas en los tercios del claro. Este ensaye se emplea muy frecuentemente para el control de calidad del concreto empleado en pavimentos de concreto.

## 2. REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de esta norma mexicana es necesario consultar la siguiente norma mexicana o la que la sustituya:

|                        |   |
|------------------------|---|
| NMX-C-083-ONNCCE-20014 | Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes - Método de ensayo. (Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 06 de abril de 2015). |
| NMX-C-155-ONNCCE-2014  | Industria de la Construcción - Concreto hidráulico - Dosificado en masa especificaciones y métodos de ensayo. (Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 07 de noviembre de 2014).            |
| NMX-C-159-ONNCCE-2004  | Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio. (Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 01 de marzo de 2004).                             |
| NMX-C-160-ONNCCE-2004  | Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto. (Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de julio de 2004).                           |
| NMX-C-161-ONNCCE-2013  | Industria de la Construcción - Concreto fresco - Muestreo. (Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de julio de 2014).   |

## 3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma mexicana se establece la siguiente definición, para mayor información consultar la norma NMX-C-251-ONNCCE.

### 3.1. Módulo de ruptura

Es el valor obtenido mediante el procedimiento indirecto para determinar la resistencia a la tensión del concreto por el ensaye a la flexión de una viga.

## 4. MATERIALES AUXILIARES

- Franela o tela de yute
- Marcadores de tinta indeleble, crayones de cera.
- Tiras de cuero de un espesor uniforme de 5 mm a 7 mm, con un ancho de 25 mm a 50 mm, y que cubran todo el ancho del espécimen.
- Escuadra, regla
- Lija de agua de grano fino

## 5. EQUIPO

### 5.1. Máquina de prueba

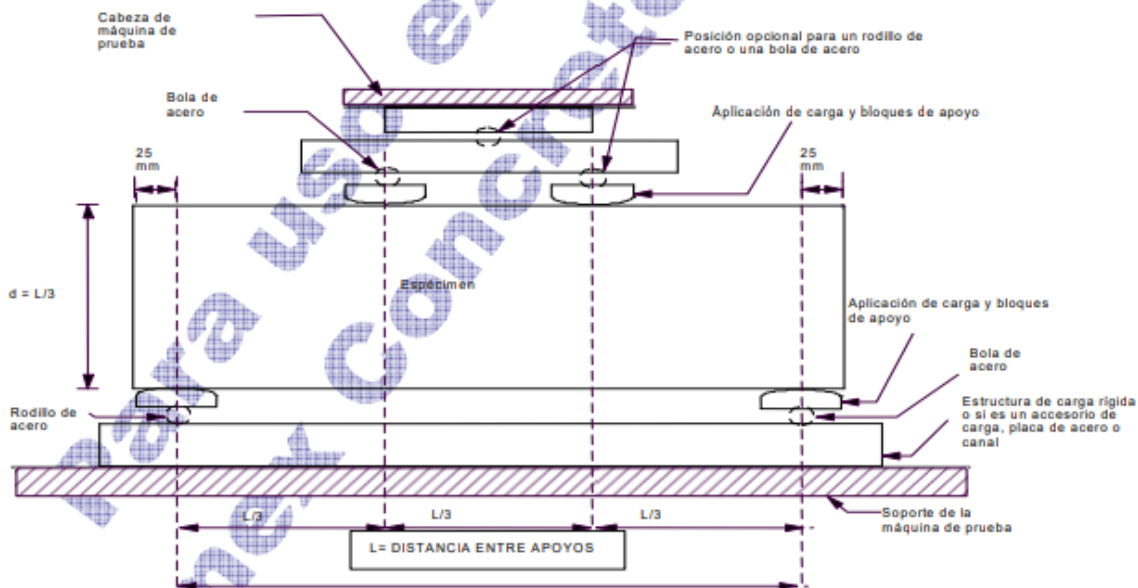
Debe cumplir con lo establecido en la norma NMX-C-083-ONNCCE (Véase 2).

### 5.2. Dispositivo de aplicación de carga

Se debe utilizar un dispositivo que sea capaz de aplicar cargas en los tercios del claro de prueba de tal modo que las fuerzas sean perpendiculares a las caras horizontales de la viga y se distribuyan y apliquen uniformemente en todo lo ancho. Este dispositivo debe ser capaz de mantener fija la distancia entre los puntos de carga y los puntos de apoyo del espécimen con una tolerancia de  $\pm 2$  mm, además las reacciones deben ser paralelas a la dirección de las fuerzas aplicadas durante el tiempo que dure la prueba. La relación de la distancia del punto de aplicación de cada una de las cargas a la reacción más cercana dividida entre la altura de la viga, no debe ser menor de uno. Los bloques para la aplicación de la carga y de apoyo de la viga deben ser de acero del mismo ancho o mayor que el de la viga con una altura que no exceda de 65 mm, medida a partir del centro de giro.

La sección de cada uno de los bloques que entran en contacto con la viga, deben ser cilíndricos con las superficies endurecidas, teniendo en cuenta que la línea de contacto de estas superficies no deben variar en más de 0,05 mm, con relación a un plano tangente a las mismas. El radio de curvatura de estas superficies debe tener como centro el eje del rodillo de apoyo o el centro de la rótula. La superficie curva de cada bloque de aplicación de carga debe ser la correspondiente a un sector cilíndrico de cuando menos 0,785 radianes (45°). Los bloques de aplicación de carga deben mantenerse alineados en posición vertical, por medio de mecanismos de presión que pueden ser tornillos con resorte que los mantengan en contacto con los rodillos o rótulas de acero.

Puede suprimirse el rodillo y la rótula de acero de los bloques de apoyo, cuando el bloque de apoyo de la máquina de prueba sea de asiento esférico, siempre que en los bloques de aplicación de la carga se use un rodillo y una rótula de acero, (Véase Figura 1).



**Figura 1.- Ejemplo de un dispositivo de aplicación de carga para la prueba de resistencia a la flexión con carga en los tercios del claro**

## 6. MUESTREO

El muestreo deberá realizarse de acuerdo a lo establecido en la norma NMX-C-161-ONNCCE (Véase Capítulo 2), la frecuencia del mismo puede establecerse de común acuerdo entre el productor y comprador, recomendándose el uso de la norma NMX-C-155-ONNCCE (Véase Capítulo 2).

Cada muestra debe consistir de cuando menos dos especímenes de una misma revoltura que se probarán a la edad de proyecto.

## 7. PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN

Deben cumplir con lo establecido en las normas NMX-C-159-ONNCCE y NMX-C-160-ONNCCE (Véase Capítulo 2).

La longitud del espécimen debe ser la distancia entre apoyos más cincuenta mm como mínimo.

La distancia entre apoyos debe ser de tres veces el peralte de la viga con una tolerancia de  $\pm 2$  por ciento. Esta distancia debe ser marcada en las paredes de la viga antes del ensaye.

Las caras laterales del espécimen deben estar en ángulo recto con las caras horizontales. Todas las superficies deben ser lisas y libres de bordes, hendiduras, agujeros o identificaciones grabadas.

## 8. CONDICIONES AMBIENTALES

Esta prueba se realiza de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar de prueba.

## 9. PROCEDIMIENTO

Se voltea el espécimen sobre un lado con respecto a la posición del moldeado, se centra en los bloques de apoyo y éstos a su vez deben estar centrados respecto a la fuerza aplicada; los bloques de aplicación de carga se ponen en contacto con la superficie del espécimen en los puntos tercios entre los apoyos. Cuando se usan espécimen cortados la posición del espécimen debe ser tal que la cara en tensión corresponda a la superficie superior o inferior del elemento del cual se obtuvo. Se debe tener contacto total, entre la aplicación de la carga y los bloques de apoyo con la superficie del espécimen. Se debe lijar las superficies del espécimen o bien usarse tiras de cuero, si la separación de la línea de contacto entre ellas y los bloques es mayor de 0,1 mm.

Se recomienda que el lijado de las superficies laterales de los especímenes sea mínimo, ya que puede cambiar las características físicas de las mismas y por lo tanto afectar los resultados.

Se debe utilizar tiras de cuero únicamente cuando las superficies de los especímenes en contacto con los bloques de aplicación de carga, se aparten de un plano en no más de 0,5 mm.

### 9.1. Aplicación de la carga

La carga se debe aplicar a una velocidad uniforme, tal que el aumento de esfuerzo de las fibras extremas no exceda de 0,98 MPa /min (10 kgf/cm<sup>2</sup> por minuto), permitiéndose velocidades mayores antes del 50% de la carga estimada de ruptura.

### 9.2. Medición del espécimen después de la prueba

Se determina el ancho promedio, el peralte y la localización de la línea de falla, con el promedio de tres medidas una en el centro y dos sobre las aristas del espécimen aproximándolas al mm.

## 10. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Si la fractura se presenta en el tercio medio del claro el módulo de ruptura se calcula como sigue:

$$R = \frac{P \times L}{b d^2} \quad (1)$$



En donde:

R = Módulo de ruptura, en MPa (kgf/cm<sup>2</sup>)

P = Carga máxima aplicada, en N (kgf)

L = Distancia entre apoyos, en cm

b = Ancho promedio del espécimen, en cm

d = Peralte promedio del espécimen, en cm

En el cálculo anterior, no se incluyen las masas del bloque de apoyo superior y del espécimen.

Si la ruptura se presenta fuera del tercio medio del claro, en no más del 5 por ciento de su longitud, se calcula el módulo de ruptura como sigue:

$$R = \frac{3 P a}{b d^2} \quad (2)$$

En donde:

a = Distancia promedio entre la línea de fractura y el apoyo más cercano en la superficie de la viga, en milímetros

Si la fractura ocurre fuera del tercio medio del claro en más del 5 por ciento se desecha el resultado de la prueba.

Los cálculos de la prueba se deben realizar con la siguiente exactitud:

Dimensiones.- 0,1 cm.

Carga máxima aplicada.- 0,981 N (1 Kgf)

Módulo de ruptura 0.098 MPa (0,1 Kgf/cm<sup>2</sup>).

## 11. PRECISIÓN

Los resultados obtenidos no deben diferir en más de 16 % al efectuar la prueba por un mismo operador con la misma muestra, con el mismo equipo.

Los resultados obtenidos no deben diferir en 19 % al efectuar la prueba por dos o más laboratoristas con la misma muestra, con equipos similares.

## 12. INFORME DE LA PRUEBA

Se deben registrar los siguientes datos:

- Identificación de la muestra
- Ancho promedio en cm, con aproximación de 0,1 cm
- Peralte promedio en cm, con aproximación de 0,1 cm
- Distancia entre apoyos en cm, con aproximación de 0,1 cm
- Carga máxima aplicada, en N (kgf)
- Módulo de ruptura, aproximado a 0.098 MPa(0,1 Kgf/cm<sup>2</sup>)
- Condiciones de curado y humedad del espécimen al momento de la prueba.
- Si el espécimen se lijó o si se usaron tiras de cuero.
- Defectos del espécimen.
- Edad del espécimen.
- Observaciones.



**13. BIBLIOGRAFÍA**

|                        |  |
|------------------------|--|
| NOM-008-SCFI-2002      | Sistema General de Unidades y Medidas (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002).  |
| NMX-Z-013/1-1977       | Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas mexicanas. (Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 1977).  |
| NMX-C-169-ONNCCE-2009  | Industria de la construcción - Concreto - Extracción de especímenes cilíndricos o prismáticos de concreto hidráulico endurecido.(Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de noviembre de 2009).                           |
| NMX-C-251-1997-ONNCCE  | Industria de la Construcción - Concreto -Terminología. (Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de marzo de 1998).  |
| NMX-C-303-ONNCCE-2010  | Industria de la Construcción – Concreto hidráulico- Determinación de la resistencia a la flexión usando una viga simple con carga en el centro del claro. (Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 2010). |
| ASTM C78 / C78M - 2015 | Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using simple beam with third point loading).   |

**14. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES**

Esta norma mexicana no coincide con ninguna norma internacional por no existir alguna al momento de su elaboración.

**15. VIGENCIA**

La presente norma mexicana entrará en vigor a los sesenta días naturales siguientes de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación por parte de la Secretaría de Economía (SE).

Para uso exclusivo S.A. de  
Cemex Concreto



**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN  
Y CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN  
Y LA EDIFICACIÓN, S. C.**



---

**NORMA MEXICANA  
NMX-C-404-ONNCCE-2012**

**INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – MAMPOSTERÍA –  
BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES  
PARA USO ESTRUCTURAL –ESPECIFICACIONES Y  
MÉTODOS DE ENSAYO**

**BUILDING INDUSTRY – MASONRY – BLOCKS, BRICKS AND MASONRY  
UNITS FOR STRUCTURAL USE – SPECIFICATIONS AND TEST  
METHODS**

**Esta norma cancela a la NMX-C-404-ONNCCE-2005**

**Declaratoria de vigencia publicada en el  
Diario Oficial de la Federación el día 13 de Diciembre de 2012  
©Copyright, Derechos Reservados ONNCCE, S.C., MMXII**



|   |  |
|---|--|
| <p>NORMA MEXICANA</p> <p><b>NMX-C-404-ONNCCE-2012</b><br/>(Esta norma cancela a la<br/>NMX-C-404-ONNCCE-2005)<br/>Declaratoria de vigencia publicada en el D. O. F.<br/>el día: 13 de Diciembre de 2012</p> | <p><b>INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – MAMPOSTERÍA –<br/>BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES<br/>PARA USO ESTRUCTURAL – ESPECIFICACIONES<br/>Y MÉTODOS DE ENSAYO</b></p> <p><b>BUILDING INDUSTRY – MASONRY – BLOCKS, BRICKS<br/>AND MASONRY UNITS FOR STRUCTURAL USE –<br/>SPECIFICATIONS AND TEST METHODS</b></p> |
|---|--|

**Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C.**  
Ceres #7, Col. Crédito Constructor C. P. 03940, México, D. F.  
Tel: (01 55) 56 63 29 50 ext. 109 Fax: (01 55) 56 63 29 50 ext. 104  
Correo electrónico: [normas@mail.onncce.org.mx](mailto:normas@mail.onncce.org.mx) Internet: <http://www.onncce.org.mx>  
©COPYRIGHT, DERECHOS RESERVADOS ONNCCE, S. C., MÉXICO MMXII



**COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE  
PRODUCTOS, SISTEMAS Y SERVICIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN**

**PREFACIO**

En la elaboración de esta norma, participaron las siguientes empresas e instituciones:

- AKBAL.
- ARKTUAL, S. A. DE C. V.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN, A. C. (ANALISEC)
- CARIATIDE ARQUITECTOS, S. A. DE C. V.
- CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES (CENAPRED)
- CORPORACIÓN GEO, S. A. B. DE C. V.
- FACULTAD DE INGENIERÍA, DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS (FI-UNAM)
- FEDERACIÓN MEXICANA DE COLEGIOS DE INGENIEROS CIVILES, A. C. (FEMCIC)
- INDUSTRIAL BLOQUERA MEXICANA, S. A. DE C. V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A. C. (IMCYC)
- LANC, S. C.
- NOVACERAMIC, S. A. DE C. V.
- PREFABRICADORA DE LOSAS, S. A. DE C. V. (PRELOSA-PREFABRICADOS)
- SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS COORDINACIÓN TÉCNICA (GDF-SOS)
- STONECRETE, S. A. DE C. V.

**ÍNDICE**

|       |                                   | Página |
|-------|-----------------------------------|--------|
|       | PREFACIO .....                    | 3      |
|       | ÍNDICE .....                      | 3      |
| 1.    | OBJETIVO .....                    | 3      |
| 2.    | CAMPO DE APLICACIÓN .....         | 3      |
| 3.    | REFERENCIAS .....                 | 4      |
| 4.    | DEFINICIONES .....                | 4      |
| 4.1.  | Área neta (real).....             | 4      |
| 4.2.  | Área total (bruta).....           | 4      |
| 4.3.  | Bloque .....                      | 4      |
| 4.4.  | Celda, (hueco o alveolo).....     | 4      |
| 4.5.  | Dimensión de fabricación .....    | 4      |
| 4.6.  | Dimensión nominal o modular ..... | 4      |
| 4.7.  | Dimensión real.....               | 4      |
| 4.8.  | Lote.....                         | 4      |
| 4.9.  | Paredes exteriores (cáscara)..... | 5      |
| 4.10. | Paredes interiores.....           | 5      |



|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.11. | Pieza de mampostería .....                                    | 5  |
| 4.12. | Pieza de mampostería para uso estructural .....               | 5  |
| 4.13. | Pieza multiperforada .....                                    | 5  |
| 4.14. | Pieza maciza .....  | 6  |
| 4.15. | Pieza hueca .....   | 6  |
| 4.16. | Pieza accesoría .....   | 7  |
| 4.17. | Pieza de ajuste .....   | 7  |
| 4.18. | Tabique (ladrillo o tabicón) .....                            | 7  |
| 5.    | CLASIFICACIÓN .....   | 7  |
| 5.1.  | Geometría .....   | 7  |
| 5.2.  | Materiales .....  | 7  |
| 6.    | ESPECIFICACIONES .....  | 7  |
| 6.1.  | Tipo de piezas .....  | 7  |
| 6.2.  | Dimensiones .....   | 8  |
| 6.3.  | Resistencia a compresión .....                                | 9  |
| 6.4.  | Absorción inicial y absorción total de agua en 24 h .....     | 9  |
| 6.5.  | Contracción por secado .....                                  | 10 |
| 7.    | MÉTODOS DE ENSAYO .....                                       | 10 |
| 7.1.  | Dimensiones .....   | 10 |
| 7.2.  | Resistencia a compresión .....                                | 10 |
| 7.3.  | Absorción inicial y absorción total de agua en 24 h .....     | 11 |
| 7.4.  | Contracción por secado .....                                  | 11 |
| 8.    | MUESTREO .....  | 11 |
| 8.1.  | Control de producción en planta .....                         | 11 |
| 8.2.  | Control de calidad en obra .....                              | 11 |
| 8.3.  | Piezas de ajuste y accesorias .....                           | 11 |
| 8.4.  | Tamaño de la muestra .....                                    | 11 |
| 8.5.  | Muestreo para certificación .....                             | 11 |
| 9.    | MARCADO, ETIQUETADO .....                                     | 11 |
| 10.   | BIBLIOGRAFÍA .....  | 12 |
| 11.   | CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES .....                 | 12 |
| 12.   | VIGENCIA .....  | 12 |
| A.    | APÉNDICE INFORMATIVO.- Defectos visuales .....                | 12 |
| A.1.  | Defectos superficiales .....                                  | 12 |
| A.2.  | Velos .....   | 12 |
| A.3.  | Apariencia .....  | 13 |
| A.4.  | Eflorescencia .....   | 13 |
| A.5.  | Disgregación .....  | 13 |
| A.6.  | Color y textura .....   | 13 |
| B.    | APÉNDICE INFORMATIVO.-Piezas accesorias .....                 | 13 |
| B.1.  | Piezas para castillos o columnas .....                        | 13 |
| B.2.  | Pieza de dintel o dala interior (bloque "U") .....            | 14 |
| B.3.  | Pieza de borde de losas .....                                 | 14 |
| C.    | APÉNDICE INFORMATIVO.- Aspectos adicionales .....             | 15 |
| C.1.  | Junta de albañilería .....                                    | 15 |
| C.2.  | Adherencia .....  | 15 |
| C.3.  | Absorción de piezas de arcilla de fabricación artesanal ..... | 16 |
| C.4.  | Resistencia al fuego .....                                    | 16 |
| C.5.  | Intemperismo acelerado .....                                  | 16 |

## 1. OBJETIVO

Esta norma mexicana establece las especificaciones y métodos de ensayo a cumplir por los bloques, tabiques o ladrillos y tabicones.

## 2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta de norma mexicana es aplicable a los bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural en las edificaciones de fabricación nacional y de importación, que se comercialicen en territorio nacional. No aplica a las piezas accesorias.

### 3. REFERENCIAS

Esta de norma se complementa con las siguientes normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan

|                    |   |
|--------------------|---|
| NMX-C-024-ONNCCE   | Industria de la construcción - Mampostería - Determinación de la contracción por secado de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones - Método de ensayo                         |
| NMX-C-036-ONNCCE   | Industria de la construcción - Mampostería - Resistencia a la compresión de bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines - Método de ensayo                             |
| NMX-C-037-ONNCCE   | Industria de la construcción - Mampostería - Determinación de la absorción total y la absorción inicial de agua en bloques, tabiques o ladrillos y tabicones - Método de prueba |
| NMX-C-038-ONNCCE   | Industria de la construcción - Mampostería - Determinación de las dimensiones de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones - Método de prueba                                   |
| NMX-C-307/1-ONNCCE | Industria de la construcción - Edificaciones - Resistencia al fuego de elementos y componentes especificaciones y métodos de ensayo   |

### 4. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes definiciones.

#### 4.1. Área neta (real)

Es la superficie efectiva de la pieza, que se obtiene de restar el área de los huecos del área total.

#### 4.2. Área total (bruta)

Es la resultante de multiplicar el largo por el ancho de la pieza (véase figura 1).

#### 4.3. Bloque

Es una pieza de mampostería cuyo largo nominal es 400 mm o mayor en módulos de 100 mm y cuya altura nominal es de 200 mm, (incluyendo la junta de albañilería). Generalmente se fabrica de concreto y puede ser macizo, multiperforado o hueco.

#### 4.4. Celda, (hueco o alveolo)

Es el espacio vacío que atraviesa la pieza por lo menos en el 95 % de su altura con el fin de aligerarla y eventualmente alojar los elementos de refuerzo, tuberías e instalaciones, además, en ocasiones mejora las condiciones de aislamiento térmico y acústico de los muros.

#### 4.5. Dimensión de fabricación

Es la dimensión especificada para la elaboración de la pieza (sin el espesor de la junta de albañilería), a la cual se debe ajustar la dimensión real dentro de las tolerancias permitidas. Para los bloques comunes el alto y largo corresponden a 190 mm x 390 mm (19 cm x 39 cm).

#### 4.6. Dimensión nominal o modular

Es aquella que respeta la coordinación modular en los bloques (múltiplos del módulo base igual a 100 mm) y que corresponde a las dimensiones reales de la pieza, más el espesor de la junta de albañilería y considerando sus tolerancias de fabricación, por ejemplo los bloques comunes tienen dimensiones nominales de 200 mm x 400 mm (20 cm x 40 cm) en su altura y longitud respectivamente.

#### 4.7. Dimensión real

Es la medida de cada pieza obtenida por medición mediante el método de ensayo especificado en la norma mexicana NMX-C-038-ONNCCE (véase 3 referencias).

#### 4.8. Lote

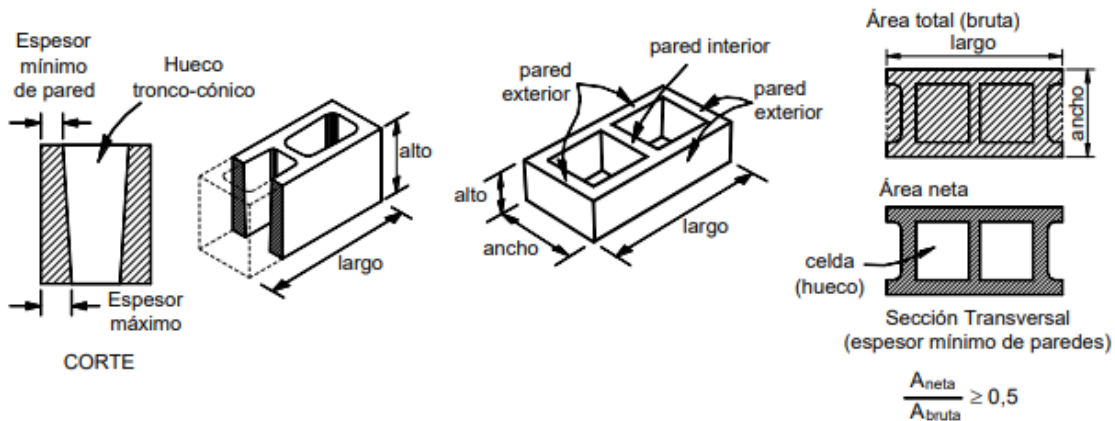
Es la cantidad de piezas de un mismo tipo fabricadas bajo las mismas condiciones en un día de trabajo o en su caso la cantidad de piezas de un tipo recibidas en un día de trabajo de un solo fabricante.

**4.9. Paredes exteriores (cáscara)**

Son las partes exteriores de la pieza hueca, comprendidas entre sus caras y los huecos o perforaciones, véase figura 2.

**4.10. Paredes interiores**

Son las partes interiores comprendidas entre los huecos o las perforaciones, véase figuras 1 y 2.



Donde:

$A_{bruta}$  = largo x ancho, es el área total (bruta).  
 $A_{neta}$  =  $A_{bruta}$  - área de huecos, es el área neta.

**FIGURA 1.- Ejemplos de partes de la pieza, áreas neta y bruta**

La presente figura es ilustrativa

**4.11. Pieza de mampostería**

Es un elemento prismático rectangular, que puede ser fabricado con arcilla “barro” comprimida o extruída sometida a un proceso de cocción o por el moldeo con o sin vibrocompactación de una mezcla de agregados pétreos, cemento hidráulico y otros cementantes (pieza de concreto) o bien fabricada con otros materiales con procesos diferentes.

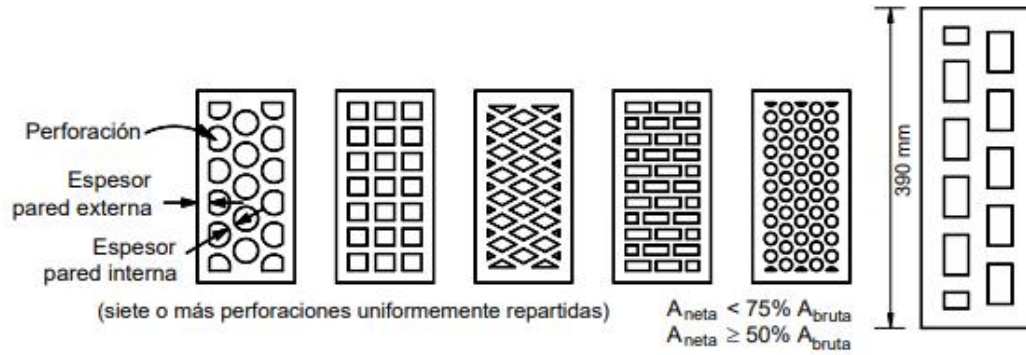
**4.12. Pieza de mampostería para uso estructural**

Son los elementos de mampostería con las propiedades mecánicas necesarias para construir un muro con un espesor mínimo de 100 mm que tenga capacidad para soportar las cargas que se generan por acciones gravitacionales y accidentales (sismo, viento, etc.). Las piezas huecas deben tener celdas o perforaciones ortogonales a la cara de apoyo (sólo se admiten piezas con huecos verticales).

**4.13. Pieza multiperforada**

Es aquella que cumple con los requisitos indicados en 6.1.3. de esta norma (véase figura 2).

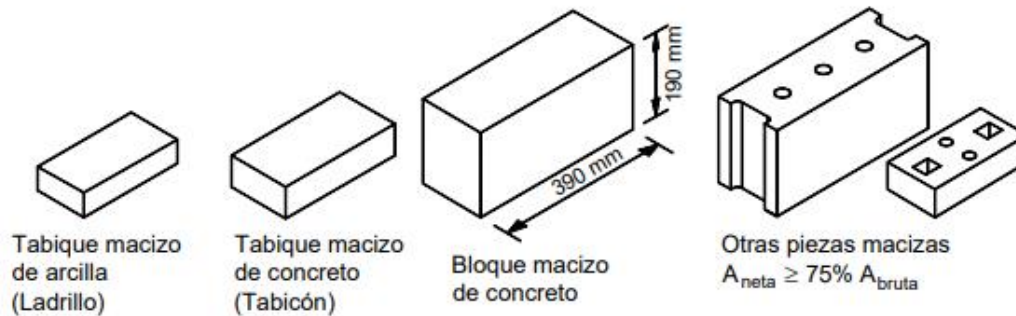




**FIGURA 2.- Ejemplos de piezas multiperforadas**

**4.14. Pieza maciza**

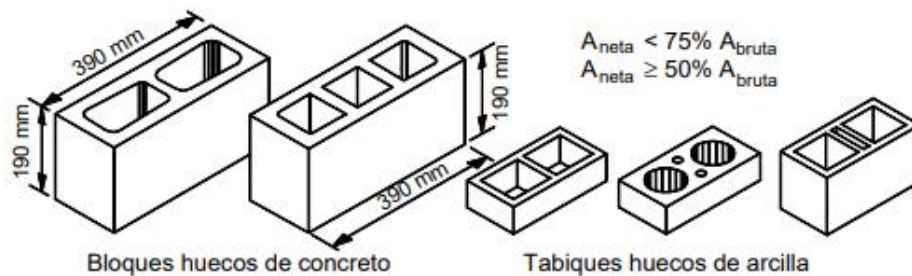
Es aquella que cumple con los requisitos indicados en 6.1.1. de esta norma.



**FIGURA 3.- Tipos comunes de piezas macizas**

**4.15. Pieza hueca**

Es aquella que cumple con los requisitos indicados en 6.1.2. de esta norma.



**FIGURA 4.- Tipos comunes de piezas huecas**

#### **4.16. Pieza accesoría**

Es un elemento con algunas características de las piezas de mampostería con las cuales forman elementos estructurales como pueden ser un muro pero con una geometría que le permite cumplir una función particular como por ejemplo la de conformar cimbra perdida en cadenas, castillos, dinteles, etc.

Las características que comparte con las piezas de mampostería son: mismos materiales componentes, diseño de mezcla, proceso de fabricación, método de curado, textura y dimensiones.

#### **4.17. Pieza de ajuste**

Es un elemento fabricado con geometría tal que mantiene las medidas de ancho y alto nominales pero donde la longitud equivale a una fracción de la longitud nominal de una pieza de mampostería (mitad, tres cuartos, etc.). Si son piezas huecas, pueden o no presentar paredes interiores.

**NOTA 1:** Estas piezas se emplean en los extremos e intersecciones de muros evitando así el corte de piezas completas en obra.

#### **4.18. Tabique (ladrillo o tabicón)**

Es una pieza de mampostería con dimensiones menores que el bloque, puede ser maciza, hueca o multiperforada.

**NOTA 2:** Al tabique macizo de arcilla se le conoce comúnmente como ladrillo y al tabique macizo de concreto como tabicón.

### **5. CLASIFICACIÓN**

#### **5.1. Geometría**

Los productos objeto de esta norma se clasifican en bloques, tabiques o ladrillos y tabicones de acuerdo con los puntos 4.3., 4.18. y piezas de ajuste de acuerdo al punto 4.17. de esta norma.

#### **5.2. Materiales**

Los productos objeto de este proyecto de norma se clasifican en piezas de arcilla y piezas de concreto.

Se pueden utilizar materiales y formas diferentes a lo indicado en los puntos 5.1. y 5.2. de esta norma siempre y cuando cumplan con todos los requisitos de la presente norma.

#### **5.3. Tipo de piezas**

Los productos objeto de esta norma se clasifican en piezas macizas, piezas huecas, piezas multiperforadas y piezas de ajuste de acuerdo a los puntos 6.1.1., 6.1.2., 6.1.3. y 6.1.4. de esta norma.

### **6. ESPECIFICACIONES**

#### **6.1. Tipo de piezas**

##### **6.1.1. Pieza maciza**

Los tabiques y bloques deben tener un área neta mayor o igual al 75 % del área bruta y las paredes exteriores deben tener un espesor no menor que 20 mm para tabiques, para el caso de bloques se debe cumplir los valores indicados en la tabla 1.

##### **6.1.2. Pieza hueca**

Los tabiques y bloques deben tener un área neta, calculada en la cara de menor espesor de pared, mayor o igual al 50 % y menor al 75 % del área bruta, para tabiques las paredes exteriores deben tener un espesor no menor que 15 mm y las paredes interiores deben tener un espesor no menor de 13 mm, para el caso de bloques se debe cumplir los valores indicados en la tabla 1.

**6.1.3. Pieza multiperforada**

Los tabiques y bloques que deben contar con siete o más perforaciones de dimensiones similares, distribución uniforme y cumplir con los requisitos para piezas huecas salvo que el espesor de las paredes interiores no debe ser menor que 7 mm en tabiques ni de 10 mm en bloques.

**6.1.4. Piezas de ajuste y accesorias**

Para piezas de ajuste y piezas accesorias de igual naturaleza que las piezas enteras (fabricadas con los mismos materiales y procedimientos) no será necesario hacer ensayos de resistencia a la compresión, absorción ni contracción, ya que tienen paredes interiores suplementarias lo que implica un mayor porcentaje de área neta sobre área bruta y por ello, características mecánicas superiores.

**6.2. Dimensiones****6.2.1. Bloques**

Las dimensiones modulares de los bloques (incluyendo la junta de albañilería de 10 mm) corresponden a 200 mm de alto y 400 mm de largo que puede incrementarse en módulos de 100 mm. La dimensión de fabricación para el ancho debe ser mínimo 100 mm, los anchos de las piezas corresponderán a lo indicado en la tabla 1.

A petición expresa del cliente se pueden fabricar bloques de medidas especiales, como por ejemplo piezas con dimensiones de fabricación de 200 mm x 400 mm (dimensiones modulares de 210 mm x 410 mm incluyendo la junta de albañilería), para lo cual, si satisfacen todos los demás requisitos de esta norma, se considera que cumplen con la misma, siempre y cuando se incluya la información de dimensiones de fabricación y modulares que se indican en el capítulo 9 de la presente norma.

**NOTA 3:** Las piezas de concreto con acabado rústico deben tener las mismas dimensiones que los bloques de concreto lisos, pero en este tipo de piezas se debe cuidar que la cara rústica no presente en alguna parte un espesor (pared exterior) menor a lo especificado en la tabla 1 y en la nota 4.

**TABLA 1.- Espesor de paredes para bloques lisos**

| Dimensión modular de bloques<br>Ancho x alto x largo<br>cm | Dimensión de fabricación de bloques<br>Ancho x alto x largo<br>cm | Espesor mínimo de paredes exteriores<br>mm | Espesor mínimo de paredes interiores<br>mm |
|--|---|--|--|
| 10 x 20 x 40   | 10 x 19 x 39  | 20*  | 20   |
| 12 x 20 x 40   | 12 x 19 x 39  | 20*  | 20   |
| 14 x 20 x 40   | 14 x 19 x 39  | 25*  | 25   |
| 15 x 20 x 40   | 15 x 19 x 39  | 25*  | 25   |
| 20 x 20 x 40   | 20 x 19 x 39  | 32   | 25   |
| 25 x 20 x 40   | 25 x 19 x 39  | 32   | 30   |
| 30 x 20 x 40   | 30 x 19 x 39  | 32   | 30   |

**\*NOTA 4:** En caso de paredes de bloques expuestas a la intemperie sin recubrimiento el espesor (pared exterior) mínimo debe ser de 30 mm en un 90 % del área de dicha cara.

Las dimensiones reales no deben diferir en más de  $\pm 3$  mm en la altura,  $\pm 2$  mm en el largo y  $\pm 2$  mm en el ancho respecto a las dimensiones de fabricación de las piezas.

**6.2.2. Tabiques****6.2.2.1. Arcilla**

Las dimensiones de fabricación de las piezas deben cumplir con las siguientes dimensiones mínimas: 50 mm de alto, 100 mm de ancho y 190 mm de largo.

Las dimensiones reales no deben diferir en más de  $\pm 3$  mm en cualquier dimensión con respecto a las de fabricación.

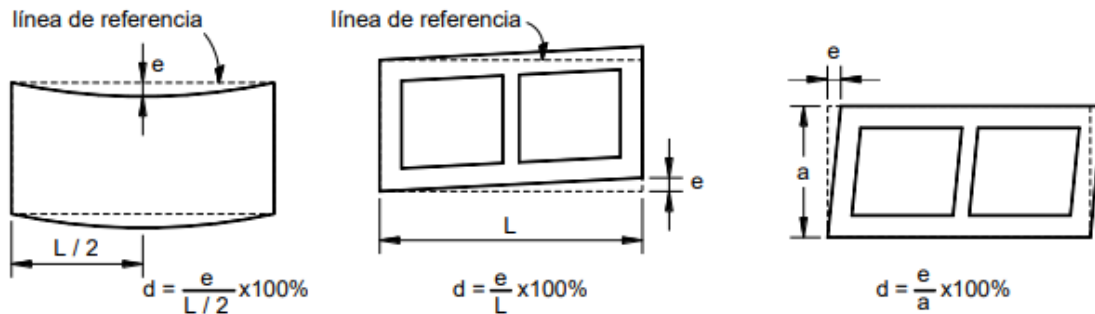
**6.2.2. Concreto**

Las dimensiones de fabricación de las piezas deben cumplir con las siguientes dimensiones mínimas: 60 mm de alto, 100 mm de ancho y 240 mm de largo.

Las dimensiones reales no deben diferir en más de  $\pm 3$  mm en la altura y  $\pm 2$  mm en el largo y en el ancho con respecto a las de fabricación.

**6.2.3. Tolerancia de forma**

La desviación máxima de la arista de las piezas respecto a una línea recta perpendicular al lado contiguo no debe ser mayor que 3 %. Dicha desviación (d) se calcula como el cociente de la distancia que se desvía la arista medida perpendicularmente a la línea de referencia (e) entre la distancia hasta el punto medido (véase figura 5).



**FIGURA 5.- Tolerancia de forma**

Esta figura es ilustrativa

**6.3. Resistencia a compresión**

Los productos objeto de la presente norma deben cumplir los valores de resistencia indicados en la tabla 2.

**TABLA 2.- Resistencia a compresión**

| Tipo de pieza              | Configuración  | Resistencia media<br>$\bar{f}_p$<br>MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) | Resistencia mínima individual<br>$f_{pMn}$<br>MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------------------|----------------|---|---|
| Bloque                     | Macizo         | 15 (150)  | 12 (120)  |
|                            | Hueco          | 9 (90)  | 7 (70)  |
|                            | Multiperforado | 15 (150)  | 12 (120)  |
| Tabique<br>(largo >300 mm) | Hueco          | 9 (90)  | 7 (70)  |
|                            | Multiperforado | 9 (90)  | 7(70)   |
| Tabique<br>(largo <300 mm) | Macizo         | 11 (110)  | 7 (70)  |
|                            | Hueco          | 9 (90)  | 7 (70)  |
|                            | Multiperforado | 15 (150)  | 12 (120)  |

**6.4. Absorción inicial y absorción total de agua en 24 h**

Los productos objeto de la presente norma deben cumplir los valores de absorción indicados en la tabla 3.



**TABLA 3.- Valores máximos de absorción inicial y absorción total de agua en 24 h**

| Tipo de material            | Absorción inicial para muros expuestos al exterior (g/min) | Absorción inicial para muros interiores o con recubrimiento (g/min) | Absorción total en 24 h en porcentaje |
|-----------------------------|--|---|---------------------------------------|
| Concreto                    | 5  | 7,5   | 12                                    |
| Arcilla artesanal           | -  | -   | 23                                    |
| Arcilla extruida o prensada | 5  | 7,5   | 19                                    |

### 6.5. Contracción por secado

Para los productos objeto de la presente norma el valor máximo de contracción por secado debe ser del 0,065 %.

## 7. MÉTODOS DE ENSAYO

### 7.1. Dimensiones

Se deben verificar de acuerdo al método de ensayo indicado en la norma mexicana NMX-C-038-ONNCCE (véase 3 referencias).

### 7.2. Resistencia a compresión

#### 7.2.1. Valor mínimo de la resistencia a compresión

La resistencia media y la resistencia mínima individual a compresión deben cumplir con los valores de la tabla 2 y se determinan de acuerdo al método de ensayo indicado en la norma mexicana NMX-C-036-ONNCCE (véase 3 referencias).

#### 7.2.2. Resistencia de diseño a compresión

La resistencia de diseño a compresión, para los productos objeto de la presente norma, se calcula utilizando la siguiente expresión con los resultados obtenidos en el punto 7.2.1. de esta norma.

$$f_p^* = \frac{\bar{f}_p}{1 + 2,5c_p}$$

Donde:

$f_p^*$  es la resistencia de diseño a compresión, referida al área bruta.

$\bar{f}_p$  es la media de la resistencia a la compresión, referida al área bruta.

$c_p$  es el coeficiente de variación de la resistencia de diseño a compresión de las piezas, calculado como el cociente de la desviación estándar entre la media de la resistencia a la compresión.

El valor de  $c_p$  a utilizar se calcula únicamente cuando se cuente con un mínimo de 30 resultados de ensayos pertenecientes a 3 lotes de fabricación (10 resultados por cada lote). Los valores de la resistencia se calculan considerando el área bruta de la pieza, de acuerdo con el método de ensayo especificado en la norma mexicana NMX-C-036-ONNCCE (véase 3 referencias).

El coeficiente de variación  $c_p$  no debe tomarse menor que 0,10. Para el caso de no disponer del número de ensayos requeridos, se debe usar los siguientes valores de  $c_p$ :

$c_p = 0,20$  para plantas mecanizadas que evidencien contar con un sistema de control de calidad.

- $c_p = 0,30$  para plantas mecanizadas que no cuenten con un sistema de control de calidad.  
 $c_p = 0,35$  para piezas de producción artesanal.

### 7.3. Absorción inicial y absorción total de agua en 24 h

Los productos objeto de la presente norma deben cumplir con los valores de absorción de agua que se establecen en la tabla 3. Esto se verifica de acuerdo al método de ensayo especificado en la norma mexicana NMX-C-037-ONNCCE (véase 3 referencias).

### 7.4. Contracción por secado

Se debe determinar de acuerdo al método de ensayo especificado en la norma mexicana NMX-C-024 (véase 3 referencias).

## 8. MUESTREO

### 8.1. Control de producción en planta

Para verificar el cumplimiento de esta norma durante el control de producción de una planta, se debe seleccionar una muestra por cada lote de 10 000 piezas o fracción. Para lotes mayores a 10 000 piezas y menores de 100 000 piezas se deben seleccionar 2 muestras. Para lotes mayores a 100 000 se selecciona una muestra por cada 50 000 piezas o fracción.

### 8.2. Control de calidad en obra

Para el control de calidad en obra de más de 250 m<sup>2</sup> o superior a dos niveles, se toma una muestra de forma aleatoria como mínimo por cada 30 millares de piezas por cada lote de fabricación.

### 8.3. Tamaño de la muestra

Cada muestra está constituida por el número de piezas requeridas en los métodos de ensayo de compresión, absorción, contracción por secado y dimensiones.

### 8.4. Muestreo para certificación

El tamaño de la muestra debe ser el indicado en el punto 8.4. de esta norma más dos piezas de reserva y esta cantidad se toma por duplicado como muestras testigo. Todas las piezas se deben separar, marcar y codificar.

#### 8.4.1. Toma de muestra y puntos de muestreo

El muestreo inicial y de vigilancia podrá ser recabado en planta, bodega o punto de comercialización.

## 9. MARCADO, ETIQUETADO

### 9.1. Marcado

- El marcado del producto se realiza con el estampado o grabado del número de lote y un medio para identificar la fecha de fabricación, que se debe colocar al menos en una de cada 100 piezas.

### 9.2. Etiquetado

La información de cada lote debe contener lo siguiente:

- Nombre del producto.
- Número de lote.
- Marca registrada o logotipo.
- Tipo de pieza (véase tabla 2), configuración y material.
- Subtipo, si aplica (definido por el fabricante).
- Fecha de fabricación.

- Dimensiones de fabricación en cm.
- En el caso de bloques: dimensiones modulares en cm.
- Resistencia promedio a la compresión ( $\bar{f}_p$ ) en MPa (kg/cm<sup>2</sup>).
- Resistencia de diseño a la compresión ( $f_p^*$ ) en MPa (kg/cm<sup>2</sup>).
- Certificado de calidad con fecha y número de la última certificación (si aplica).
- Nombre o razón social del fabricante.
- Declaración de cumplimiento con la presente norma.
- Leyenda Hecho en México o lugar de origen.

Y debe ir especificada en la factura y en la nota de remisión correspondiente.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

|                    |  |
|--------------------|--|
| NOM-008-SCFI       | Sistema General de Unidades de Medida.- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.- 2002.- México.   |
| NMX-C-307/1-ONNCCE | Industria de la construcción - Edificaciones- Resistencia al fuego de elementos y componentes - Especificaciones y métodos de ensayo.-ONNCCE.-2009.- México.   |
| NMX-Z-013          | Guía para la redacción, estructuración y presentación de las Normas Mexicanas. .- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.- 1987.- México.   |
| ASTM C-55          | Standard-Specification for Concrete Building Brick.- ASTM Internacional.- 2011.- Estados Unidos. (Parcialmente armonizada con esta norma extranjera).  |
| ASTM-C-67          | Standard Test Methods of Sampling and Testing Brick and Structural Clay tile.- ASTM Internacional.- 2011.- Estados Unidos. (Parcialmente armonizada con esta norma extranjera).  |
| ASTM-C-88          | Standard Test Method Soundness of aggregates by use of sodium sulfate or Magnesium Sulfate.- ASTM Internacional.- 2005.- Estados Unidos. (Parcialmente armonizada con esta norma extranjera).                                    |
| ASTM-C-140         | Standard Methods of Sampling and Testing Concrete Masonry Units. .- ASTM Internacional.- 2011.- Estados Unidos. (Parcialmente armonizada con esta norma extranjera).   |
| ASTM-C-90          | Standard Specification for Load bearing Concrete Masonry Units. .- ASTM Internacional.- 2011.- Estados Unidos. (Parcialmente armonizada con esta norma extranjera).  |
|                    | Le Bloc Béton – Système Constructif – Bloc Béton Développement (Parcialmente armonizada con esta regulación extranjera).   |
|                    | Concrete Masonry – Shapes and Sizes Manual – National Concrete Masonry Association.- 2002.- Estados Unidos. (Parcialmente armonizada con esta regulación extranjera).  |
|                    | Blocs Spéciaux et Accessoires de Maçonnerie – Rapport Technique ER (A) 79/13 Août 1979 – CERIB (Centre d’Études et de Recherches de l’Industrie du Béton Manufacturé). (Parcialmente armonizada con esta regulación extranjera). |

## 11. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no coincide con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

## 12. VIGENCIA

La presente norma mexicana entra en vigor a los sesenta días siguientes de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación por parte de la Secretaría de Economía (SE).

### A. APÉNDICE INFORMATIVO.- Defectos visuales

En este apéndice se dan lineamientos recomendables para verificar las características de aceptación de los productos objeto de la presente norma. No forma parte de los requisitos obligatorios pero puede ser adoptada en común acuerdo entre el cliente y el fabricante. La inspección se hace en forma visual en condiciones normales de luz.



**A.1. Defectos superficiales**

No se aceptan fisuras, ampollas y otros defectos visibles que afecten la resistencia de la pieza.

**A.2. Velos**

Se acepta la existencia de velos blanquecinos o de un color marcadamente diferente al color original de las piezas que al ser cepilladas en seco no dejen marcas visibles, observados a simple vista desde una distancia de 1 m.

**A.3. Apariencia**

No deben tener otras imperfecciones que afecten la apariencia del muro terminado visto, desde una distancia de 3 m.

**A.4. Eflorescencia**

No se aceptan tabiques cerámicos y hechos a mano en que las eflorescencias hayan cubierto más del 25 % de su superficie total, antes de ser colocadas en las albañilerías.

**A.5. Disgregación**

Las piezas de mampostería no deben presentar disgregaciones al tacto o al ser sumergidos en agua.

**A.6. Color y textura**

El color y la textura de las piezas pueden fijarse de común acuerdo entre el fabricante y el comprador, proporcionando en su caso una muestra testigo.

**B. APÉNDICE INFORMATIVO.- Piezas accesorias**

Son elementos de mampostería con características de las piezas con las cuales forman elementos estructurales pero con una geometría que le permite cumplir una función particular como por ejemplo la de conformar cimbra perdida en cadenas, castillos, dinteles, etc.

Se incluyen generalmente en las mamposterías para conformar un sistema constructivo completo. Las ventajas ofrecidas por las piezas accesorias para el logro de acabados aparentes uniformes o la facilidad de realización de aplanados, son la simplicidad y rapidez de ejecución de los puntos singulares, eliminación de cimbrados, economía, continuidad del aparejo y unidad de aspecto.

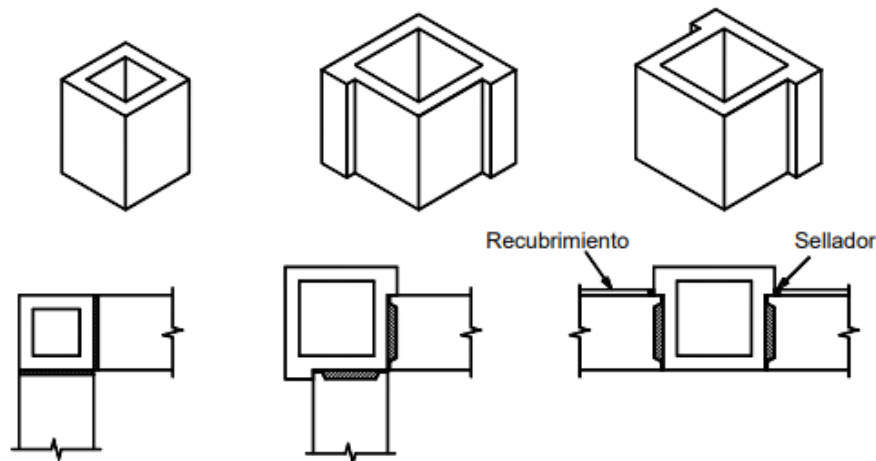
La mayoría de las veces estas piezas son fáciles de fabricar y, por ello, los fabricantes pueden estar en posibilidad de suministrar piezas accesorias asociadas a las piezas enteras correspondientes a los espesores que fabrique. Pueden simplificar o incluso reducir considerablemente la mano de obra. El desarrollo a corto plazo de estas piezas accesorias de mamposterías está directamente ligado a los hábitos locales y al campo de actividad de las empresas. El aprovechamiento eficiente de las piezas accesorias depende de su reducción en variedad de diseños, tipos y de un adecuado estudio de despieces realizado en etapa de proyecto, controlado adecuadamente en el proceso de ejecución.

Las dimensiones de coordinación modular de las piezas accesorias, sus dimensiones de fabricación y sus tolerancias admisibles responden a las mismas especificaciones que las de las piezas enteras. La única diferencia se da en ciertas dimensiones, las cuales no siempre son modulares y pueden corresponder a submódulos.

**B.1. Piezas para castillos o columnas**

Permiten la construcción de castillos en intercepciones de muros como esquinas o uniones en "tee". Son útiles para conformar un sistema de mampostería confinada si se usan en muros de piezas macizas o multiperforadas o en piezas huecas con celdas de reducido tamaño.

En el caso de geometría tal que estas piezas sobresalgan del paño del muro se usarán sólo cuando el diseño arquitectónico del edificio permita o requiera de un resalido exterior (véase figura 6), con la ventaja de dimensionar cualquier sección de castillo o columna pero presenta el inconveniente de complicar la realización del aplanado, por lo que conviene su uso cuando la superficie de la pieza está destinada a permanecer aparente.



**FIGURA 6.- Piezas para castillo**

Esta figura es ilustrativa

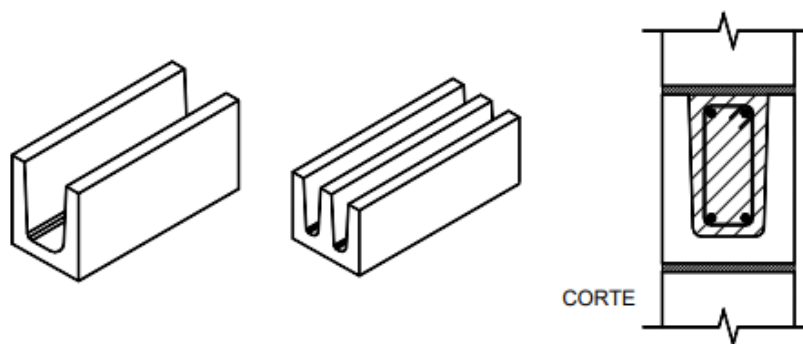
Es necesario poner una junta de sellador de estanqueidad colocada en el saque que se puede realizar mediante calafateo entre la mampostería y la pieza para castillo, este sello debe permitir asegurar la estanqueidad del muro.

Se debe tener presente que, al no contar con una adherencia directa entre las piezas del muro y el concreto del castillo, pueden no cumplirse los requisitos de construcción del reglamento local para mampostería confinada por lo que puede ser necesario proporcionar elementos de conexión como alambres de refuerzo horizontal anclados al núcleo del castillo.

En el caso de construcción de columnas, éstas deben cumplir con todos los requisitos que piden los reglamentos como son dimensiones (mayores de 20 cm x 20 cm), cuantías y distribución de armados longitudinales y transversales (estribos) así como su detallado.

**B.2. Pieza de dintel o dala interior (bloque “U”)**

Son piezas en forma de canal longitudinal abierto por su parte superior para alojar barras de refuerzo y el concreto o mortero de relleno para elementos de refuerzo horizontal como cadenas o dalas así como cerramientos o dinteles sobre puertas y ventanas con lo cual simplifica su construcción en la obra. Estructuralmente se consideran que estas piezas conforman una cimbra perdida y permiten respetar la homogeneidad de aspecto y de estructura de fachada. Evitan también la fisuración que generalmente se da en los aplanados en las zonas de unión entre mampostería y dinteles cuando son de materiales diferentes. Se pueden fabricar piezas para diferentes alturas de dintel (véase figura 7).



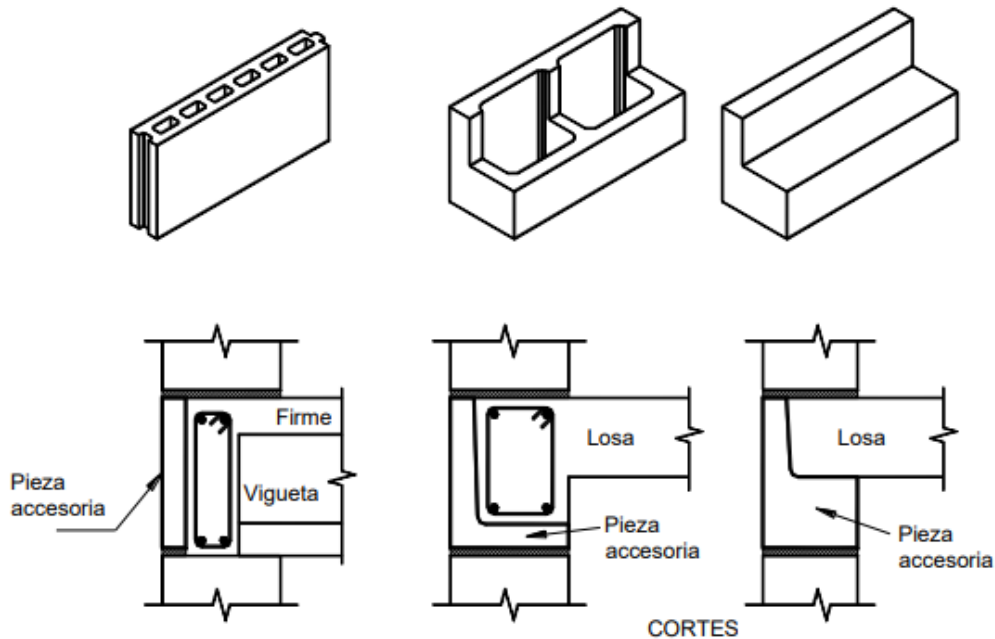
**FIGURA 7.- Bloque tipo “U” utilizado en muros de mampostería para dinteles o cadenas**

Esta figura es ilustrativa

### B.3. Pieza de borde de losas

Se utilizan para rematar los bordes de losa dejándose como cimbra perdida para alojar generalmente las cadenas continuas que forman parte del confinamiento horizontal de los muros de mampostería y del refuerzo perimetral de las losas. Por igual naturaleza y estructura que las piezas comunes de mampostería, permite evitar los riesgos de fisuración en los aplanados.

Estas piezas requieren, en algunos casos, un atiesamiento de respaldo para que durante el proceso de colado y vibrado del concreto de losas no se desprendan ni se volteen. En algunos diseños de este tipo de piezas se incluye un machimbre en sus extremos para mejor fijación mecánica (véase figura 8).



**FIGURA 8.- Ejemplos de piezas especiales para rematar el borde de losas macizas o de vigueta y bovedilla con o sin dalas de borde**

Esta figura es ilustrativa

## C. APÉNDICE INFORMATIVO.- Aspectos adicionales

### C.1. Junta de albañilería

El espesor del mortero en las juntas debe ser el mínimo que permita una capa uniforme de mortero y la alineación de la pieza. Si se usan piezas de fabricación mecanizada, el espesor de las juntas horizontales no debe exceder de 12 mm; si se usan piezas de fabricación artesanal, el espesor de las juntas no debe exceder de 15 mm. El espesor mínimo es de 6 mm. Estas juntas deben cumplir con los requisitos que establecen en su caso los reglamentos de construcción locales.

### C.2. Adherencia

Depende tanto de la resistencia de la pieza y de su porosidad, como del mortero utilizado y de su aplicación correcta. Por lo tanto, es necesario especificar el mortero adecuado en relación con las características de la pieza y observar cuidadosamente su aplicación al colocarlos.



### **C.3. Absorción de piezas de arcilla de fabricación artesanal**

Los altos valores de absorción de agua inicial y en 24 h para estas piezas, las hacen no adecuadas para su uso en lugares en donde existan agentes de intemperismo agresivos.

### **C.4. Resistencia al fuego**

El ensayo de la resistencia al fuego es para los bloques, tabiques, ladrillos, y tabicones, que no sean fabricados de productos de cemento u otros materiales pétreos y/o arcilla al 100 %, se pueden utilizar los parámetros que marca la norma mexicana NMX-C-307/1-ONNCCE (véase 3 referencias) o cualquier otra que se acuerde entre las partes interesadas.

### **C.5. Intemperismo acelerado**

El ensayo al intemperismo acelerado, se aplica a los bloques, tabiques o ladrillos y tabicones, que no sean fabricados de productos de cemento, materiales pétreos y/o arcilla al 100 %, demostrando una vida útil de 50 años. La comprobación puede realizarse a través de evidencias naturales o ensayos acelerados según acuerden las partes interesadas.