

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Helen Viviana Machado Saavedra

ASESOR

Fidel Ortiz Zapata

<https://orcid.org/0000-0002-1239-7290>

Chiclayo, 2025

**Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades
físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal**

PRESENTADA POR

Helen Viviana Machado Saavedra

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Víctor Manuel Tepe Atoche
PRESIDENTE

Mario Antonio Martínez Fiestas
SECRETARIO

Fidel Ortiz Zapata
VOCAL

DEDICATORIA

Quiero expresar mi profundo agradecimiento hacia mis padres, Cecilia y Neptalí, por su amor inquebrantable, su apoyo constante y sus valiosos consejos. Agradezco especialmente por haberme inculcado los principios de la perseverancia y la dedicación, y por confiar en mí incluso en los momentos más difíciles.

A mi hijo Mathias, quien representa mi mayor inspiración para esforzarme diariamente y ser un mejor modelo para seguir. Cada logro alcanzado en este camino también te pertenece, ya que tu presencia ha sido la luz que ha guiado mis pasos.

A mis hermanas y abuelos, les doy las gracias por su apoyo incondicional y su constante compañía. Su amor y comprensión han sido una fuente invaluable de fortaleza y motivación para mí.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud hacia Dios por permitirme tener vida, así como por mantener a mis padres con salud para que sean mi apoyo constante. También quiero agradecer a mis respetados maestros, quienes, con su gran sabiduría, me han guiado hasta este punto. Agradezco profundamente a mis asesores, quienes, con sus valiosos consejos y excelentes ideas, han respaldado y contribuido al desarrollo de mi tesis durante todo el proceso.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICÉ DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	9%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
9	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%
10	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
11	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%

spij.minjus.gob.pe

ÍNDICE

Resumen	14
Abstract	15
I. Introducción	16
II. Revisión de literatura	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Bases teóricas	21
2.2.1. Bloques de Arcilla cocida.....	21
2.2.2. Bloques de arcilla Cocida.....	21
2.2.3. Arcillas para la fabricación de los Bloques de arcilla cocida.....	21
2.2.4. Fabricación de los Bloques de arcilla.....	22
2.2.5. Clasificación de Bloques de acuerdo con su Unidad de Albañilería.....	22
2.2.6. Tipos de Bloques de arcilla Según la Norma E070.....	23
2.2.7. Propiedades de las Unidades de Albañilería pendiente.....	24
2.2.8. Aceptación de la Unidad según la N.T.P. E070-2019.....	35
2.2.9. Micelio de hongos.....	37
2.2.10. Usos del micelio como material de la construcción.....	39
2.2.11. Normativa aplicable.....	41
III. Materiales y métodos	42
3.1. Hipótesis	42
3.2. Variables	42
3.3. Tipo y nivel de investigación	44
3.4. Diseño de la investigación	44
3.5. Población, muestra y muestreo	44
3.5.1. Población.....	45
3.5.2. Muestra.....	45

3.5.3. Muestreo.....	45
3.6. Criterios de selección	46
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
3.7.1. Métodos	47
3.7.2. Técnicas	48
3.7.2.1. Técnicas para la selección de materia prima.....	48
3.7.2.2. Técnicas para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo.....	52
3.7.2.3. Técnicas para evaluar en qué condiciones climáticas se recomiendan usar las unidades de albañilería artesanal.....	55
3.8. Procedimientos	58
3.8.1. Caracterización de Materiales.....	58
3.8.2. Diseño de mezcla para bloques de arcilla artesanales.....	66
3.8.3. Elaboración de Bloques de arcilla Artesanales.....	68
3.9. Plan de procesamiento y análisis de datos	75
3.10 Matriz de consistencia.....	77
IV: Resultados	79
4.1. CLASIFICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS.....	79
4.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS BLOQUES DE ARCILLA ARTESANAL (PATRÓN)	80
4.3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE BLOQUES DE ARCILLA ARTESANAL (PATRÓN)	83
4.4. LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS UNIDADES CON ADICIÓN DE MICELIO DE HONGOS.	88
4.5. LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS UNIDADES ARTESANALES CON INCORPORACIÓN DE MICELIO.	91

4.6. ANALISIS DE COSTOS:	99
V. Discusión:	101
5.1. MATERIALES A ANALIZAR.....	101
5.2. MÉTODO DE MEZCLADO.....	102
5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	102
5.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON ANTECEDENTES.....	104
VI. Conclusiones	108
VII. Recomendaciones	110
VIII. Referencias	111
IX. Anexos	116
Anexo 01: Ensayo para la caracterización de materiales.	116
Anexo 02: Panel fotográfico de la caracterización de materiales	119
Anexo 03: Panel fotográfico de los ensayos aplicados a los bloques de arcilla artesanales.	129
Ensayo- variación dimensional de las bloques de arcilla artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos.....	129
Ensayo - Alabeo de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos .	130
Ensayo de absorción de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos	131
Ensayo de resistencia a la compresión de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos.....	132
Ensayo de resistencia a la compresión axial de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos.....	133
Ensayo de resistencia al corte diagonal de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos.....	134
Ensayo de resistencia al corte diagonal de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos.....	135
Ensayo de erosión acelerada de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos	137
Ensayo de conductividad térmica de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos.....	138

Anexo 05: Resultados de ensayos a las unidades de albañilería artesanal	139
Anexo 06: Ensayo de alabeo de las unidades de albañilería artesanal (patrón), y adiciones de micelio de hongos.....	143
Anexo 07: Ensayo de absorción de las unidades de albañilería artesanal (patrón), y adiciones de micelio de hongos.....	145
Anexo 08: Ensayo de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería artesanal (patrón), y adiciones de micelio de hongos.....	147
Anexo 09: Ensayo de resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería artesanal (patrón), y adiciones de micelio de hongos.....	149
Anexo 10: Ensayo de resistencia al corte diagonal de las unidades de albañilería artesanal (patrón), y adiciones de micelio de hongos.....	152
Anexo 11: Ensayo de erosion acelerada swinburne	155
Anexo 12: Ensayo de conductividad termica.....	157
Anexo 13: Costo y presupuesto desglosado de bloques de arcilla artesanales.....	159
Anexo 13.01: Análisis de precios unitarios del patrón muestra	159
Anexo 13.02: Análisis de precios unitarios con la incorporación del micelio	160
Anexo 13.03: Presupuesto de mezcla patrón	161
Anexo 13.04: Presupuesto de mezcla con incorporación de micelio	161
Anexo 14: Certificado de calibracion de equipos para conductividad Termica.	162

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ensayo de Resistencia a esfuerzos de compresión diagonal en muros de albañilería	25
Figura 2. Determinación de la variación dimensional de un ladrillo macizo.....	27
Figura 3 Diseño de equipo para conductividad térmica.	30
Figura 4 Termocupla tipo K para placa fría y placa caliente	31
Figura 5 Placas de aluminio (Fría y Caliente) de 23 x 12 x 9 cm	32
Figura 6 Fuente de volteos alterno en placa caliente.	32
Figura 7 Multímetro Digital UT-33A +	33
Figura 8 Ensayo de erosión acelerada swinburne.	34
Figura 9. Anatomía de las setas.....	37
Figura 10. Paneles de diseño de interiores de Myccen	40
Figura 11. Ubicación geográfica de ladrillera	46
Figura 12. Técnicas para la aplicación	57
Figura 13. Extracción de Suelos arcillosos.	58
Figura 14. Muestra de suelo arcilloso.	58
Figura 15. Puesta en Ladrillera Arena fina	59
Figura 16. Puesta en Ladrillera Arena fina	60
Figura 17. Muestra in situ del Hongo Pleurotus Ostreatus.	61
Figura 18. Placas petri contenidas con Papa Sacarosa Agar (PSA)	62
Figura 19. Tratamiento de desinfección de los sustratos.	62
Figura 20. Semilla colonizada por P. ostreatus.	63
Figura 21. Metodología de cosecha para los sustratos desinfectados por inmersión en agua, en agua alcalina y agua caliente.....	63
Figura 22. Metodología de siembra para los sustratos desinfectados por pasteurización y esterilización.....	64
Figura 23. Proceso de incubación.	64

Figura 24. Cambio de color a blanco y la compactación del sustrato, evidencia la colonización del micelio al sustrato.	64
Figura 25. Separación de Micelio	65
Figura 26. Micelio de 2 cm aproximadamente.....	65
Figura 27. Extracción de tierra.....	68
Figura 28. Tamización de los compuestos para la elaboración de unidades artesanales.	69
Figura 29. Mezclado de los compuestos en las dosificaciones especificadas.....	69
Figura 30. Separación de los porcentajes de micelio de hongo y separación de mezcla	70
Figura 31. Moldes de madera (gravera) para el uso de bloques de arcilla macizos artesanales.	70
Figura 32. Espacio donde se proceden a secar los bloques de arcilla artesanales por un promedio de 7 días.	71
Figura 33. Se realizó el secado por aproximadamente 7 días para que el micelio se expanda y el ladrillo se encuentre seco.	71
Figura 34 Se realizó la identificación de las muestras para su quemado correspondiente.....	72
Figura 35 colocación de bloques de arcilla para la cocción respectiva.....	72
Figura 36 Colocación de leña para su posterior sellado.....	73
Figura 37. Diseño de horno adecuado	74
Figura 38. Verificación de horno adecuado.	75
Figura 39. Clase de Unidad de albañilería	84
Figura 40. Clase de Unidad de albañilería	85
Figura 41. Clase de Unidad de albañilería	86
Figura 42. Resistencias características según la norma E.070	96

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Limitaciones de las unidades de albañilería en su uso estructural.....	23
Tabla II. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales	24
Tabla III. Requisitos complementarios: absorción máxima y coeficiente de saturación	35
Tabla IV. Limitaciones en el uso de las unidades de albañilería para fines estructurales	36
Tabla V. Matriz de operacionalización de variables	43
Tabla VI. Diseño de muestra.....	45
Tabla VII. Técnicas de Muestreo para los porcentajes de micelio de hongos	46
Tabla VIII. Unidades de muestra según normativa.....	47
Tabla IX. Siembra de hongos pleorotus ostreatus.....	61
Tabla X. Dimensiones de la gravera tradicional y Reajustada.....	66
Tabla XI. Dosificación de Insumos requeridos en peso para elaborar 620 bloques de arcilla de arcilla.....	67
Tabla XII. . Dosificación de insumos requeridos en volumen para elaborar 620 bloques de arcilla de arcilla	67
Tabla XIII. Resumen de la dosificación de materiales empleados en esta investigación en peso y volumen.....	68
Tabla 14 Temperatura vs Tiempo de la cocción de los bloques de arcilla.....	74
Tabla XV. Matriz de consistencia	77
Tabla XVI. Resultados: clasificación de los materiales	79
Tabla XVII. Resultados de Variación Dimensional de las incorporaciones de Micelio.....	88
Tabla XVIII. Resultado del Alabeo de las incorporaciones de Micelio.....	89
Tabla XIX. Resultado de Absorción de los bloques de arcilla con adición de micelio y arcilla	90
Tabla XX. Resultados del ensayo a la compresión de los bloques de arcilla con adición de micelio y arcilla.....	92

Tabla XXI. Resultados del ensayo a la compresión axial de las unidades con incorporación de micelio y arcilla	93
Tabla XXII. Resultados del ensayo a la compresión de corte de los bloques de arcilla con adición de micelio y arcilla	94
Tabla XXIII. Resistencias características de las unidades de albañilería.	96
Tabla 24 Erosión acelerada de las muestras con adición de micelio	97
Tabla 25. Conductividad térmica de muestra patrón + adiciones de micelio.	98
Tabla XXVI. Presupuesto de la muestra patrón	100
Tabla XXVII. Presupuesto de la muestra óptima 25% de micelio y 75% arcilla	100
Tabla XXVIII. Comparación de costos	100

LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICO 1 Línea de tendencia: temperatura vs tiempo	74
GRÁFICO 2. Resultado ensayo de Variación dimensional - muestra patrón.....	80
GRÁFICO 3. Resultado de la muestra patrón de las bloques de arcilla artesanal.	81
GRÁFICO 4. Resultados de Absorción de las unidades de arcilla tradicionales.....	82
GRÁFICO 5. Resultados de Resistencia a la compresión de las unidades de arcilla tradicionales	83
GRÁFICO 6. Resultados de Resistencia a la compresión axial de las unidades de arcilla tradicionales	84
GRÁFICO 7. Resultados de Resistencia a la compresión diagonal de las unidades de arcilla tradicionales	85
GRÁFICO 8 Ensayo Erosión Celerada Swinburne Muestra Patrón	86
GRÁFICO 9. Resultados de Variación dimensional de los bloques de arcilla patrón y con incorporación de micelio.....	88
GRÁFICO 10. Resultados del ensayo: Alabeo de la muestra con 25% de micelio y 75% de arcilla.....	89
GRÁFICO 11. Resultados del ensayo : Absorción de unidades con 25% de micelio y 75% arcilla.....	90
GRÁFICO 12. Resultados del ensayo: Resistencia a la compresión de muestra patrón y adiciones de micelio.....	92
GRÁFICO 13. Resultados del ensayo: Compresión axial de unidades de albañilería de muestra patrón mas las adiciones de micelio de hongos.....	93
GRÁFICO 14. Resultados del ensayo: Corte diagonal de muretes artesanales patrón mas las adiciones de micelio de hongos.....	95
GRÁFICO 15. Erosión acelerada para adiciones de micelio de hongos.....	97
GRÁFICO 16. Ensayo de Conductividad Termina en Muestra Patrón + Adiciones de Micelio	99
GRÁFICO 17. Comparación de costos totales de bloques de arcilla artesanales.....	101

Resumen

- El trabajo de investigación titulado El efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico–mecánicas de las unidades de albañilería artesanal pretende plantear una alternativa para mejorar las propiedades escasas de los bloques de arcilla convencionales usando micelio de hongos, así aumentar su producción y gestión social. Primeramente, se evaluó las características generales de la materia prima, para su posterior diseño de mezcla, luego se llevó a elaborar los bloques de arcilla cocida; se dividieron en dos bloques la muestra de control y muestra experimental que tuvieron las dosificaciones de 20%, 25% y 30%, en peso de la mezcla, para así identificar el comportamiento de dichas dosificaciones en las pruebas experimentales. La unidad optima encontrada fue la de 25% micelio y 75% arcilla teniendo como resultados promedio: un peso de 3.58 kg, absorción de 13.21%, erosión acelerada de 0.11 mm, resistencia a la compresión de 65.4 kg/cm², compresión axial de 44.78 kg/cm², corte diagonal 6.69 kg/cm² y con un promedio de conductividad térmica 0.376 w/m °K.

Con respecto al ladrillo patrón se obtuvo los posteriores resultados: una masa de 3.55 kg, absorción de 14.33%, resistencia a la compresión de 55.2 kg/cm², compresión axial de 29.91 kg/cm², corte diagonal de 5.06 kg/cm² y con un promedio de conductividad termina de 0.447 w/m °K. En conclusión, cumpliendo con la NTP e-070 se clasifico como unidad de albañilería para tabiquería y cerco perimétrico, incluso puede ser usado en muros portantes de bajos niveles.

Palabras clave: Unidades de albañilería artesanal, bloques de arcilla con micelio de hongos, pruebas experimentales de bloques de arcilla, propiedades mecánicas de bloques de arcilla.

Abstract

- The present research work, entitled the effect of incorporating fungal mycelium on the physical-mechanical properties of artisanal masonry units, aims to propose an alternative to improve the poor properties presented by conventional bricks using fungal mycelium, thus having an increase in its production and social management. First, the general characteristics of the raw material were evaluated for its subsequent mix design, then the masonry units were prepared; The control sample and the experimental sample that had the dosages of 20%, 25% and 30%, by weight of the mixture, were divided into two blocks to identify the behavior of said dosages in the experimental tests. The optimal unit found was 25% mycelium and 75% clay, with average results: a weight of 3.58 kg, absorption of 13.21%, compressive strength of 65.4 kg/cm², axial compression of 44.78 kg/cm², and diagonal cut. of 6.69 kg/cm². With respect to the brick pattern, the following results were obtained: a weight of 3.55 kg, absorption of 14.33%, compressive strength of 55.2 kg/cm², axial compression of 29.91 kg/cm², and diagonal cut of 5.06 kg/cm². In conclusion, complying with NTP e-070, it was classified as a masonry unit for partition walls and perimeter fencing; it can even be Used in low-level load-bearing walls.

Keywords: Artisanal masonry units, bricks with fungal mycelium, experimental tests of bricks, mechanical properties of bricks

I. Introducción

A medida que pasa el tiempo en nuestro planeta, se ha intensificado el debate sobre la necesidad de avanzar hacia nuevas tecnologías donde se busca incorporar materiales renovables en la construcción a nivel internacional y latinoamericano [1]; esto se debe principalmente al continuo aumento de la población mundial, que genera una mayor demanda de desarrollo urbanístico e infraestructura para cumplir con los estándares de vida [2]. Al expandirse las edificaciones de manera tradicional, se requiere la extracción, transporte y elaboración de numerosos elementos como bloques de arcilla, cemento y maderas; no obstante, estos procesos conllevan altos costos si no se consideran alternativas más viables [3]. Por lo tanto, es necesario fomentar el uso de nuevas tecnologías, que al mismo tiempo satisfagan las crecientes necesidades habitacionales y de servicios básicos de las poblaciones [4].

De manera similar, Las investigaciones realizadas por la empresa Ecovative en Estados Unidos, debaten sobre la actual construcción donde deja huella permanente en el terreno tardando siglos en desintegrarse , esto hace reflexionar sobre que materiales podrían ser una alternativa amigable, donde sale a resaltar los biomateriales que actualmente se encuentran bajo experimentación para ser materiales reemplazantes en construcción civil [6].

En el Perú, esta problemática también es relevante, según [9], el uso de los bloques de arcilla, sea industrial como artesanal, es una de las metodologías de edificación más utilizadas, en particular para la construcción de hogares, representando alrededor del 80% lo que significa que 16 149 82 habitantes residen en viviendas cuyas paredes son de ladrillo o material noble, según la cámara peruana de construcción (CAPECO) muchas de las viviendas usan bloques de arcilla que no cumplen con las características mínimas para su óptimo desempeño útil, siendo más vulnerables ante sismos[10].

En el Departamento de Lambayeque, no es ajeno a esta problemática debido a que existen alrededor de 115 ladrilleras informales que están en funcionamiento actualmente teniendo un promedio según INEI DE 30 a 50 % de viviendas son construidas de bloques de arcilla, por lo que es de suma urgencia que se busquen alternativas viables para mejorar las características de estos insumos y así tener beneficios como el aumento de la eficiencia productiva y de la administración comercial.

Ante esta problemática, surge el interés por evaluar materiales alternativos que puedan reemplazar total o parcialmente al ladrillo de arcilla en la albañilería; y en tal sentido, los biomateriales como son el uso de hongos miceliales han demostrado propiedades mecánicas y físicas prometedoras como material compuesto de construcción [12]. Cabe indicar que, el micelio puede cultivarse sobre residuos agrícolas conformando bio compuestos densos y resistentes, con mínimo impacto ambiental [13]. En la misma línea de ideas, el presente estudio busca evaluar el impacto que tiene la incorporación de micelio de hongos en las características mecánica-física de los bloques de arcilla cocida artesanal; para ello, se elaborarán bloques de arcilla de barro mediante la técnica artesanal tradicional, variando el porcentaje de incorporación de micelio en su formulación. Luego, se someterán a pruebas estipuladas por la norma técnica peruana E-070, para determinar su comportamiento.

Partiendo de esta premisa se busca lograr responder con esta investigación a la pregunta de ¿cuál es el efecto de la incorporación del micelio de hongos sobre las propiedades mecánica-física de los bloques de arcilla Artesanales?

Iniciando con la conveniencia de indagar un biomaterial como el micelio del hongo que influya sobre la sustancia prima común de los bloques de arcilla cocida ; en el sentido de la problemática identificada en la indagación, como una alternativa de hacer frente a la baja calidad de los bloques de arcilla artesanales, el uso del micelio como agregado, es un asunto el cual está en la cúspide durante varios años, un estudio reciente que investigó el valor de la quitina (propiedad del micelio de hongo) encontró que este era lo suficientemente duro con una resistencia a la tracción de 25 MPa [14].

El motivo fundamental para elegir este tema de investigación ha sido el interés por explorar nuevas tecnologías, materiales y métodos constructivos que puedan aportar valor agregado a la ingeniería desde una perspectiva de cambio. En una sociedad en continuo crecimiento, es importante que la ingeniería evolucione al mismo ritmo en cuanto al desarrollo de tecnologías, programas de diseño, modelamiento y digitalización de procesos; sin embargo, a menudo los principios fundamentales como los materiales y procedimientos constructivos permanecen anclados en el pasado. La investigación busca superar esa limitación al practicar estudios previos sobre la incorporación de micelio en bloques de arcilla artesanales de arcilla. Investigaciones anteriores han demostrado mejorar las propiedades mecánicas de estas unidades al adicionar micelio, lo que resulta

muy prometedor, además, al tratarse de un material a base de hongos, su producción demanda bajos niveles energéticos [12], [15], [16]. Los componentes y materia prima son necesarios para su cultivo, ya que son de fácil acceso, por todo ello, el desarrollo de bio compuestos de micelio aplicados a la albañilería constituye una evolución con gran potencial para avanzar hacia sistemas constructivos más amigables con el ambiente [17].

El estudio pretende analizar la posibilidad de unir materias primas tradicionales con micelio en la producción de unidades de albañilería, con el fin de promover la economía en este sector, ante lo cual, el micelio presenta ventajas significativas, como una mayor resistencia al agua y a la compresión, accesibilidad en su adquisición[18]; Conjuntamente a estas ventajas prácticas, este estudio también contribuye al avance del conocimiento en el campo de las nuevas tecnologías aplicadas a los materiales de construcción. La justificación teórica radica en la utilidad que esta investigación proporcionará a futuros estudios, tanto a nivel nacional como internacional; asimismo, se espera que los resultados de esta investigación aporten valiosos conocimientos tanto al investigador como a la comunidad científica en general.

El objetivo general de la investigación es evaluar el efecto de la incorporación del micelio de hongos en las propiedades mecánica-física de las unidades de albañilería artesanal; como objetivos específicos se tiene: explicar el proceso de aplicación de la incorporación del micelio de hongo en las unidades de albañilería artesanal; determinar el efecto de la incorporación del micelio de hongos en las propiedades físicas de las unidades de albañilería; identificar el efecto de la incorporación del micelio de hongos en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería; identificar la dosificación adecuada de la incorporación del micelio de hongos en las unidades de albañilería artesanal; y evaluar en qué condiciones climáticas es recomendable emplear los bloques de arcilla artesanales bajo la incorporación del micelio de hongos.

II. Revisión de literatura

2.1. Antecedentes

En el contexto internacional, [6] evaluó el potencial del micelio como bio compuesto para mejorar las características mecánicas y físicas de los bloques de arcilla, con la finalidad fue explorar aplicaciones sostenibles del micelio en arquitectura. La metodología consistió en un diseño experimental comparando bloques de arcilla de adobe con y sin incorporación de micelio; se fabricaron 36 bloques de arcilla, 18 como grupo control y 18 con adición de micelio; las propiedades evaluadas fueron la resistencia a compresión, absorción de agua, densidad aparente y conductividad térmica. El análisis de datos se realizó con pruebas estadísticas para comparar los grupos. De acuerdo con sus resultados, la incorporación de micelio incrementó la resistencia a compresión en un 65% (de 10,5 MPa a 17,3 MPa); también mejoró la densidad aparente en un 23% (de 1680 kg/m³ a 2070 kg/m³) y redujo la absorción de agua en un 31% (de 23% a 16%); la conductividad térmica se mantuvo casi igual. En conclusión, el estudio demostró que el micelio puede mejorar significativamente las características físicas y mecánicas de los bloques de arcilla cocida.

En esta investigación [11], tuvieron el propósito realizar una revisión crítica sobre el uso de micelio de hongos como material compuesto para construcción; con la finalidad de analizar sus propiedades y aplicaciones potenciales. La metodología consistió en una revisión bibliográfica de estudios sobre materiales compuestos de micelio; analizaron aspectos como preparación, propiedades mecánicas, durabilidad y sustentabilidad en los bloques de arcilla. Los resultados indican que, la incorporación de micelio puede mejorar propiedades como la resistencia a compresión, la adición de micelio en porcentajes del 15-30% puede aumentar la resistencia a compresión en un 20-56% en comparación con bloques de arcilla térmicos sin micelio; la resistencia a flexión, entre un 15-35%; densidad aparente, en un rango de 10-25%, lo que contribuye al mejoramiento de la resistencia en los bloques de arcilla; absorción de agua, la presencia de micelio puede disminuir la absorción térmica.

En el mismo sentido, la investigación de [1], mediante una revisión sistemática de literatura sobre el uso de micelio en bloques de construcción alternativos, con la finalidad fue analizar su efecto en la resistencia; utilizó una búsqueda en bases de datos para identificar estudios relevantes, seleccionando 15 artículos que cumplieran criterios como fecha de publicación y keywords. Los resultados indicaron que, la incorporación de micelio puede

aumentar la resistencia a compresión entre un 20% y 65% según la concentración utilizada; en promedio, con el 55% de micelio se obtuvo un incremento del 32% en resistencia. Las conclusiones señalan que el micelio actúa como refuerzo de la matriz, mejorando propiedades mecánicas, sin embargo, se requiere optimizar concentraciones según el material.

En el ámbito nacional, tal como señala [20], con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de bloques de arcilla de cemento para uso en viviendas. Empleó una metodología bajo un diseño experimental con una muestra de 36 bloques de arcilla, 18 control y 18 con 25% de micelio. Evaluando resistencia a compresión, absorción y densidad; el análisis fue estadístico con T de Student. En sus resultados reportó que, la incorporación de 5% de micelio incrementó la resistencia a compresión de 65 kg/cm² a 82 kg/cm², equivalente a un aumento del 26%; la absorción de agua disminuyó de 11.3% en los bloques de arcilla patrón a 10.1% en los bloques de arcilla con micelio; lo cual representó una reducción del 11% en la absorción; la densidad se incrementó de 1680 kg/m³ en el grupo control a 1820 kg/m³ en el grupo con micelio, correspondiente a un aumento del 8%; el micelio redujo el alabeo de los bloques de arcilla de cemento en un 32%, pasando de un promedio de 5 mm a 3.4 mm; y no se encontraron diferencias significativas en la conductividad térmica entre los dos grupos evaluados.

Según la investigación de [7], cuyo objetivo fue determinar la influencia del aserrín en las propiedades de bloques de arcilla artesanales de arcilla para establecer su efecto óptimo como aditivo; la metodología consistió en elaborar 240 bloques de arcilla con 0%, 10%, 15% y 20% de aserrín (60 por grupo). Se midió resistencia a compresión, absorción, densidad y variación dimensional. Sus resultados evidencian que, la resistencia disminuyó significativamente al aumentar el contenido de aserrín, desde 91 kg/cm² en los bloques de arcilla sin aserrín, hasta 35 kg/cm² en los bloques de arcilla con 20% de aserrín; la absorción de agua se incrementó de 12% en los bloques de arcilla patrón a 18% en los bloques de arcilla con 20% de aserrín; la densidad se redujo de 1850 kg/m³ sin aserrín a 1560 kg/m³ con 20% de aserrín; la incorporación de aserrín aumentó la variación dimensional de los bloques de arcilla desde 0.8% hasta 3.1% con 20% de aserrín; y el alabeo de los bloques de arcilla también se incrementó con mayor contenido de aserrín, desde 2 mm hasta 5 mm. Concluyendo que, el incremento en la proporción de aserrín perjudicó las propiedades físico-mecánicas evaluadas en los bloques de arcilla artesanales de arcilla.

Por su parte, la investigación de [21], tuvo el fin de indagar y comparar las características mecánicas y físicas de los bloques de arcilla elaborados con materiales reciclados y materiales convencionales en la ciudad de Moquegua. La investigación consistió en elaborar 36 bloques de arcilla, 18 con material reciclado (botellas PET) y 18 con material convencional (arcilla). Se evaluó resistencia a compresión, absorción, densidad y alabeo. El análisis fue descriptivo comparando los resultados. En sus resultados evidencia que, los Bloques de arcilla reciclados presentaron menor resistencia a compresión (35 kg/cm²) que los convencionales (52 kg/cm²); la absorción fue mayor en los reciclados (17%) versus los convencionales (12%); la densidad fue menor en los reciclados (1620 kg/m³) respecto a los convencionales (1860 kg/m³); y el alabeo fue similar en ambos. En síntesis, la investigación comparativa evidencia que los bloques de arcilla de material reciclado presentan propiedades inferiores a las de los bloques de arcilla de arcilla convencionales en el contexto evaluado.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Bloques de Arcilla cocida

Los bloques, también conocidos como unidades de albañilería, pueden estar formados por tierra calcinada, sílice-cal o masas de hormigón [22]; también pueden ser huecos, alveolares, macizos o tubulares [23]. Su utilidad se debe a que su tamaño es ideal para la mano humana, utilizado como material de construcción desde la antigüedad, primero producido en su forma bruta, conocida como adobe [21].

2.2.2. Bloques de arcilla Cocida

Se conocen como bloques de arcilla de arcilla, bloques de cerámica o bloques de arcilla cerámicos; pueden ser macizos, perforados o tubulares; y pueden producirse industrial o manualmente; como resultado, la diversidad, calidad y variación son casi infinitas [23]. Las unidades de arcilla tienen una tonalidad constante que va del amarillo al rojo [24].

2.2.3. Arcillas para la fabricación de los Bloques de arcilla cocida

Los bloques de arcilla cocida fabricados con arcillas sedimentarias o superficiales, que incluyen un 33% de arena y limo, se secan y queman con menos contracción y rotura que los fabricados con otros tipos de arcilla [10]. Las arcillas deben tener una consistencia plástica y la capacidad de combinarse cuando se calientan, por ello, el producto acabado no debe presentar grietas [7]

2.2.4. *Fabricación de los Bloques de arcilla*

De acuerdo con [22], el proceso de fabricación implica los siguientes pasos debido a la amplia gama de apariencias, resistencias y tamaños posibles según el tipo de unidad que se produzca. En la cantera artesanal se utilizan picos, palas y carros, mientras que en la cantera industrial se utiliza maquinaria pesada; la tierra se sacude con mallas de acero, que dejan caer las 22 piedras y otros residuos; la trituración a mano es típica del método artesanal, mientras que en el industrial se utilizan molinos [10]. La tierra se mezcla mediante dosificadoras de peso y amasadoras utilizadas en un entorno industrial, o simplemente añadiendo agua y arena y dejándola reposar durante 24 horas. Manualmente, la pasta se vierte con fuerza sobre moldes; industrialmente, se utilizan extrusoras y cortadoras. El apilamiento manual de las piezas o el secado industrial en un horno programable son opciones viables para el secado; la combustión se realiza en hornos abiertos que utilizan madera o aceite como combustible [7]. Como resultado, las resistencias de las unidades inferior y superior del horno serán diferentes entre sí en más de un 100%.

2.2.5. *Clasificación de Bloques de acuerdo con su Unidad de Albañilería*

- **Unidad de albañilería hueca:** Aquellos que no soportan cargas superiores a su propio peso, usado en la fabricación de muros, estos bloques de arcilla tienen agujeros específicos en uno de sus lados, tiene un área total mínima de 70%, por lo cual Reduce los pesos y volúmenes de los materiales utilizados [24].
- **Unidades de albañilería sólida o maciza:** Se entienden los bloques de arcilla que tienen al menos el 70% de su superficie total en el mismo plano que la superficie de colocación [9]. En otras palabras, según la norma de albañilería E.070 [25] [10], las "unidades sólidas" incluyen no sólo las que están completamente desprovistas de cavidades, sino también las que contienen cavidades dentro de un límite definido.
- **Unidad de albañilería perforado:** Son Bloques de arcilla con agujeros teniendo un área de 10 % o más en su superficie, esta mampostería se usa a menudo para fachadas residenciales [23]. Si la superficie es inferior al 10%, es una unidad maciza también denominado ladrillo ligero, además, las unidades permiten que el concreto y el mortero penetren fácilmente en los agujeros existentes y son muy duraderos, lo que los hace ideales para paredes [7].

- **Unidad de albañilería tubular:** Son bloques cuyos alvéolos son distintos a los de las unidades macizas, huecos o perforados, siendo semejante a las láminas y ayudan a reducir el peso de los muros [7].

Tabla I. Limitaciones de las unidades de albañilería en su uso estructural

PROBABILIDAD DE APLICACIÓN				
Tipo	Muro en zona sísmica		Muro en Zona No sísmica	
	Portante	No portante	Portante	No portante
Solido	Optima	Aplicable. Pero muy pesada y costosa	Óptima para cargas elevadas	Aplicable, pero muy costosa
Hueca	No aplicable tal cual, optima si se llenan alveolos con concreto liquido	Optima	Aplicable	Optima
Perforada	No aplicable salvo que el área alveolar sea 30% o menos que el área bruta.	optima	aplicable	optima
Tubular	No aplicable	Optima	No aplicable	Optima

2.2.6. Tipos de Bloques de arcilla Según la Norma E070

De acuerdo con la NTP E070 “Albañilería” [25], indica que las unidades de albañilería están divididas en 5 puntos, según su resistencia y características de durabilidad, son las siguiente:

- Tipo I.- Se utiliza en casos donde la durabilidad y resistencias no son óptimas, se aplica en uso de edificaciones de mampostería cumpliendo con parámetros de funcionalidad mínimo.
- Tipo II.- Se utiliza en casos donde la durabilidad y resistencias no son óptimas, se aplica en uso de edificaciones de mampostería cumpliendo con parámetros de funcionalidad controlada.

- Tipo III.- Se utiliza en casos donde la durabilidad y resistencias son medias, se aplica en uso de edificaciones de mampostería cumpliendo el uso convencional.
- Tipo IV.- Se emplea en caso se necesitan materiales de construcción con alta resistencia y durabilidad, se suele emplear. se aplica en uso de edificaciones de mampostería cumpliendo el uso exigente.
- Tipo V.- Este tipo es idóneo para edificaciones de exigencias severas, gracias a su gran resistencia y durabilidad.

Tabla II. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

clase	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentajes)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESION f'b mínimo en MPA (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Hasta 150mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.9(50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.9(70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.3(95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.7(130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.6(180)
Ladrillo P	±4	±3	±2	4	4.9(50)
Ladrillo NP	±7	±6	±4	8	2.0(20)

2.2.7. *Propiedades de las Unidades de Albañilería pendiente*

Comprender las características mecánicas y físicas de los bloques de arcilla es crucial para caracterizarlos y evaluarlos, de modo que podamos hacernos una idea de la posible resistencia y durabilidad de estas piezas [24]. Estos dos factores, junto con los resultados de los ensayos realizados con los bloques de arcilla, nos dan una buena indicación de la calidad del ladrillo. A continuación, se describen las características mecánicas y físicas de las unidades de mampostería utilizadas en la realización de este estudio:

2.2.7.1. *Propiedades mecánicas de los bloques de arcilla.*

- **Esfuerzo a la compresión:** una de las características mecánicas más importantes de los bloques de arcilla es su tensión de compresión, o resistencia a la tensión de compresión de los bloques de ladrillo (f'b), porque esta propiedad no sólo nos

permite hallar la resistencia del elemento estructural, sino que también nos permite evaluar otras propiedades de los bloques de arcilla, quizá no cuantitativamente, pero sí cualitativamente [10]. De acuerdo a [26] y [27], la compresión axial de las unidades se mide mediante la resistencia característica (f_b), se le resta la media y la desviación típica de los ensayos, se obtiene la compresión axial de las unidades.

- **Esfuerzo a la tracción:** dado que el alabeo mide la resistencia a la tracción indirectamente a través de la compresión por flexión, esta característica se utiliza para evaluar la resistencia a la tracción [21]. La resistencia a la compresión es una medida de la calidad del producto acabado, al igual que los demás atributos que hemos estado comentando; sólo en los casos en los que se vayan a utilizar unidades de tipo IV o V, o cuando haya una cantidad significativa de alabeo que pueda influir en el ladrillo en un defecto de tracción pero por flexión, debe examinarse este atributo [28].

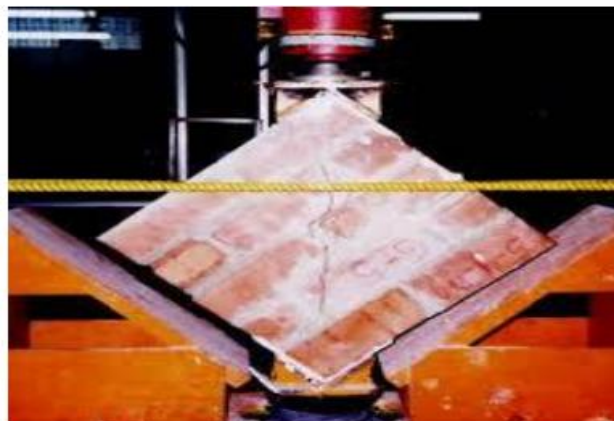


Figura 1. Ensayo de Resistencia a esfuerzos de compresión diagonal en muros de albañilería

- **Resistencia axial:** La resistencia axial se refiere a la capacidad de un material o estructura para resistir cargas aplicadas en línea recta a lo largo de su eje principal, es decir, en la dirección de su longitud. En el contexto de la resistencia de materiales y la ingeniería estructural, la resistencia axial se evalúa para determinar si una estructura o componente puede soportar las cargas de compresión o tracción sin fallar. La carga axial, se refiere a la fuerza aplicada en línea recta a lo largo del eje principal de un material o componente y su factor de seguridad, se utiliza para garantizar que la resistencia axial de un material o

estructura sea suficiente para soportar las cargas previstas, con un margen de seguridad para evitar el colapso.

2.2.7.2. Propiedades físicas de los bloques de arcilla

La clasificación estructural de los bloques de arcilla en función de su material permite extraer sus cualidades físicas mediante la observación y la medición [20]. Asimismo, tiene requisitos obligatorios, que según la NTP E070, se debe cumplir con los ensayos para su correcta definición.

- **Variación dimensional:** como el grosor de la junta horizontal en un muro de mampostería se fija en el momento de colocar los bloques de arcilla, este atributo físico es importante [7]. La Norma NTP 331.018 [26], especifica las medidas (cm) de largo, ancho y altura ($L \times b \times h$) y porcentaje (%), correspondiente el largo y el ancho a la superficie de asiento.

Al mismo tiempo, esta característica permite que su cuantificación proporcione información sobre la probable integridad estructural del muro en construcción, esto se debe al hecho de que, a medida que aumenta la variación dimensional del ladrillo, también lo hace el espesor de la junta, lo que provoca una reducción de la resistencia de los muros de albañilería a los esfuerzos de compresión y cizalladura.

- **Alabeo:** este ensayo de deformación es necesario porque permite determinar la anchura de la junta de albañilería; además, esta prueba es un complemento de la que trata de la diversidad de dimensiones de los bloques de ladrillo [21]. Permite detectar huecos en las juntas horizontales, cuya influencia en las características finales de los muros de albañilería se reconoce. Según la Norma NTP 331.018, esta distorsión puede aparecer en la unidad de fábrica de ladrillo como una configuración cóncava o convexa (mm) [26]. Un mayor grado de concavidad o convexidad en las unidades de mampostería provoca la expansión del espesor de la junta, como resultado, se producen vacíos en los espesores basados en el mortero, lo que reduce el área de contacto entre el ladrillo y el mortero; debido a la presión impuesta, esto puede crear fallos en las hiladas inmediatamente superiores del muro de albañilería [24].



Figura 2. Determinación de la variación dimensional de un ladrillo macizo

- **Absorción:** La palabra "absorción" se refiere al grado de impermeabilidad de una unidad de mampostería, es fundamental que esta cifra no supere el 22%, ya que ello indica que la unidad es porosa [22]; como resultado, la unidad ofrecerá una resistencia insuficiente a la intemperie, ya que impedirá una buena conexión entre los dos materiales al absorber el agua presente en el mortero durante la construcción del muro [23]. Cabe mencionar que, las Normas Peruanas limitan la proporción de absorción, esto se debe a que, como se dijo anteriormente, la intemperie es el factor determinante de la resistencia de un ladrillo a condiciones climáticas desfavorables, y los bloques de arcilla porosos son menos resistentes a este proceso [9], [26], [27]. Además, cabe mencionar que este elemento específico no se tiene en cuenta cuando se aplican productos químicos especiales a los muros para protegerlos de la degradación.

Entre los Recursos Complementarios No Obligatorios se encuentran los requisitos que son ligadas al tiempo y capacidad de la tierra donde se utilizarán [24], como se muestra:

- ✓ La absorción, se utiliza un valor para evaluar la permeabilidad de las unidades.
- ✓ La absorción máxima, la capacidad de retener líquido en una unidad de albañilería.
- ✓ El Coeficiente de Saturación, es la capacidad de absorción de agua, una característica clave de la unidad de albañilería, un coeficiente menor a 0.80 indica que el material es poco absorbente, lo que lo hace adecuado para diferentes climas o condiciones de intemperie. Por otro lado, si el coeficiente es de 1 o más, el material es muy absorbente y solo se puede utilizar si se protege con recubrimiento.

- **Conductividad térmica:**

- ✓ **Definición:**

La conductividad térmica se refiere a la capacidad de un material para transmitir calor. En términos simples, indica qué tan eficientemente un material puede conducir el calor cuando hay una diferencia de temperatura entre dos puntos.

Cuando un material tiene alta conductividad térmica, puede transferir el calor rápidamente, mientras que un material con baja conductividad térmica lo hace más lentamente. Esta propiedad es crucial en diversas aplicaciones, desde el diseño de materiales de construcción hasta la fabricación de dispositivos electrónicos.

La unidad estándar para medir la conductividad térmica es el vatio por metro kelvin (W/m·K).

La fórmula para calcular el coeficiente de conductividad térmica es la siguiente:

$$\lambda = \frac{pot * L}{A * [(T_{caliente} - T_{fria})]}$$

Donde:

- λ = Coeficiente de conductividad térmica (W/(m.°K), J/ (s. m.°K))
- Pot = Potencia o flujo de calor total a través de la pared (W, Joule/s)
- L = Espesor que atraviesa el calor (m)
- A = Área por donde se suministra la placa caliente (m²)
- $T(caliente)$ = Temperatura de la placa caliente (°K)
- $T(fria)$ = Temperatura de la placa fría (°K)

- ✓ **Clasificación De Los Materiales Aislantes Térmicos:**

Clasificación por tipo de material según su capacidad de aislamiento térmico:

- Buenos aislantes: Coeficiente de conductividad térmica entre 0.043 y 0.288.
- Moderados aislantes: Coeficiente de conductividad térmica entre 0.288 y 0.721.
- Pobres aislantes: Coeficiente de conductividad térmica superior a 0.721.

✓ **Potencia o flujo de calor**

Para calcular la potencia en el contexto de la conductividad térmica, puedes usar la ley de Fourier, que relaciona la cantidad de calor transferido a través de un material con su área de sección transversal, la diferencia de temperatura a través del material y su conductividad térmica. La fórmula es:

$$P = k * A * \frac{\Delta T}{d}$$

Donde:

- P es la potencia (en vatios).
- k es la conductividad térmica del material (en W/m·K).
- A es el área de sección transversal a través de la cual se está transfiriendo el calor (en metros cuadrados).
- ΔT es la diferencia de temperatura a través del material (en grados Celsius o Kelvin).
- d es el espesor del material (en metros).

✓ **Equipo para ensayo de conductividad térmica**

Se ha diseñado un equipo eléctrico para evaluar la conductividad térmica de los bloques de arcilla, siguiendo las pautas establecidas por la norma ASTM C177-13, titulada "Método de Ensayo Estándar para la Medición del Flujo de Calor en Estado Estacionario y Propiedades de Transmisión Térmica mediante el Dispositivo de Placa Caliente Guardada". Este dispositivo, conocido como el aparato de placa caliente guardada, está destinado a medir y verificar la conductividad térmica de materiales secos que se someten a pruebas. El método implica la medición del flujo de calor en estado estacionario a través de una superficie plana de material homogéneo. Durante este proceso, una cara del ladrillo se coloca en contacto con una placa caliente de aluminio, mientras que en el otro lado del material se sitúa una placa fría.

✓ **Adaptación del equipo Eléctrico:**

Los bloques de arcilla que se van a someter a ensayos para determinar su conductividad térmica deben estar protegidos de la temperatura ambiente. Esto es crucial para garantizar que la temperatura del entorno no interfiera con los datos recopilados por las termocuplas, que se colocan en las placas de aluminio.

El material aislante utilizado para este propósito, en este caso el Tecnopor, evita que la temperatura ambiente influya en la temperatura de los bloques de arcilla. Por lo tanto, los bloques de arcilla deben estar aislados dentro de la cámara con la temperatura que prevalece en su interior.

Como se ilustra en la figura adjunta, los bloques de arcilla que se van a ensayar se disponen dentro de la cámara siguiendo un orden específico: primero se coloca la placa fría de aluminio, luego el ladrillo de arcilla, seguido por la placa caliente de aluminio. Encima de esta última se coloca otro ladrillo de arcilla, de dimensiones idénticas al primero. Finalmente, se coloca la segunda placa fría de aluminio.

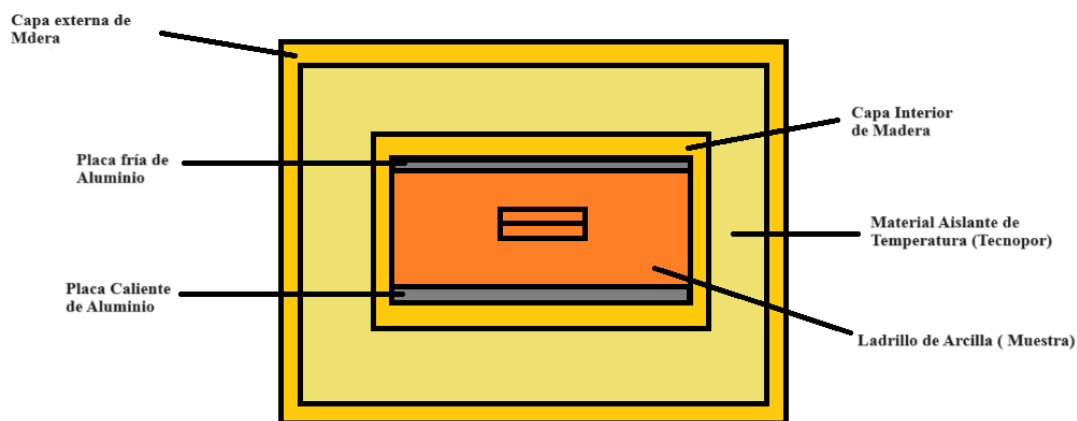


Figura 3 Diseño de equipo para conductividad térmica.

Fuente: Elaboración Propia

La temperatura de la placa caliente de aluminio aumenta, lo que provoca la transferencia de calor a los bloques de arcilla. Después de transcurrir un cierto tiempo, como resultado del flujo de calor en los bloques de arcilla, se registra la temperatura en la placa fría de aluminio. En ese instante, se procede a tomar medidas de temperatura con los sensores correspondientes. Estos datos se emplean en la relación matemática que define el coeficiente de conductividad térmica (λ) para determinar esta propiedad física.

✓ **Equipos externos:**

a) Termocupla tipo K:

Las termocuplas se destacan como los sensores de temperatura más comúnmente utilizados en entornos industriales. Consisten en dos alambres de materiales diferentes que se fusionan en un extremo, generalmente mediante soldadura. Cuando se aplica temperatura en el punto de unión de estos metales, se genera un voltaje muy bajo, conocido como efecto Seebeck, que generalmente oscila en el rango de los milivoltios y aumenta conforme aumenta la temperatura.

Entre los tipos de termocuplas, la variante tipo K es ampliamente empleada en aplicaciones de fundición y en hornos que operan a temperaturas inferiores a 1300 °C. Por ejemplo, se utiliza en la fundición de cobre y en hornos destinados a tratamientos térmicos.



Figura 4 Termocupla tipo K para placa fría y placa caliente

Fuente: Elaboración Propia

b) Unidad de calefacción:

La sección calefactora del equipo eléctrico está constituida por una placa de aluminio. Esta placa se calienta mediante la energía eléctrica que se suministra a la resistencia alojada en su interior. De acuerdo con la norma ASTM C177-13, se recomienda el uso de aluminio para esta placa metálica debido a su alta conductividad térmica y sensibilidad al calor.

Es fundamental que la placa de aluminio tenga las mismas dimensiones que una de las caras de la unidad de albañilería, de manera que el ladrillo y la placa de aluminio estén en contacto directo. La función principal de la placa de aluminio es calentar la cara de la unidad, facilitando que el calor se transfiera a través del cuerpo del ladrillo, lo que nos permite evaluar la propiedad física de la conducción del calor.

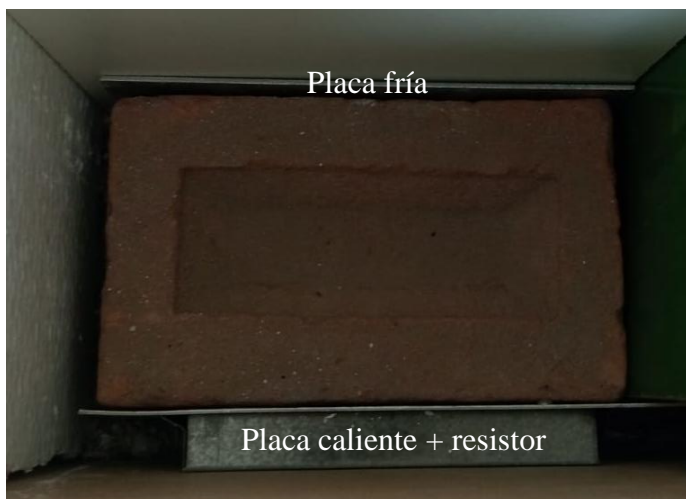


Figura 5 Placas de aluminio (Fría y Caliente) de 23 x 12 x 9 cm
Fuente: Elaboración Propia

La placa contiene un resistor que se calienta al conectarse a una fuente de energía de voltaje alterno. No obstante, es fundamental ajustar el voltaje suministrado al resistor desde la fuente de energía para garantizar una potencia constante y bien definida.



Figura 6 Fuente de voltaje alterno en placa caliente.

Es imprescindible determinar la resistencia eléctrica del resistor que se encuentra en la placa de aluminio para poder ajustar el voltaje proveniente de la fuente de energía eléctrica según sea necesario. Una vez establecido este voltaje ajustado, podemos calcular la potencia eléctrica utilizando la ley de Ohm. La energía eléctrica suministrada a la placa de aluminio se convierte en energía térmica debido al efecto Joule. Este calor generado se transfiere de una cara del ladrillo a la otra a través de la conducción térmica. Por lo tanto, podemos medir las temperaturas en estas caras utilizando un sensor de temperatura.

c) **Multímetro Digital 600vac:**

Es necesario para encontrar la potencia eléctrica a través de la ley de Ohm, mediante la resistencia y voltaje obtenido de este equipo.



Figura 7 Multímetro Digital UT-33A +

- **Erosión Acelerada Swinburne:**

- ✓ **Concepto:**

El objetivo del ensayo es evaluar la resistencia al desgaste, simular y acelerar los efectos de la erosión que un material experimentaría en condiciones de uso real, como en equipos mecánicos, componentes industriales expuestos a ambientes corrosivos o en estructuras sometidas a la acción del viento y la lluvia. Aquí hay una descripción general de la teoría detrás del ensayo:

- Principio de la erosión: La erosión se produce cuando las partículas abrasivas impactan contra la superficie de un material, causando la remoción de material debido a la fricción y el desgaste. Este proceso puede ser causado por varios factores, como la acción del viento, el agua, la arena, la granalla metálica u otros agentes abrasivos.
- Deterioro de la superficie: Durante el ensayo de erosión acelerada, se simula este proceso de desgaste sometiendo una muestra del material a una corriente de partículas abrasivas a alta velocidad. Esta acción provoca la pérdida gradual de material de la superficie de la muestra.
- Evaluación de la resistencia al desgaste: El objetivo del ensayo es evaluar la resistencia del material a este tipo de desgaste y determinar su capacidad para resistir la erosión en condiciones reales. Esto puede medirse mediante la cantidad de material removido, la tasa de desgaste o la pérdida de masa de la muestra después de un período de exposición a la erosión.
- Factores influyentes: La resistencia al desgaste de un material puede depender de varios factores, como su dureza, su microestructura, su composición química, su rugosidad superficial y la energía cinética de las partículas abrasivas. Estos factores pueden influir en la capacidad del material para resistir el desgaste y la erosión.

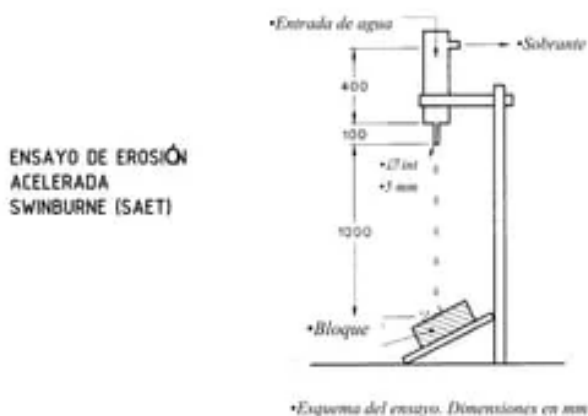


Figura 8 Ensayo de erosión acelerada swinburne.

Fuente: SAETI

Tabla III. Requisitos complementarios: absorción máxima y coeficiente de saturación

Tipo de ladrillo	ABSORCIÓN MAXIMA EN (%)	COEFICIENTE DE SATURACIÓN (MAXIMA EN %)
I	Sin limite	Sin limite
II	Sin limite	Sin limite
III	25	0.9
IV	25	0.88
V	25	0.88

Nota 1: El ensayo de absorción máxima solo es exigible cuando el ladrillo está en contacto directo con lluvias intensas, terreno o agua.

Nota 2: El ensayo de coeficiente de saturación solo es exigible para condiciones de intemperie severo.

2.2.8. Aceptación de la Unidad según la N.T.P. E070-2019

Según la N.T.P. E070-2019, estipula, la calidad de un ladrillo está determinada por su apariencia y las variables medidas por las pruebas [25].

- Si la diferencia en los valores del efecto de la muestra (coeficiente de variación) supera el 20 % para los bloques de arcilla en fábrica y el 40 % para las unidades hechas a mano, pruebe otros bloques de arcilla y, si persiste esta diferencia de valores, los resultados son los siguientes. Se desecha un lote de bloques de arcilla.
- Los valores de absorción no superan el 22% para las unidades arcillosas y silíceas. La tasa de absorción de los bloques de hormigón de clase no es superior a 12. La tasa de absorbencia de la muestra de cemento NP es inferior al 15%.
- No debe haber objetos extraños como conchas, guijarros, terrones de cal dentro o sobre el ladrillo.
- Los bloques de arcilla de adobe están bien horneados, de color uniforme y sin esmaltar y presentar un sonido metálico.
- Los bloques de arcilla deben estar libres de roturas, grietas, grietas y defectos similares que afecten su resistencia y durabilidad.
- Los bloques de arcilla deben estar libres de manchas y marcas de origen salino o de naturaleza similar.

2.2.8.1.Limitaciones de las unidades de albañilería para su aplicación estructural.

De acuerdo con [9], la muestra de una serie de pruebas ensayadas para resistencia a la compresión de diversas unidades para mampostería estudiadas es característicos del comportamiento frágil a fallar. Las unidades que mostraron conducta dúctil fueron bloques de arcilla sólidos, en cambio otros mostraron falla frágil o explosiva y podrían usarse como elementos individuales o elementos de paredes, como consecuencia, las unidades tubulares son restringidos para trabajar como muros de carga; no obstante, las unidades huecas o perforados, están permitidos bajo ciertas condiciones, especialmente dependiendo de las zonas sísmicas. En tal sentido, los bloques de arcilla huecos absorben más ductilidad cuando se le aplica el procedimiento de grout (liquid concrete) por lo que cambia su conducta:

Tabla IV. Limitaciones en el uso de las unidades de albañilería para fines estructurales

Tipo	Zona sísmica 2 y 3		Zona sísmica 1
	Muros portantes en edificaciones de 4 pisos a mas	Muros portantes en edificaciones de 1 a 3 pisos.	Muro portante en todo edificio
Solido artesanal	NO	SI hasta dos pisos	SI
solido industrial	SI	SI	SI
Alveolar	sí (celdas totalmente rellenas con grout)	Si (celdas parcialmente rellenas con grout)	SI (celdas parcialmente rellenas con grout)
Hueca	NO	Optima	SI
Tubular	NO	Optima	SI hasta dos pisos

2.2.9. *Micelio de hongos*

Tal como explica [1], [15], [29] el hongo es un organismo compuesto por dos partes; el micelio es la fracción interna constituida por pequeños hilos que coloquialmente se les dice raíces, pero se denominan hifas y la seta es la parte visible del hongo. Puede adquirir la forma del molde siendo un material 100% orgánico y biodegradable, teniendo una textura muy fuerte.

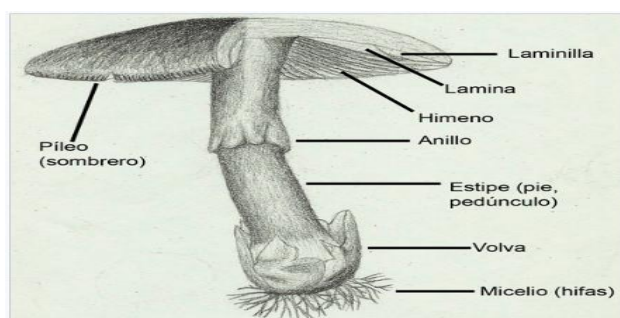


Figura 9. Anatomía de las setas

Asimismo, [30], [31] indican que estos son saprofitos que degradan material lignocelulósico orgánico para alimento, por lo tanto, debe entrar en contacto con sustratos ideales como paja cáscaras de coco, cáscaras de arroz, cartón, virutas y astillas de madera. Estos residuos contienen altos porcentajes de celulosa (polímero natural) y lignina, que mejoran las propiedades mecánicas del material [32].

Las características del micelio son sorprendentes, con excelentes propiedades mecánicas como baja absorción, resistente, buen aislante térmico, siendo un elemento sólido ideal como elemento de construcción [33]. Cuando se secan, las fibras procesadas se utilizan como material de construcción teniendo características mecánicas óptimas para su desempeño estructural [34].

Algunos de los beneficios del derivado del micelio son [35]:

- Materiales económicos
- Aislante térmico
- Es higroscópico (baja absorción)
- Buena resistencia

2.2.9.1. Propiedades del micelio de hongos

a. Del sustrato:

Según [36], la selección de sustratos respecto a la adquisición de hongos es sumamente importante, debido a que las especies crecen dependiendo del sustrato, se necesita investigación para seleccionar su composición. En el mismo sentido, para [37], el medio debe contener las aportaciones adecuadas para el desarrollo de este; así también para influir en las capacidades mecánicas que necesita la composición del micelio después de que ha crecido [38]. Generalmente se necesita cultivar el micelio *Ostreatus* en un medio grande; donde los materiales más utilizados como fuente de carbono fueron: algodones, avenas, paja de trigo entre otros cereales etc., provenientes del árbol abedul donde crece en estado natural [39].

En los últimos años, se presenta una mezcla para producir *Pleurotus* en diferentes desechos agrícolas, como la cáscara de maíz, entre otros residuos industriales de papeleras, su densidad varía de 60 a 300 kg/m³; en los subproductos agrícolas como trigo o paja, su densidad es de 60 a 130 kg/m³; y por último, los compuestos que contienen sustratos de subproductos como aserrín tienen una densidad más alta de 80 -300 kg/m³ [40].

b. Propiedades Mecánicas

Investigar la influencia del aglutinante de micelio en el rendimiento mecánico es de suma importancia, ya que sirve como sustituto viable de las resinas sintéticas. A menudo, se le responsabiliza del inadecuado rendimiento mecánico de los composites de micelio, como se describe en [40], investigaciones recientes sobre la utilidad de la quitina en los derivados del micelio han revelado que este aglutinante es extremadamente resistente, con resistencias a la tracción de 25 MPa y 200 MPa para el extracto del cuerpo fructífero [34], [36], [41]. En una línea similar [32] afirma que, la especie de hongo afecta al comportamiento mecánico del sustrato, influyendo así en el comportamiento del material, debido a que la descomposición de elementos complejos como la celulosa o la lignina tiene lugar en la fase termófila, mientras que los azúcares básicos se descomponen en la fase mesófila.

2.2.10. Usos del micelio como material de la construcción

2.2.10.1. Bloques de arcilla ecológicos:

En acuerdo a los argumentos de [33] y [43], los hongos presentan redes de una especie de hilos que juntos forman los micelios, en su estructura celular tiene la presencia de quitina; siendo este punto, el hincapié para diferenciarlo de otros elementos ya que tiene como beneficios la resistencia mecánica y rigidez, al ver el efecto que tiene este micelio se busca mejorar las propiedades normales como la compresión, sin olvidar que para el correcto desarrollo del micelio se debe tener en cuenta lo siguiente [29]:

- Para el crecimiento micelar: temperaturas entre los 23 y 32° C con una óptima de 28° c
- Humedad del sustrato entre 60 y 70%
- Humedad relativa entre 80 y 90%.

En teoría de que, la mampostería es la clasificación de los bloques de arcilla en sus diferentes tipos como solidos o huecos, identificamos que los bloques de arcilla ecológicos a base de los micelios de hongos se clasifican como un ladrillo no estructural, por lo que servirían para el uso interno como son muros que soportan nada más su peso [2]. Asimismo, estos bloques de arcilla ecológicos cuentan con las siguientes características: absorción al agua, resistencia mecánica a la compresión y otras características como resistencia al fuego y a la humedad. son termo acústicos y sismo resistente [12].

2.2.10.2. Bloques estructurales y paneles aislantes para fachadas

Dependiendo de la cepa de micelio y del sustrato utilizado, el resultado final puede convertirse en paneles aislantes, muebles, accesorios, textiles, materiales de embalaje y bloques, todos ellos con excelentes características térmicas, acústicas y de resistencia al fuego [31]. Estudios científicos [14], [18], [32], [33], han demostrado que los compuestos a base de micelio tienen cualidades físicas y mecánicas similares a las del poliestireno expandido (comúnmente conocido como espuma de poliestireno), al tiempo que presentan un mayor nivel de biodegradabilidad. Adicionalmente de las consideraciones del sustrato lignocelulósico, las especies fúngicas seleccionadas y su crecimiento continuado tienen un impacto considerable en las cualidades de un bio compuesto a base de micelio [11], así, la composición y la estructura del sustrato influyen en la consistencia del micelio [34].

Ecovative Design, por ejemplo, es pionera en el uso de micelio en la fabricación de productos, sobre todo envases [37], donde el sustrato y la solución que contiene los hongos se introducen en moldes, y el material se solidifica en la forma adecuada al cabo de unos cinco días, a continuación, se hornea hasta que todos los microorganismos quedan inertes, lo que permite utilizarlo como envase estándar.



Figura 10. Paneles de diseño de interiores de Myccen

2.2.10.3. Como material para sustituir el EPS

Los compuestos a base de micelio tienen una baja conductividad térmica, buena absorción acústica y resistencia al fuego, comparable a la del poliestireno expandido (EPS), una espuma a base de petróleo utilizada en la construcción para el aislamiento térmico [38]. Además, la naturaleza porosa del micelio mejora la eficacia del aislamiento térmico; ante lo cual se han publicado varias patentes de materiales compuestos a base de micelio utilizados en los sectores del automóvil y los envases [11], [35], [39]. Aparte de sus múltiples usos funcionales en los sectores del embalaje, la automoción, el textil y el aislamiento, las piezas de decoración interior derivadas del micelio tienen una estética muy ornamentada [36]. Las investigaciones y experimentos han demostrado que el material de micelio tiene una resistencia excepcional (mayor que el EPS), excelentes propiedades aislantes comparables a las de la lana de oveja o la fibra de vidrio (conductividad térmica, = 0,04 W/mk), propiedades acústicas modificables y una resistencia al fuego superior a la de otros materiales orgánicos [32]. Es fundamental para su adopción general conseguir cualidades equivalentes o superiores a las alternativas de plástico y materiales compuestos.

2.2.11. *Normativa aplicable*

- **Norma E-070:** Asociada a los requisitos mínimos para evaluar el análisis, diseño, comportamiento, así como control de calidad y la inspección de las edificaciones en albañilería estructural como muros confinados y muros armados.
- **NTP 331.018 y 331.019:** comprende la normativa referente a los elementos de arcilla cocida para evaluar su clasificación, muestreo y recepción de esta.
- **NTP 399.613 y 399.604:** asociada a la evaluación de las unidades de albañilería donde se encuentran los ensayos para determinar las características óptimas que debe tener dichos elementos.
- **ASTM C177-13:** normativa aplicada al ensayo que tiene la necesidad de medir la capacidad aislante de los materiales.
- **NTP 339.128:** asociada a la determinación de características de los suelos teniendo como método de ensayo el análisis granulométrico.
- **NTP 339.131:** asociada al método de ensayo para determinar el peso específico de las partículas de un suelo.
- **ASTM D-2216:** Asociada a la determinación de una prueba estándar para evaluar el contenido de humedad en una muestra de suelo.
- **ASTM D-854:** Esta normativa es aplicada para evaluar la gravedad específica del suelo a través de un picnómetro de agua.

III. Materiales y métodos

3.1.Hipótesis

- **Hipótesis General:**

La incorporación del micelio de hongos mejora de manera eficaz las propiedades físico-mecánicas de los bloques de arcilla artesanales.

3.2.Variables

- Variable Independiente: Micelio de Hongos
- Variable Dependiente: Propiedades físico-mecánicas de los bloques de arcilla artesanales

Tabla V. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores	Unidades de medida	Técnicas e instrumentos de medición
VARIABLE INDEPENDIENTE				
INCORPORACIÓN DE MICELIO DE HONGOS	Dosificación	Cantidad de micelio (%)	0, 20,25,30 %	Balanza digita
VARIABLE DEPENDIENTE				
BLOQUES DE ARCILLA ARTESANALES	Propiedades Mecánicas	Resistencia a la compresión (f'b=kg/cm2)	Mpa. kg/cm2	Según NTP 331.018 Y 331.019
		Resistencia a la compresión axial (fm=kg/cm2)	Mpa. kg/cm2	Según NTP 331.018 Y 331.019
		Resistencia al corte diagonal (Vm=kg/cm2)	Mpa. kg/cm2	Según NTP 331.018 Y 331.019
	Propiedades Físicas	Variación dimensional	cm y %	Según NTP 399.613 y 399.604
		Alabeos	mm	Según NTP 399.613
		Conductividad térmica	W/mk	Según ASTM C177-13
		Absorción	%	Según NTP 399.604 y 399.613
erosión acelerada swinburne	mm	Según UNE 41410		
VARIABLE INTERVINIENTE				
BLOQUES DE ARCILLA ARTESANALES	Muestra de suelo	Granulometría	%	Según NTP 339.128
		Límites de Atterberg	mm y %	Según NTP 339.131
		Humedad	%	Según ASTM D-2216
		Gravedad específico	kg/m3	Según ASTM D-854
		Sales solubles	%	ASTM D-854

3.3. Tipo y nivel de investigación

Según [1] Existen dos tipos de investigaciones. En este caso, la investigación es de tipo experimental, ya que será necesario definir una modalidad específica, identificar el objeto de estudio, el estímulo (variable X) y la medición (variable Y). Se llevará a cabo una investigación cuasiexperimental, la cual se denomina así porque los grupos de estudio no se seleccionaron al azar, sino que ya estaban formados antes de iniciar la investigación. Estos estudios adoptan las mismas modalidades que los experimentos puros.

Tipo de investigación:

- La presente investigación es Aplicativa

Nivel de Investigación:

- La presente investigación tiene un nivel cuasiexperimental

Enfoque de Investigación:

- La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo

3.4. Diseño de la investigación

Diseño de investigación:

- El diseño de investigación que se presento es experimental

$$G: 0_1 \longrightarrow X \longrightarrow 0_2$$

01 = Bloques de arcilla artesanales convencionales

02= Adición de micelio de hongo en bloques de arcilla artesanales

3.5. Población, muestra y muestreo

La muestra consistió en especímenes evaluados con las propiedades suficientes para considerarse unidades de albañilería. Por lo tanto, se tomó una muestra mediante un método no probabilístico censal por conveniencia, y se desarrollaron unidades para este presente estudio.

3.5.1. Población

La población de esta investigación fueron las unidades de ladrillo artesanales de la ladrillera “La Polvadera”-Pacora-Lambayeque, teniendo bloques de arcilla tradicionales, bloques de arcilla patrón y bloques de arcilla con incorporación de micelio de hongos para luego examinar sus propiedades físicas y mecánicas.

3.5.2. Muestra

La muestra fue un grupo de bloques de arcilla escogidos de un lote que cumplió con los requisitos aplicables para obtener la información precisa para evaluar las propiedades de ese lote. Es importante destacar que, de acuerdo con E-070 y NTP 331.019, las unidades de prueba "01 y 02" estuvieron conformadas por una muestra de 620 unidades.

Tabla VI. Diseño de muestra

GRUPO	DENOMICACIÓN	PRE-ENSAYOS	TRATAMIENTO	POS ENSAYOS
Grupo de control (155)	Bloques de arcilla de arcilla	Granulometría, peso específico, humedad, límites de Atterberg	Extracción, Mezcla, Moldeo, Secado, Cocción	Resistencia a la compresión, Resistencia a la compresión axial, Resistencia al corte diagonal NTP 399.613, Variación
	Bloques de arcilla de arcilla + 20 % de micelio de hongos			dimensional y Absorción NTP 339.604 y Alabeo y Conductividad Térmica NTP 399.613, erosión acelerada Une 41410
Grupo experimental (465)	Bloques de arcilla de arcilla + 25 % de micelio de hongos	Obtención de hongos, secado, tratamiento para su aplicación y almacenamiento.	Incorporación de micelio de hongos en el proceso de fabricación del ladrillo artesanal	
	Bloques de arcilla de arcilla + 30 % de micelio de hongos			

3.5.3. Muestreo

Ubicación de la Ladrillera

La ladrillera artesanal “La Polvadera”, ubicada en el distrito de Pacora (coordenadas: -6.439364, -79.848006). Esta ladrillera de la provincia de Chiclayo presenta una producción superior a las 8 mil unidades por mes, en las que se usan procedimientos rudimentarios en las fases de fabricación de las unidades de bloques de arcilla.

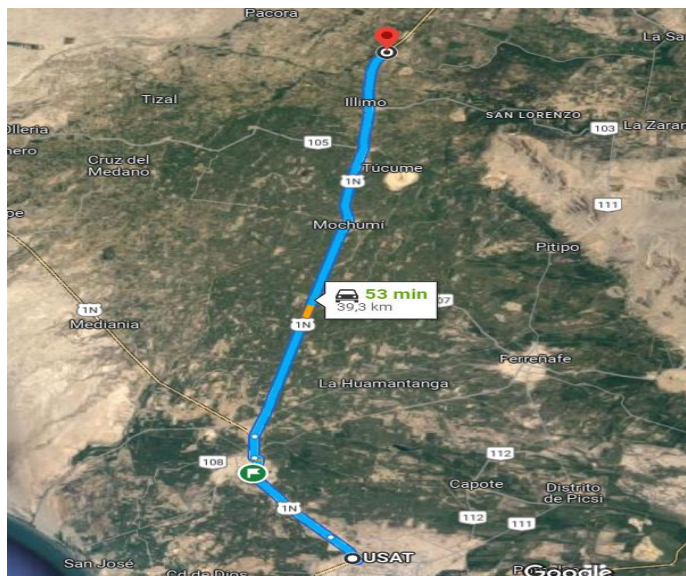


Figura 11. Ubicación geográfica de ladrillera

- A continuación, se muestra las técnicas extraídas de las respectivas normativas establecidas para los porcentajes de micelio de hongos:

Tabla VII. Técnicas de Muestreo para los porcentajes de micelio de hongos

ENSAYOS	Cantidad de bloques de arcilla				TOTAL
	0%	20%	25%	30%	
VARIACIÓN DIMENSIONAL	10	10	10	10	40
ALABEO					
EROSION ACELERADA SWINBURNE					
ABSORCION					
CONDUCTIVIDAD TERMICA	10	10	10	10	40
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	5	5	5	5	20
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	58	58	58	58	232
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CORTE	72	72	72	72	288
TOTAL					620

3.6. Criterios de selección

A continuación, se detallan los ensayos, las unidades de muestra requeridas y las normas técnicas peruanas correspondientes en la siguiente tabla:

Tabla VIII. Unidades de muestra según normativa

ENSAYO	Unidad de muestra	Norma Técnica Peruana
Variación dimensional	10 unidades por cada dosificación	NTP 399.604 y 399.613
Alabeo	10 unidades por cada dosificación	NTP 399.604 y 399.613
Absorción	10 unidades por cada dosificación	NTP 399.604 y 399.613
Erosión acelerada swinburne	5 unidades por cada dosificación	UNE 41410
Conductividad térmica	5 unidades por cada dosificación	ASSTM C-117
Resistencia a la compresión	5 unidades por cada dosificación	NTP 399.613
Resistencia a la compresión axial	5 unidades por cada dosificación	NTP 399.605
Resistencia a la compresión corte	5 unidades por cada dosificación	NTP 399.605

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Métodos

El procedimiento que se realizará será a través de ensayos, de la mano con la norma NTP E-070 para poder determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanal tras la incorporación del micelio. A continuación, se muestran las respectivas normativas que se usaron para obtener la recopilación de datos para la realización de esta investigación:

- **Norma E-070:** Asociada a los requisitos mínimos para evaluar el análisis, diseño, comportamiento, así como control de calidad y la inspección de las edificaciones en albañilería estructural como muros confinados y muros armados.
- **NTP 331.018 y 331.019:** comprende la normativa referente a los elementos de arcilla cocida para evaluar su clasificación, muestreo y recepción de esta.
- **NTP 399.613 y 399.604:** asociada a la evaluación de las unidades de albañilería donde se encuentran los ensayos para determinar las características óptimas que debe tener dichos elementos.
- **ASTM C177-13:** normativa aplicada al ensayo que tiene la necesidad de medir la capacidad aislante de los materiales.

- **NTP 339.128:** asociada a la determinación de características de los suelos teniendo como método de ensayo el análisis granulométrico.
- **NTP 339.131:** asociada al método de ensayo para determinar el peso específico de las partículas de un suelo.
- **ASTM D-2216:** Asociada a la determinación de una prueba estándar para evaluar el contenido de humedad en una muestra de suelo.
- **ASTM D-854:** Esta normativa es aplicada para evaluar la gravedad específica del suelo a través de un picnómetro de agua.

3.7.2. Técnicas

3.7.2.1. Técnicas para la selección de materia prima

a) Ensayo gravedad específica:

Este ensayo sirve para clasificar los suelos a través de la determinación de la densidad real donde nos proporciona indicios sobre la capacidad de carga del suelo.

- **Norma:**

NTP 339.131

Suelos. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas de un suelo.

- **Instrumentos:**

- ✓ Tamiz N°4
- ✓ Fiola de 500 ml
- ✓ Agua destilada
- ✓ Embudo
- ✓ Pipeta
- ✓ Termómetro

- **Procedimiento en laboratorio:**

1. Se emplea la muestra utilizada en el ensayo de contenido de humedad.
2. Se tamiza la muestra con el tamiz N°04 y se seleccionan solo 100 g.
3. Se prepara una fiola con 500 ml de agua destilada y se pesa.
4. Se trasvasa el agua destilada a otro recipiente y luego se añade la muestra de suelo a la fiola, seguido del agua destilada.

5. Utilizando una pipeta, se elimina el exceso de agua destilada de la fiola, seguido de un agitado durante 3 a 4 minutos para eliminar los espacios vacíos y las burbujas en la parte superior.
6. Se pesa la fiola junto con el agua destilada y la muestra seca.
7. Se registra la temperatura para completar los datos.

- **Cálculos:**

$$\gamma_s = \frac{w_s}{v_s} = \frac{w_s}{\frac{w_o + w_s - w_f}{\gamma_w}}$$

Donde:

w_s = Peso del solido

w_o = Peso inicial

w_f = Peso final del suelo

γ_w = Peso específico del agua (1grf/cm³)

b) Ensayo Contenido de sales solubles:

Este ensayo sirve para medir la cantidad de sales que están disueltas en una muestra de suelo lo cual es importante debido a que un exceso de sales en el suelo puede afectar negativamente la absorción de agua, y la aparición de eflorescencias.

- **Norma:**

ASTM D854

Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by the Water Displacement Method

- **Instrumentos:**

- ✓ Recipiente de vidrio
- ✓ Fiola de 500 ml
- ✓ Agua destilada
- ✓ Embudo
- ✓ Papel filtro
- ✓ balanza

- **Procedimiento en laboratorio:**

- 1.- Se emplea la muestra de 50 gr que paso por la malla N° 10
- 2- Se coloca la muestra en una botella de vidrio y luego se coloca el agua destilada con ayuda de una pipeta.

- 3- Se agita la botella de vidrio por aproximadamente 30 min y se deja reposar
- 4.- hasta que se separe el agua y la muestra.
- 5.- Mediante el papel filtro se obtiene 50 ml de agua destilada de la botella, y se pesan las muestras para ser llevadas al horno hasta evaporarse y tomar su peso.

c) Ensayo Contenido de humedad:

Este ensayo sirve para determinar el porcentaje de humedad o agua presente en una sustancia en relación con su peso seco.

- **Norma:**

NTP 339.127

SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

- **Instrumentos:**

- ✓ Charola
- ✓ Horno
- ✓ balanza

- **Procedimiento en laboratorio:**

- 1.- Se pesa los recipientes que se van a emplear en este ensayo.
- 2.- Se coloca la muestra de 50 gr
- 3.- Se coloca en el horno aproximadamente 24 horas.

d) Ensayo Granulometría:

Determinar la distribución de los tamaños de partículas presentes en una muestra de suelo. Esta distribución se expresa en porcentaje de peso de cada fracción de tamaño de partícula respecto al peso total de la muestra.

- **Norma:**

NTP 399.128

Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico.

- **Instrumentos:**

- ✓ Charola
- ✓ Balanza
- ✓ Tamices

- **Procedimiento en laboratorio:**

- 1.- Se tomo 1500 gr muestra de suelo y se colocó al horno para su posterior peso.
- 2.- se pasa la muestra por los tamices, anotando el peso retenido de la muestra solo hasta la malla N° 4
- 3.- Se lava el suelo retenido de aproximadamente 800 gr y se deja saturar por 24 horas debido a los grumos para ser lavado posteriormente
- 4.- Se coloca al horno la muestra, para luego pasar el suelo por los tamices
- 5.- Se anota el peso retenido en cada tamiz para su procesamiento.

e) Ensayo Límites de atterberg.:

Es una serie de pruebas utilizadas para determinar las propiedades de plasticidad y consistencia de un suelo.

- **Norma:**

NTP 339.129 SUELOS.

Método de ensayo para determinar el Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad del Suelo

- **Instrumentos:**

- ✓ Placa de vidrio
- ✓ Tamiz n° 40
- ✓ Balanza
- ✓ Varilla de 3 mm
- ✓ Taras
- ✓ Agua destilada
- ✓ Recipientes
- ✓ Copa grande.

- **Procedimiento en laboratorio:**

- 1.- Se tomo una muestra que paso por el tamiz n° 10 y se lleva al horno
- 2.- En un recipiente se coloca el agua destilada con la muestra y se deja reposar 24 horas
- 3.- La muestra se coloca en la copa de casa grande previamente calibrada
- 4.- se requirió de 20 – 25 golpes de la cuchara hasta que se origine el cierre de la copa

5.- Se retira las muestras y son llevadas a recipientes previamente pesados para ser introducidos al horno por 24 horas

6.- Con la muestra sobrante se realizan bastones hasta ver su fisuramiento para ser llevados al horno con las otras muestras y luego ser pesados.

3.7.2.2. Técnicas para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo.

a) Peso

Se toma el peso de las muestras para posteriores evaluaciones donde se necesita la masa de cada muestra.

- **Norma:**

NTP 399.613 – NTP 399.604

Método de muestreo y Ensayo de bloques de arcilla de arcilla usados en albañilería

- **Instrumentos:**

- ✓ Balanza

- **Procedimiento en laboratorio:**

- 1.- Se toma la muestra con su respectiva codificación para ser identificada

- 2.- se pasa y se toma los datos

b) Variación dimensional

Es la relación que tiene el ancho largo y alto de las muestras que tienen que cumplir con los estándares establecidos de la normativa peruana.

- **Norma:**

NTP 399.613 – NTP 399.604

Método de muestreo y Ensayo de bloques de arcilla de arcilla usados en albañilería

- **Instrumentos:**

- ✓ Reglas graduadas

- ✓ brocha

- **Procedimiento en laboratorio:**

- 1.- Se tomo una muestra con su respectiva codificación

- 2.- Se toma la medición de los 4 lados de la muestra respecto a su largo ancho y alto.

c) Alabeo

Sirve para evaluar el control de calidad de la muestra donde permite comprobar que cumple con las especificaciones técnicas y estándares de la normativa peruana para ser usado en construcción.

- **Norma:**

NTP 399.613 – NTP 399.604

Método de muestreo y Ensayo de bloques de arcilla de arcilla usados en albañilería

- **Instrumentos:**

- ✓ Regla graduada

- ✓ Cuña metálica

- **Procedimiento en laboratorio:**

- 1.- Se toma la muestra previamente identificada

- 2.- Mediante la regla y la cuña se toma datos de la concavidad o convexidad que tenga el material

d) Absorción

Es una prueba utilizada para medir la capacidad de un material para absorber líquidos, generalmente agua

- **Norma:**

NTP 399.613 – NTP 399.604

Método de muestreo y Ensayo de bloques de arcilla de arcilla usados en albañilería

- **Instrumentos:**

- ✓ Balanza

- ✓ Recipiente

- ✓ Agua

- ✓ Paño para secar

- **Procedimiento en laboratorio:**

- 1.- Se tomo una muestra previamente identificada para ser pesada.

- 2.- Se sumerge en un recipiente de agua la muestra hasta saturarse alrededor de 24 horas.

3.- se seca superficialmente para ser pesada la muestra.

e) Resistencia a la compresión

Es una prueba que permite verificar la calidad y la capacidad de carga de bloques de arcilla y bloques de construcción, garantizando su adecuación para soportar las cargas estructurales previstas.

- **Norma:**

NTP E- 0.70

Norma Técnica Peruana para Albañilería

NTP 331.018 Y 331.019

Norma Técnica Nacional Elementos de arcilla cocida.

- **Instrumentos:**

- ✓ Cemento
- ✓ Yeso
- ✓ Máquina de compresión
- ✓ Agua

- **Procedimiento en laboratorio:**

- 1.- Se realiza una mezcla de refrentado de cemento y yeso para la nivelación de la muestra
- 2.- Se deja secar aproximadamente 24 horas.
- 3.-. Se corta la muestra a la mitad y se lleva a la máquina de compresión
- 4- Se toma los datos de ruptura de la muestra.

f) Resistencia a la Compresión Axial

Es determinar la capacidad de los bloques de arcilla para soportar cargas compresivas, lo cual es crucial para asegurar la integridad estructural de las edificaciones en las que se utilizan.

- **Norma:**

NTP 331.018 Y 331.019

Norma Técnica Nacional Elementos de arcilla cocida.

- **Instrumentos:**

- ✓ Cemento
- ✓ Agua

- ✓ Arena
- ✓ Máquina de compresión

- **Procedimiento en laboratorio:**

- 1.- Se toma una muestra que fue sumergida en agua
- 2.- Se realiza la construcción de pilas de aproximadamente 3 unidades
- 3.- Se deja secar por 28 días.
- 4.- se introduce en la máquina de compresión para tomar datos de su ruptura.

g) Resistencia al Corte Diagonal

Es una prueba que se realiza para evaluar la capacidad de los bloques de arcilla o mampostería para resistir fuerzas de corte, que son aquellas que actúan en un plano oblicuo al eje principal del elemento

- **Norma:**

NTP 331.018 Y 331.019

Norma Técnica Nacional Elementos de arcilla cocida.

- **Instrumentos:**

- ✓ Cemento
- ✓ Arena
- ✓ Agua
- ✓ Máquina de corte diagonal
- ✓ Cinta métrica

- **Procedimiento en laboratorio:**

- 1.- Se sumergen las muestras en agua.
- 2.- Se realiza el armado de muros de 60 cm x 60 cm
- 3.- Se dejan seca 28 días para su posterior evaluación
- 4.- Se mide cada murete para verificar la altura y ancho.
- 5.- Se coloca en la máquina de corte y se toma datos de su ruptura

3.7.2.3. Técnicas para evaluar en qué condiciones climáticas se recomiendan usar las unidades de albañilería artesanal.

A. Erosión acelerada swinburne

Determina cómo se comportan los materiales bajo condiciones de erosión, proporcionando información sobre su vida útil y rendimiento en condiciones adversas.

- **Norma:**
UNE 41410
- **Instrumentos:**
 - ✓ Equipo de erosión Acelerada
 - ✓ Cuña Metálica.
- **Procedimiento en laboratorio:**
 - 1.- Se toma la muestra en una inclinación de 27° grados respecto a la horizontal.
 - 2.- Se deja caer agua a una altura aproximadamente de 1.5 m de distancia a la muestra
 - 3.- se toma los datos de la profundidad del orificio.

B. Conductividad térmica

Es una propiedad física que mide la capacidad del ladrillo para conducir calor. En términos más técnicos, es la cantidad de calor que se transmite a través de una unidad de área de un material, en una dirección perpendicular a esa área, y por unidad de espesor, cuando hay una diferencia de temperatura entre los lados del material

- **Norma:**
ASTM C-177
Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus
- **Instrumentos:**
 - ✓ Caja térmica
 - ✓ Equipos de sensor de temperatura
 - ✓ Multímetro digital
 - ✓ Placas fría y caliente
 - ✓ Fuente de voltaje
- **Procedimiento en laboratorio:**
 - 1.- Se toma una muestra previamente seleccionada tomando la temperatura inicial.
 - 2.- Se coloca la muestra en la caja térmica y se conectan los equipos

- 3.- Se tapa la caja y se enchufa la fuente de voltaje
- 4.- Mediante el Multímetro digital se toma la resistencia de la fuente y se toma nota del voltaje.
- 5.- Mediante la caja transmite calor va a ir subiendo la temperatura en los sensores de temperatura.
- 6.- A medida que los sensores lleguen a la temperatura máxima que aguanta la muestra se estabilizarán y se detendrán para tomar las medias.

- **Procedimiento de aplicación general:**

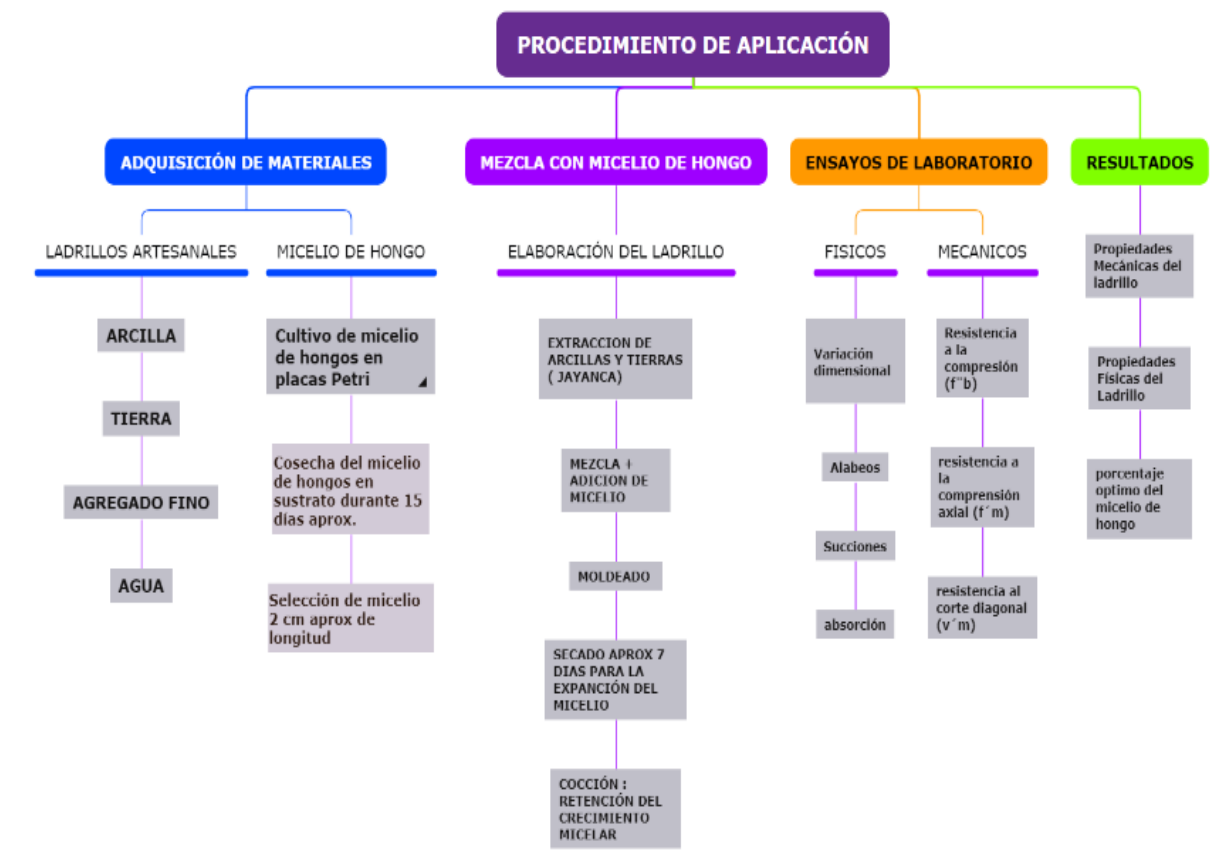


Figura 12. Técnicas para la aplicación.

3.8.Procedimientos

3.8.1. Caracterización de Materiales.

- **Material: Suelo Arcilloso**

El material fue obtenido por la ladrillera artesanal “La Polvadera”, ubicada en el distrito de Pacora (coordenadas: -6.439364, -79.848006); este suelo es adquirido a través de chacras aledañas a Pacora, el dueño de la ladrillera transporta el material en dos viajes con un camión de una capacidad de 15 m³ por viaje.



Figura 13. Extracción de Suelos arcillosos.

- **Muestra de suelo**

La muestra fue obtenida de la ladrillera ubicada en el Sector La Polvadera, una vez transportada desde las chacras aledañas, se procede a moler el material por medio de herramientas manuales tales como pico y palana.



Figura 14. Muestra de suelo arcilloso.

- **Caracterización física del suelo arcilloso**

Para la caracterización física de la muestra extraída, se ensayaron muestras en el Laboratorio de Ensayos de Materiales, Suelos y Pavimentos de la Universidad Católica de San Toribio de Mogrovejo (USAT). Durante este proceso nos centramos en priorizar las propiedades que resultan más relevantes para el estudio, y a continuación se detallan los ensayos realizados:

- Contenido de sales solubles
- Contenido de humedad
- Gravedad específica
- Granulometría
- Límites de atterberg.

• **Material: Arena**

Fue proveniente de la trocha cercana a el cerro Escute, Pacora para ser transportada a la ladrillera artesanal “La Polvadera”, una vez al mes, en un volquete con la capacidad de 15 m³, de manera similar que el suelo arcilloso.



Figura 15. Puesta en Ladrillera Arena fina

- **Muestra de Arena:**

La muestra fue obtenida de la ladrillera ubicada en el Sector La Polvadera, una vez transportada desde la trocha cerca al cerro Escute, se procede a tamizar el material por medio de una malla artesanal, ya que viene con algunos restos orgánicos como ramas.



Figura 16. Puesta en Ladrillera Arena fina

- **Caracterización física de arena fina.**

Para caracterizar a las muestras extraídas, se hicieron ensayos en el laboratorio de ensayo de materiales, suelos y pavimentos de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT). En el proceso de caracterización, se tomó relevancia a las propiedades fundamentales para esta investigación. A continuación, se detallan los ensayos que se llevaron a cabo en el material de estudio:

- Contenido de humedad
- Contenido de sales solubles.
- Gravedad específica
- Granulometría.

• **Material: Hongos miceliales**

En la presente investigación se desarrolló en dos etapas, una etapa in vitro y una etapa productiva. La primera etapa se desarrolló en el laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía. La segunda etapa se desarrolló en las instalaciones del Módulo de Investigación en Hongos Comestibles ubicada en la Universidad Nacional Agraria La Molina.



Figura 17. Muestra in situ del Hongo *Pleurotus Ostreatus*.

1. Siembra de hongos *Pleurotus Ostreatus* en placas Petri.

Las cepas utilizadas fueron cuatro aislados de *P. Ostreatus* del Módulo de Investigación de Hongos Comestibles; estos aislados se detallan y codifican en la tabla a continuación. El micelio de cada aislado de *P. Ostreatus* se caracterizó durante su crecimiento y desarrollo utilizando el aislado A3. El micelio crece en placas Petri contenidas con Papa Sacarosa Agar (PSA) totalmente colonizadas de *P. Ostreatus*, este proceso continuó hasta que el micelio alcanzó una altura máxima de 40 milímetros en cada placa de Petri.

Tabla IX. Siembra de hongos pleorotus ostreatus

Material Biológico	Código	Descripción
Aislamiento 1	A1	Se aisló a partir de un basidiocarpo comercial
Aislamiento 2	A2	Fue contribución del Bach. En Biología Cesar Chimey con fines de investigación.
Aislamiento 3	A3	Contribución de la Clínica de diagnóstico de la UNALM para fines académicos
Aislamiento 4	A4	Se aisló a partir de un basidiocarpo donado al Módulo de Hongos comestibles

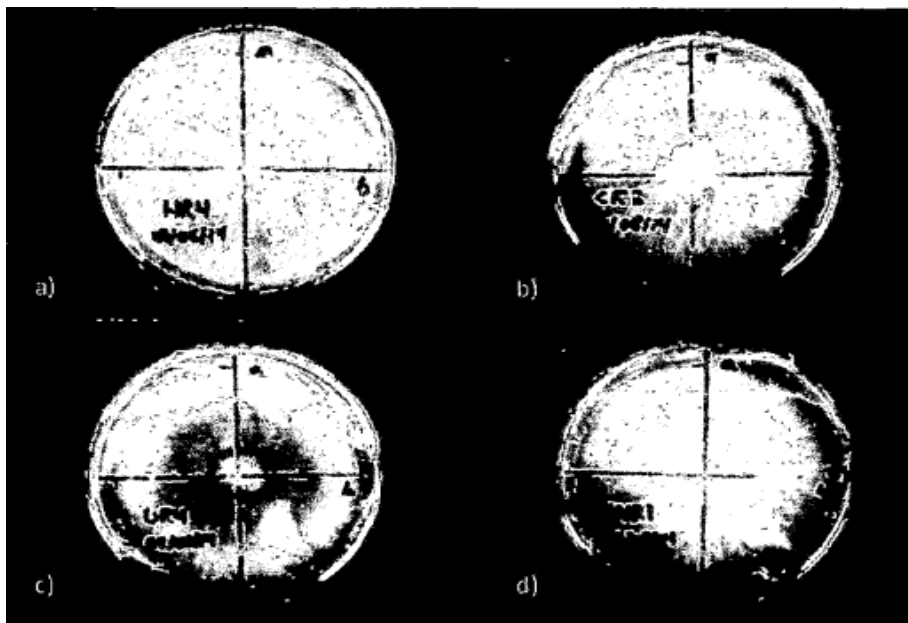


Figura 18. Placas petri contenidas con Papa Sacarosa Agar (PSA)

Nota. Estas placas están colonizadas por micelios de *P. Ostreatus*, donde a. T1: Aislamiento A4, b. T2: Aislamiento A2, c. T3: Aislamiento A3, d. T4: Aislamiento A1.

2. Preparación de sustrato para micelio de hongos.

Se implantó el inóculo o "semilla" utilizando granos de trigo como sustrato intermedio para generar un número ideal de micelios con capacidad de multiplicación favorable, lo que promovería la colonización efectiva de los sustratos finales. Como se muestra en la Figura 12, el inóculo o semilla se creó siguiendo una metodología de esterilización "casera" de granos de trigo.



Figura 19. Tratamiento de desinfección de los sustratos.

Nota. Adaptado de Zárate (2015).

3. Cosecha de Micelio de hongos.

- Incubación:

Las bolsas de inoculación de cada tratamiento fueron etiquetadas, aisladas y distribuidas de manera ordenada, cultivadas durante dos semanas, en algunas bolsas se completó la colonización nutricional de hongos. Este período de incubación se amplía a 30 días. Dado que estas bolsas estaban completamente colonizadas con hongos ostra, se transfirieron secuencialmente al módulo de hongos comestibles para comenzar las etapas de inducción y fructificación.



Figura 20. Semilla colonizada por *P. ostreatus*.

Nota. Adaptado de Zárate (2015).



Figura 21. Metodología de cosecha para los sustratos desinfectados por inmersión en agua, en agua alcalina y agua caliente.

Nota. Adaptado de Zárate (2015).



Figura 22. Metodología de siembra para los sustratos desinfectados por pasteurización y esterilización

Nota. Adaptado de Zárate (2015).



Figura 23. Proceso de incubación.

Nota. Adaptado de Zárate (2015).



Figura 24. Cambio de color a blanco y la compactación del sustrato, evidencia la colonización del micelio al sustrato.

Nota. Adaptado de Zárate (2015)

4. Selección de micelio de hongos

- **Tratamiento de micelio de hongos**

La selección de micelio de 2 cm de longitud para desenmarañar el micelio del hongo, teniendo partículas de 2 cm aproximadamente para su uso.



Figura 25. Separación de Micelio



Figura 26. Micelio de 2 cm aproximadamente

3.8.2. *Diseño de mezcla para bloques de arcilla artesanales*

Para el diseño de la mezcla se revisó referencias como [2] donde nos indica una proporción adecuada para la dosificación de unidades de arcilla cocidas la cual es: 2.5 / 1 / 0.5 correspondiente con: arcilla, arena y agua, así mismo el ladrillero nos indicó que mediante su experiencia él trabaja con la dosificación señalada debido a la experiencia adquirida.

Se realizó una dosificación en peso para luego saber las proporciones en volumen y que sea más fácil su elaboración.

DOSIFICACIONES DE INSUMOS PARA LA ELABORACION DE BLOQUES DE ARCILLA ARTESANALES

Tabla X. Calculo en peso de suelo arcilloso.

CALCULO EN PESO DE SUELO ARCILLOSO				
Dimensiones	Volumen (m3)	Peso Unitario de tierra (kg/m3)	Cantidad de bloques de arcilla	Peso de Suelo total(kg)
L (m) 0.23	0.0025	1600	155	616
A(m) 0.12				
H (m) 0.09				

Pesos según la elaboración en campo.

- Balde de 18 L (completo de arena fina): Aprox. 30 Kg.
- Balde de 18 L (completo de suelo arcilloso): Aprox. 28 Kg.
- Balde de 18 L (completo de Sustrato de Micelio de Hongos): Aprox. 25 KG

Tabla XI. Dosificación de Insumos requeridos en peso para elaborar 620 bloques de arcilla de arcilla

Denominación	% de incorporación de Micelio	Cantidad de bloques de arcilla	Relación de dosificaciones (%)	Suelo Arcilloso (Kg)	Arena Fina (Kg)	Micelio de Hongos en Sustrato (Kg)	Agua (balde 18L)
Patrón	0%	155	70:30:00	616	246.4	0	7
M-02	20%	155	70:30:20	616	246.4	123	6 1/4
M-03	25%	155	70:30:25	616	246.4	154	6 1/4
M-04	30%	155	70:30:30	616	246.4	184.8	6 1/4
TOTAL		620		2464	985.6	465	25 3/4

Tabla XII. . Dosificación de insumos requeridos en volumen para elaborar 620 bloques de arcilla de arcilla

Denominación	% de incorporación de Micelio	Cantidad de bloques de arcilla	Relación de dosificaciones (%)	Suelo Arcilloso (18L)	Arena Fina (18L)	Micelio de Hongos en Sustrato (18L)	Agua (balde 18L)
Patrón	0%	155	70:30:00	22	8 1/4	0	07
M-02	20%	155	70:30:20	22	8 1/4	4 3/4	6 1/4
M-03	25%	155	70:30:25	22	8 1/4	6	6 1/4
M-04	30%	155	70:30:30	22	8 1/4	7 1/4	6 1/4
TOTAL		620		88	33	18	25 3/4

- Luego se dosifica la mezcla en base a la relación: suelo arcilloso; agregado fino; micelio de hongo; agua, las proporciones son las siguientes:

Pesos unitarios de los materiales a utilizar:

- P.U de suelo arcilloso según la NTP E.020: 1600 kg/m³
- P.U de arena fina: 1700 kg/m³
- Densidad del Micelio de hongos: 552 kg/m³, tal como menciona el autor en su tesis de “Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de Pleurotus Ostreatus, cultivados en restos de cosecha”

Tabla XIII. Resumen de la dosificación de materiales empleados en esta investigación en peso y volumen

DOSIFICACIÓN EMPLEADA EN (KG)				
MATERIALES	SUELO ARCILLOSO (kg)	ARENA FINA (kg)	MICELIO DE HONGOS (kg)	AGUA (lts)
Cantidad para 620 bloques de arcilla (23x12x9)	2464	985.6	465	462
DOSIFICACIÓN EMPLEADA EN VOLUMEN (M3)				
MATERIALES	SUELO ARCILLOSO (M3)	ARENA FINA (M3)	MICELIO DE HONGOS (M3)	AGUA (lts)
Cantidad para 620 bloques de arcilla (23x12x9)	1.54	0.58	0.84	0.462

3.8.3. Elaboración de Bloques de arcilla Artesanales

A. EXTRACCION DE TIERRAS

La extracción de bloques de arcilla artesanales se realiza excavando con herramientas manuales extraídos de lugares alrededor del Distrito de Pacora, donde utilizan tierras agrícolas o conocidas como tierras de cultivo. El material extraído se carga en camiones y se transporta hasta la zona donde se ubican la ladrillera.



Figura 27. Extracción de tierra

B. MEZCLA

La mezcla se hace a mano y se termina al final del día después de terminar el trabajo de labranza. Los materiales utilizados son palas o lámparas, se prepara una premezcla de arcilla húmeda y arena en un hoyo de amasado, se amasa con las manos y los pies hasta que desaparezcan los grumos más grandes de arcilla. Después de ello, se agregó el micelio de hongos en 3

proporciones de 20, 25 y 30 % más la muestra patrón, y otro agregado que ayuda a la expansión del micelio la cáscara de arroz. Se dejó repostar esta masa hasta el día siguiente para que los terrones más pequeños se deshagan, la mezcla se vuelva consistente y adquiera la textura requerida para el moldeo, la arena y tierra pasaron por un tamiz para eliminar impurezas u obtener un grano más homogéneo. (“Guía de BP Ladrilleras Artesanales solo horno tradicional aprobado”)



Figura 28. Tamización de los compuestos para la elaboración de unidades artesanales.

*Se facilito la operación de medición marcando en los baldes, las alturas de las medidas a la mitad y a la tercera parte.



Figura 29. Mezclado de los compuestos en las dosificaciones especificadas



Figura 30. Separación de los porcentajes de micelio de hongo y separación de mezcla

C. MOLDEADO

El material mezclado es moldeado para darle la forma de ladrillo requerido: para los sólidos se utilizan un molde de madera (gavera) con dimensiones de 24cm x 13cm x 10cm; ya que, al momento de dejar secar, estos reducen 1cm su tamaño obteniendo unidades de 23cm x 12cm x 9 cm.



Figura 31. Moldes de madera (gavera) para el uso de bloques de arcilla macizos artesanales.

4.- Luego se Mantenga nivelado y arenado el tendal o cancha de secado para obtener una superficie lisa.



Figura 32. Espacio donde se proceden a secar los bloques de arcilla artesanales por un promedio de 7 días.

D. SECADO

Los bloques de arcilla sin terminar que acaban de ser moldeados se colocan en cobertizos de secado o "tendales", que son lugares planos destinados a este fin y situados cerca de la zona de moldeado. Los bloques de arcilla se secan con la ayuda de la energía del viento y del sol. El procedimiento de secado se repite hasta que el ladrillo sin procesar se deshumidificó aproximadamente un 13 % y está listo para cargarse en el horno; la duración de este periodo varía según el entorno, pero suele durar entre cinco y siete días. Las caras expuestas se rotan a partir del tercer o cuarto día para garantizar un secado uniforme, las partes en contacto con el suelo se rascan a lo largo de cada rotación para eliminar cualquier resto o arenilla acumulados. Una vez finalizado el proceso de secado, los bloques de arcilla se apilan de uno en uno para formar construcciones de un ladrillo por cara de una altura comprendida entre 1 y 1,20 metros.



Figura 33. Se realizó el secado por aproximadamente 7 días para que el micelio se expanda y el ladrillo se encuentre seco.

- **COCCION**

- Control previo a la cocción de los bloques de arcilla sin tratar: Se aseguró de que están completamente secos y tome nota de ello; manteniendo el cuaderno anotando el número, tamaño y origen de cada lote y adjuntando un símbolo que permita la identificación del lote.



Figura 34 Se realizó la identificación de las muestras para su quemado correspondiente

- Preparación y pesaje del carbón: Determinó la cantidad de carbón a cargar pesándolo en la báscula según se indica.
- La construcción del malecón comprende el montaje y adición de partículas de carbón vegetal a los bloques de arcilla ("carbonea") del horno, que normalmente realiza el hombre o quemador encargado de realizar el fuego.



Figura 35 colocación de bloques de arcilla para la cocción respectiva.

- Las aberturas superiores y laterales del horno se sellan para minimizar la fuga de calor, tras la carga y descarga, las puertas laterales de acceso al horno se envolvieron en arcilla y se recubrieron con bloques de arcilla cocidos.
- 10.- Encendido del Horno: Para ello hay se encienden las briquetas, lo que requirió una cantidad de aire suficiente para dar oxígeno y alimentar el fuego; el mejor momento para encender es durante el día, cuando la velocidad del viento es máxima.
- 11. La leña debe colocarse en el alimentador del malecón y encenderse con alcohol, gasolina o, si se dispone de él, con un lanzallamas. Para evitar la pérdida de calor, el combustible debe reponerse a medida que se utiliza la leña. Esta operación tardó unas cinco horas en completarse. Cuando todas las briquetas han prendido, se detiene la alimentación de combustible y se cierran los alimentadores; esto se hace para ayudar a que el fuego se propague y favorecer la combustión de las virutas de carbón que se colocaron a lo largo de las capas de bloques de arcilla.

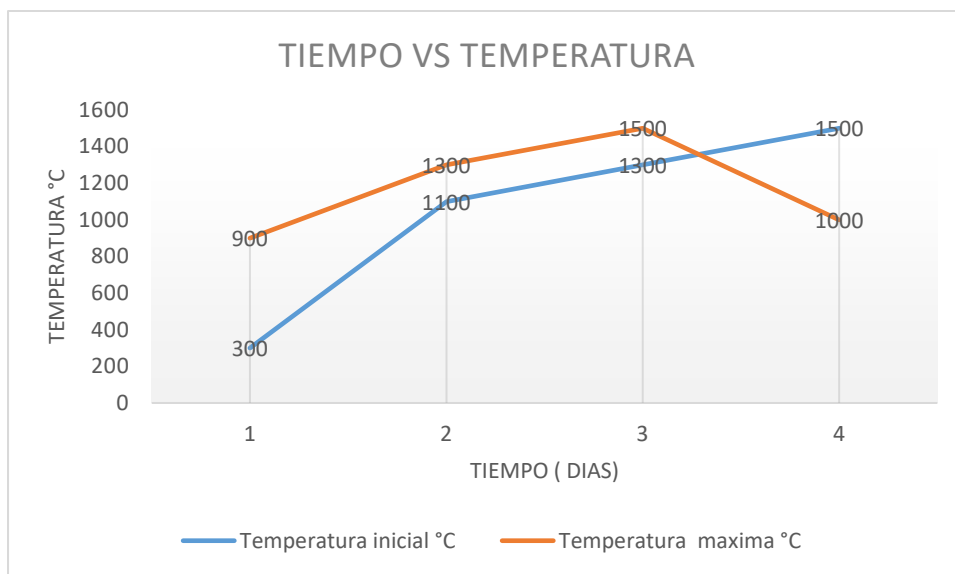


Figura 36 Colocación de leña para su posterior sellado.

- 12. Quemado de los bloques de arcilla: La quema se realizó a una temperatura que varía de los 1000 °c a 1500 °c, termina cuando se consume todo el carbón de la última capa superior de bloques de arcilla y esto duro aproximadamente 4 días debido a las dimensiones del horno.

Tabla 14 Temperatura vs Tiempo de la cocción de los bloques de arcilla

Tiempo (días)	Temperatura inicial °C	Temperatura máxima °C
1	300	900
2	1100	1300
3	1300	1500
4	1500	1000

GRAFICO 1 Línea de tendencia: temperatura vs tiempo

Fuente: Elaboración Propia.

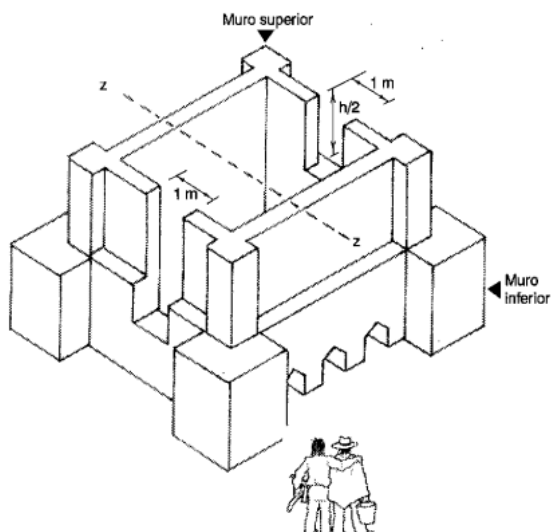
**Figura 37.** Diseño de horno adecuado



Figura 38. Verificación de horno adecuado.

3.9. Plan de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de datos se usaron métodos estadísticos y Excel que ayudaron a obtener los resultados de los bloques de arcilla de arcillas antes y después de colocar o introducir el micelio de hongos. Así se pudieron generar comparativos en los resultados viendo cuáles son las variaciones.

FASE I: Reunir información.

- Investigación de los antecedentes del proyecto.
- Análisis de la NTP E.070.
- Visita al lugar donde obtendré los datos para el desarrollo del proyecto.
- Observación del asesor.

FASE II: Extracción del micelio de hongos

- Tratamiento de los micelios de hongos
- Observación de asesor

FASE III: Aplicación y procesamiento de datos Obtenidos

- Caracterización de materiales: Gravedad específica, contenido de humedad, contenido de sales, granulometría y límites de atterberg.
- Observación del asesor.

FASE IV: Elaboración de bloques de arcilla artesanales

- Adición de micelio de hongos
- Mezcla
- Moldeado
- Secado
- Cocción
- Revisión por parte del asesor

FASE V: Aplicación de ensayos de laboratorio a los bloques de arcilla.

- Ensayos para las propiedades físicas de la unidad de albañilería
- Ensayos para las propiedades mecánicas de la unidad de albañilería
- observación de asesor

FASE VI: Revisión de resultados obtenidos

- inspección y orden de los resultados obtenidos.
- Análisis comparativo de costos y los beneficios que se obtendrá de nuevo material.
- Conclusiones y Recomendaciones.

3.10 Matriz de consistencia

Tabla XV. Matriz de consistencia

"Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal."					
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	Micelio de Hongos	Cantidad de micelio (%)	Tipo, nivel y método de investigación: aplicativa, cuasi experimental,
¿Cuál es el efecto de la incorporación del micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal?	Evaluar el efecto de la incorporación del micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal	La incorporación del micelio de hongos mejora de manera eficaz las propiedades físico-mecánicas de los bloques de arcilla artesanales			Población de estudio: unidades de ladrillo artesanal de Lambayeque Diseño muestral: 1 lote =500 unidades
ESPECIFICAS	ESPECIFICOS	ESPECIFICAS	Propiedades físico-mecánicas de los bloques de arcilla artesanales	Resistencia a la compresión Resistencia a la compresión axial Resistencia al corte diagonal	Técnicas de recolección de datos: ensayos Instrumentos de recolección de datos: balanza digital, normas
¿De qué manera el proceso de aplicación de la incorporación del micelio de hongo en las unidades de albañilería artesanal?	Explicar el proceso de aplicación de la incorporación del micelio de hongo en las unidades de albañilería artesanal	Evidenciar de manera correcta el proceso de aplicación de la incorporación del micelio de hongo en las unidades de albañilería artesanal			

¿Cuál será el efecto de la incorporación del micelio de hongos en las propiedades físicas de las unidades de albañilería?	Determinar el efecto de la incorporación del micelio de hongos en las propiedades físicas de las unidades de albañilería	Obtener un efecto positivo en las propiedades físicas de las unidades de albañilería tras la incorporación del micelio	variación dimensional	necesarias para el desarrollo (331.018, 331.019, NTP399.613, ASTM C177-13, E.070)	
¿Cuál será el efecto de la incorporación del micelio de hongos en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería?	Determinar el efecto de la incorporación del micelio de hongos en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería.	Obtener un efecto positivo en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería tras la incorporación del micelio	alabeo	Procedimientos para la recolección de datos: Elaboración de ensayos, recopilación de resultados y procesamiento en hojas de cálculo.	
¿Cuál será la dosificación adecuada de la incorporación del micelio de hongos en las unidades de albañilería artesanal?	Identificar la dosificación adecuada de la incorporación del micelio de hongos en las unidades de albañilería artesanal.	Obtener la dosificación adecuada en la incorporación del micelio de hongos en las unidades de albañilería artesanal	absorción		
¿En qué condiciones climáticas es recomendable emplear los bloques de arcilla artesanales con la incorporación del micelio de hongos?	Evaluar para que condición climática es recomendable emplear los bloques de arcilla artesanales bajo la incorporación del micelio de hongos	Comprobar en qué condiciones climáticas es recomendable emplear los bloques de arcilla bajo la incorporación del micelio de hongos.	Ladrillo Artesanales	Conductividad térmica	Técnicas de procesamiento de datos: Por los diversos resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio se utilizaron software para procesar los datos como Excel, Microsoft office Word y otros programas que nos faciliten el procesamiento de datos
				Erosión acelerada swinburne	

IV: Resultados

4.1. CLASIFICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS.

Para la interpretación de dichos resultados, como primer punto se denominaron de la siguiente forma:

- Muestra de Suelo Arcilloso (M1)
- Muestra de Arena Fina (M2)

Los resultados de las pruebas requeridas se realizaron después de codificar las muestras, y esos datos se presentaron de la siguiente manera:

Tabla XVI. Resultados: clasificación de los materiales

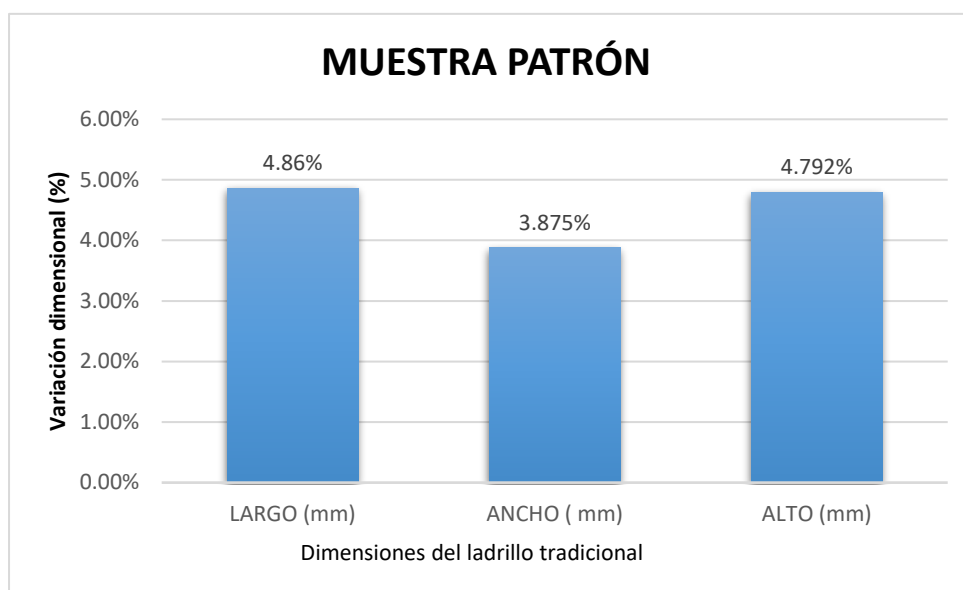
ENSAYOS	M1	M2	UNIDAD
Contenido de humedad	6.29	1.63	%
Gravedad especifica	2.12	2.77	%
Contenido de sales	0.05	0.03	%
Granulometría			
Arena	37.8	65.6	%
Arcilla y limo	62.2	34.4	%
Límite de atterberg			
Límite liquido (ll)	35.03	----	gr
Límite plástico (lp)	6.25	-----	gr
Índice plástico (ip)	28.78	-----	gr
Clasificación de suelos	CL		

4.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS BLOQUES DE ARCILLA ARTESANAL (PATRÓN)

A) ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

A continuación, se presentó los datos obtenidos del ensayo de variación dimensional, se contó con 10 unidades seleccionadas del total de 620.

GRÁFICO 2. Resultado ensayo de Variación dimensional - muestra patrón.



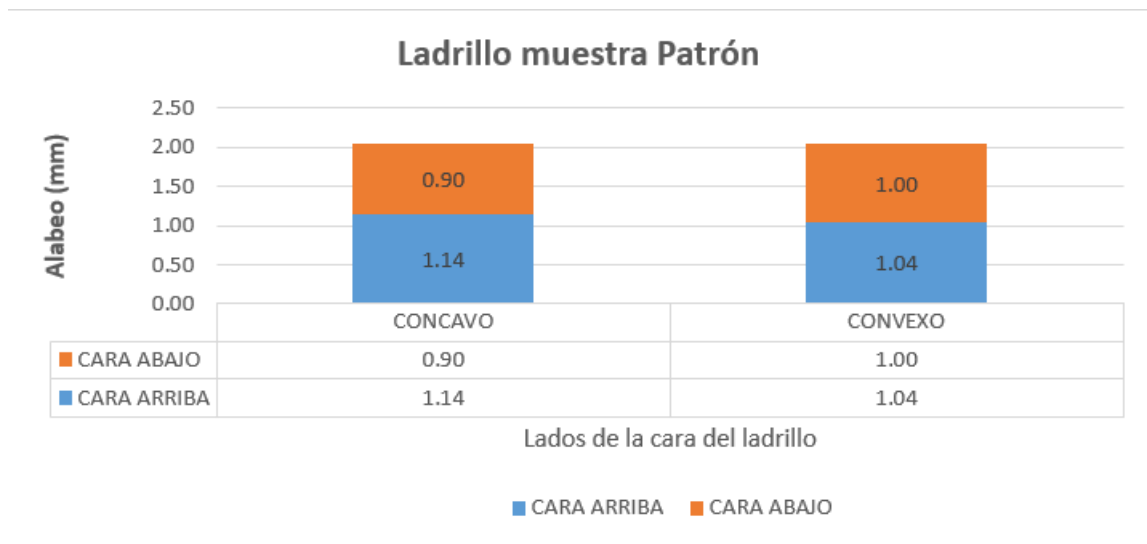
FUENTE: Elaboración propia

- **Interpretación:** Los bloques de arcilla de arcilla tradicionales clasificados por Tipo I no cumplen del todos los requisitos máximos especificados por norma E-070 (± 8 , ± 6 y ± 4 mm), ya que las unidades tienen valores finales de (4,86%, 3,875% y 4,792%) aunque algo alto, pero sigue siendo aceptable.

B) ENSAYO DE ALABEO

A continuación, se presentó los resultados obtenidos del ensayo de alabeo para la muestra patrón de las unidades de albañilería artesanal.

GRÁFICO 3. Resultado de la muestra patrón de las bloques de arcilla artesanal.



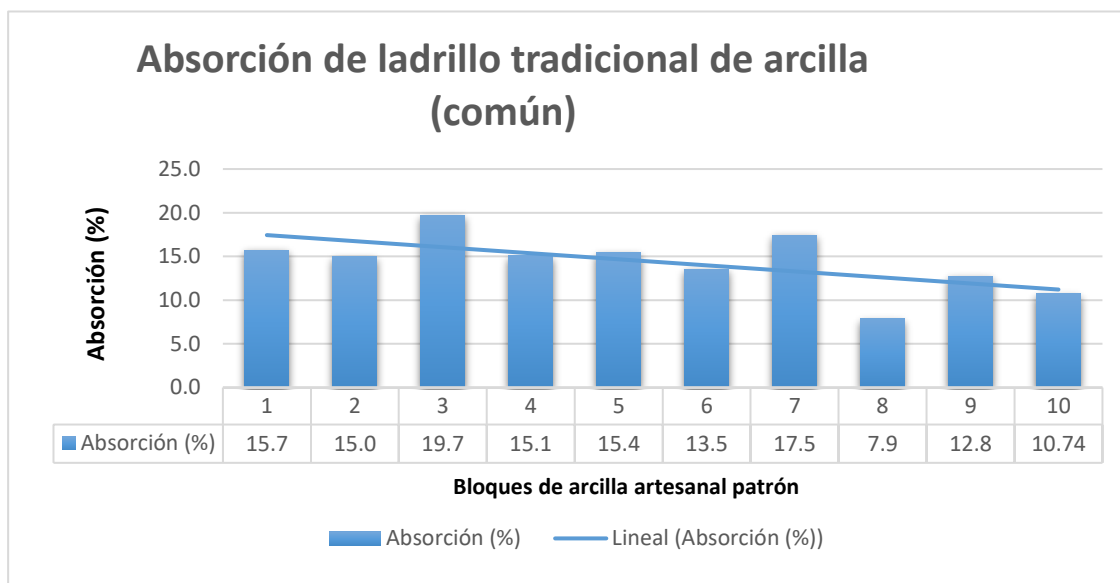
FUENTE: Elaboración propia.

- **Interpretación:** Se infiere de los datos obtenidos con respecto al ensayo de alabeo que para las unidades de albañilería de muestra patrón (1,14/1,04 mm y 0,90/1,00 mm), esta unidad es de tipo I cumple con los requisitos especificados en la norma E-070, que exige un máximo (10 mm) por lo que es aceptable.

C. ENSAYO DE ABSORCIÓN

A continuación, se presentó los resultados obtenidos del ensayo de absorción para la muestra patrón de las unidades de albañilería artesanal.

GRÁFICO 4. Resultados de Absorción de las unidades de arcilla tradicionales



FUENTE: Elaboración propia.

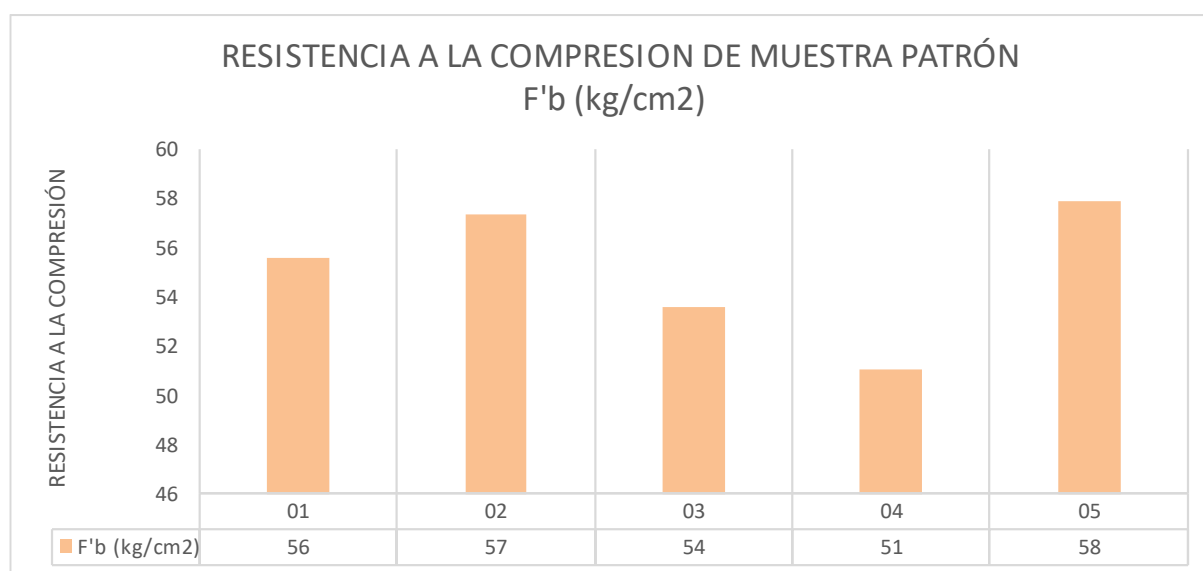
- **Interpretación:** Se infiere que los límites de absorción van desde un porcentaje de absorción mínimo de 7,9% hasta un porcentaje de absorción máximo de 19,7% y estos cumplen con los parámetros requeridos en la tabla de requisitos complementarios de la norma E-070, la cual nos dice que para unidades artesanales el máximo límite de absorción es del 22%.

4.3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE BLOQUES DE ARCILLA ARTESANAL (PATRÓN)

D. ENSAYO A LA COMPRESIÓN

A continuación, se presentó los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión por unidad siendo en total 5, para la muestra patrón de las unidades de albañilería artesanal.

GRÁFICO 5. Resultados de Resistencia a la compresión de las unidades de arcilla tradicionales



FUENTE: Elaboración propia.

- **Interpretación:**

Teniendo el promedio del ensayo a la resistencia a la compresión, se obtiene un 55,11 kg/cm², por lo que se puede inferir que si cumple con la tabla N° 1 de la norma E-70, clasificándola como unidades de albañilería de tipo I, el cual tiene como valor mínimo de 50 kg/mc² y no supera el de 70 kg/mc². Tal como se muestra en la siguiente tabla de la normativa.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)

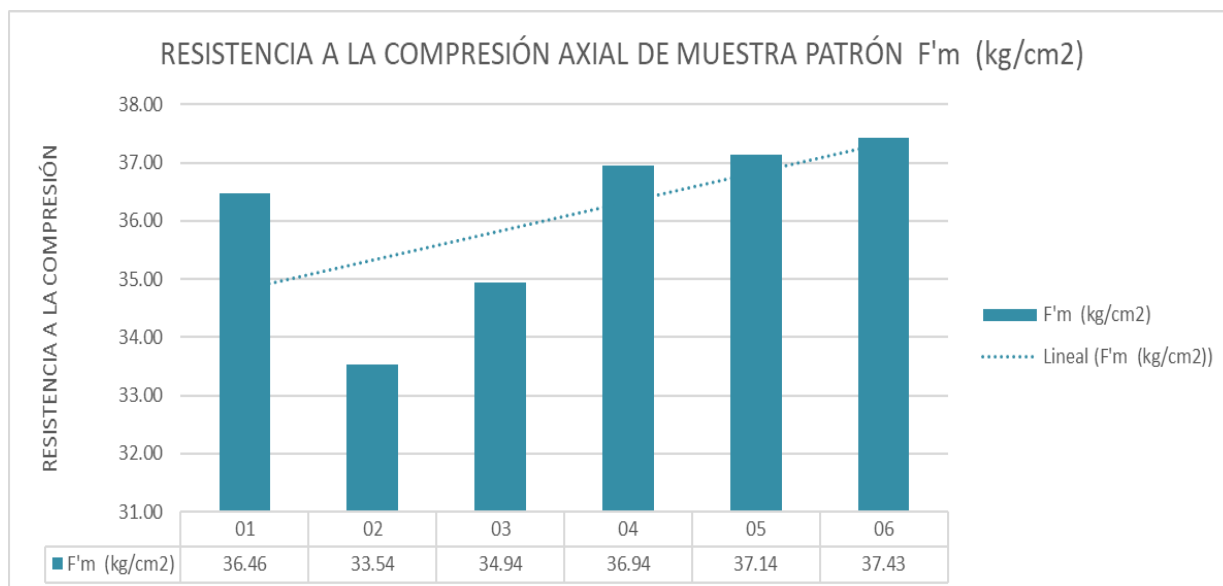
Figura 39. Clase de Unidad de albañilería

FUENTE. NORMA TECNICA PERUANA E-070

E. ENSAYO A LA COMPRESIÓN AXIAL

A continuación, se presentó los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión por pilas siendo en total 6, dichas pilas tienen una relación de altura y esbeltez de 2.27, fueron construidos con mortero 1:4 y almacenadas durante 28 días para la muestra patrón de las unidades de albañilería artesanal.

GRÁFICO 6. Resultados de Resistencia a la compresión axial de las unidades de arcilla tradicionales



FUENTE: Elaboración propia.

- **Interpretación:**

Teniendo el promedio del ensayo a la resistencia a la compresión Axial, se obtiene un 34.55 kg/cm² por lo que se puede inferir que si cumple con la tabla N°9 de la norma E-70, clasificándola como ladrillo King Kong artesanal que tiene como mínimo valor de 35 kg/cm² y no supera el de 65 kg/cm². Tal como se muestra en la siguiente tabla de la normativa.

Materia Prima	Denominación	UNIDAD f_u	PILAS f_p	MURETES f_m
	King Kong Artesanal	5.4 (55)	3.4 (35)	0.5 (5.1)
Arcilla	King Kong Industrial	14.2 (145)	6.4 (65)	0.8 (8.1)

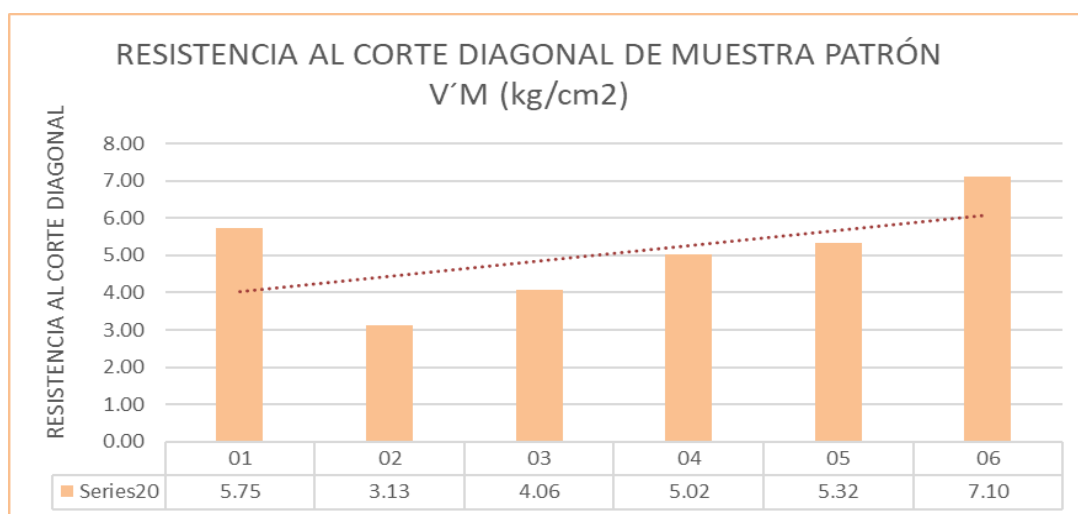
Figura 40. Clase de Unidad de albañilería

FUENTE. NORMA TECNICA PERUANA E-070

F. ENSAYO A LA COMPRESIÓN DIAGONAL

A continuación, se presentó los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión por murete siendo en total 6, fueron construidas con mortero 1:4 según NTP 399.621, de dimensiones ± 5 a 60x 60 cm y almacenadas durante 28 días para la muestra patrón de las unidades de albañilería artesanal.

GRÁFICO 7. Resultados de Resistencia a la compresión diagonal de las unidades de arcilla tradicionales



FUENTE: Elaboración propia.

- **Interpretación:**

Teniendo el promedio del ensayo a la resistencia a la compresión diagonal, se obtiene un 5.06 kg/cm² por lo que se puede inferir que si cumple con la tabla N°9 de la norma E-70, clasificándola como ladrillo King Kong artesanal que tiene como mínimo valor de 35 kg/mc² y no supera el de 65 kg/mc². Tal como se muestra en la siguiente tabla de la normativa.

Materia Prima	Denominación	UNIDAD	PILAS	MURETES
		f_d	f_m	v_m
	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
Arcilla	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)

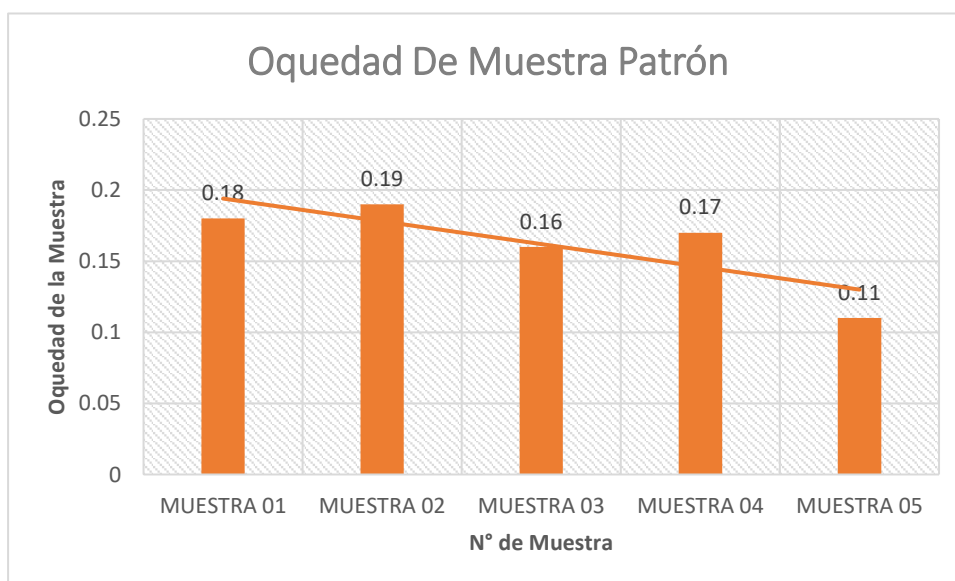
Figura 41. Clase de Unidad de albañilería

FUENTE. NORMA TECNICA PERUANA E-070

G. ENSAYO DE EROSION ACELERADA SWINBURNE

A continuación, se presentó los resultados obtenidos del ensayo de erosión acelerada por unidad siendo en total 5 de muestra patrón, se recopiló datos después de 10 min de goteo constante.

GRAFICO 8 Ensayo Erosión Celerada Swinburne Muestra Patrón



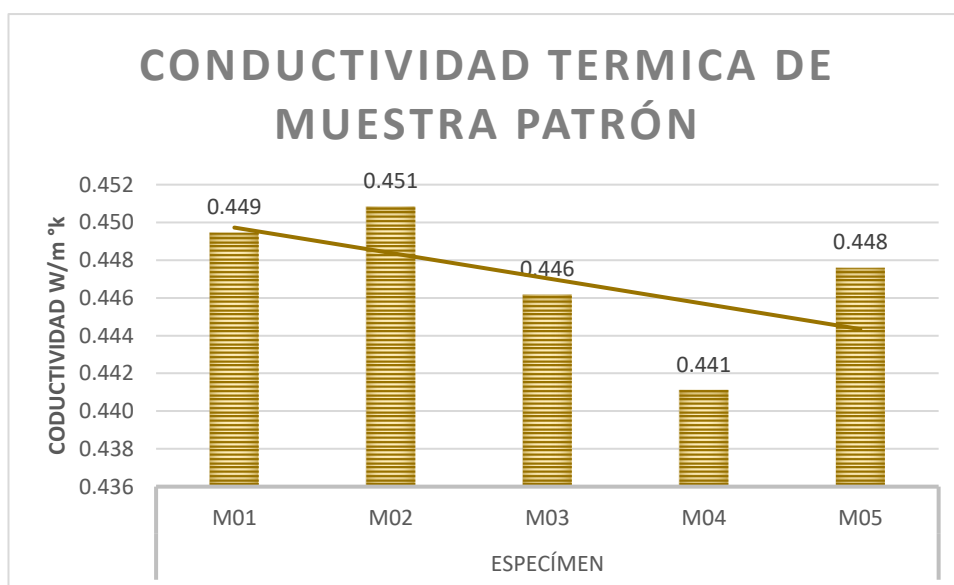
FUENTE: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Teniendo el promedio del ensayo de erosión acelerada swinburne, se obtiene un 0.16 mm lo que se puede inferir que si es apto para ser expuesto a ambientes agresivos como lluvia y viento estando dentro de los límites permisibles de la norma de la norma Une 41410.

H. ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

A continuación, se presentaron los resultados del ensayo de conductividad térmica por unidad, siendo en total 5 de muestra patrón.



FUENTE: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Teniendo el promedio del ensayo de conductividad térmica, se obtiene un 0.447 w/m °K lo que se puede inferir que se considera un material moderado aislante según la Norma Em.110, ya que el coeficiente de conductividad térmica en el anexo 03. Lista de características hidrométricas de los materiales de construcción dice que bloques de arcilla cocidas es de 0.84 w/ m °K lo que se considera pobre aislante.

4.4. LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS UNIDADES CON ADICIÓN DE MICELIO DE HONGOS.

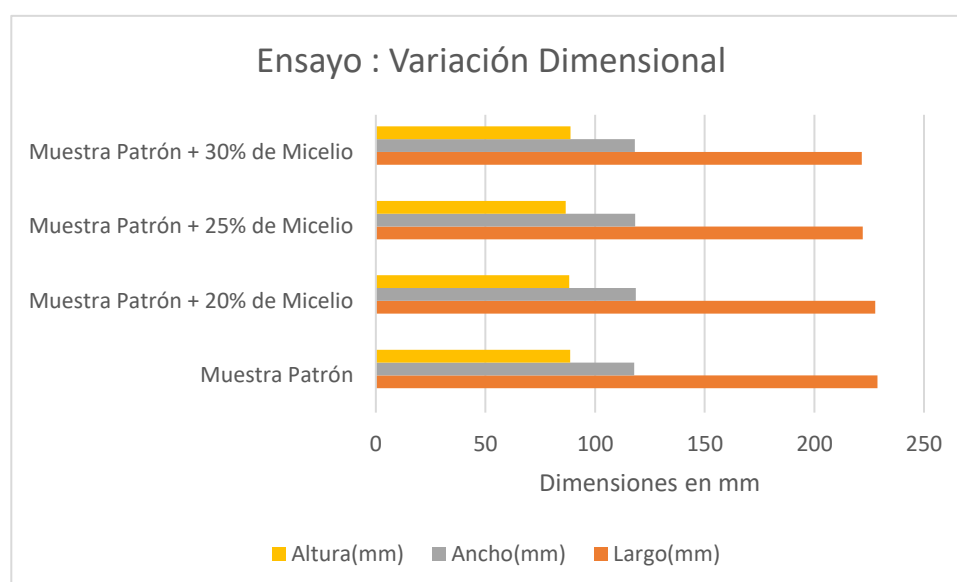
A) ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

A continuación, se mostró los datos obtenidos de la variación dimensional que presenta la muestra patrón y las unidades más adición de micelio y arcilla, deduciendo así el resultado óptimo.

Tabla XVII. Resultados de Variación Dimensional de las incorporaciones de Micelio.

Dimensiones	Muestra Patrón	Muestra Patrón + 20% de Micelio	Muestra Patrón + 25% de Micelio	Muestra Patrón + 30% de Micelio
L Promedio(mm)	228.81	227.73	222.03	221.61
Nominal	230.00	230.00	230.00	230.00
v%	3.86%	3.03%	3.47%	3.65%
A promedio(mm)	117.85	118.51	118.31	118.14
Nominal	120.00	120.00	120.00	120.00
v%	1.79%	1.24%	1.41%	1.55%
H promedio(mm)	88.69	88.18	86.64	88.78
Nominal	90.00	90.00	90.00	90.00
v%	3.79%	3.74%	3.58%	3.59%

GRÁFICO 9. Resultados de Variación dimensional de los bloques de arcilla patrón y con incorporación de micelio.



FUENTE: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Se realizó tres tipos de incorporaciones de 20% de micelio con 80% de arcilla teniendo como promedio en mm (220.73 x 118.51 x 88.18), 25% de micelio con 75% de arcilla (222.03 x 118.31 x 86.64) y 30% de micelio y 70% de arcilla (221.61 x 118.14 x 86.78) según la tabla N° 1 de la norma E-070 (± 8 , ± 6 y ± 4 mm), la muestra de 25% micelio y 75% arcilla cumple satisfactoriamente siendo aceptada la unidad ya que tiene un coeficiente de variación de 3.47%, 1.41%, 3.54% no mayor al 4 %.

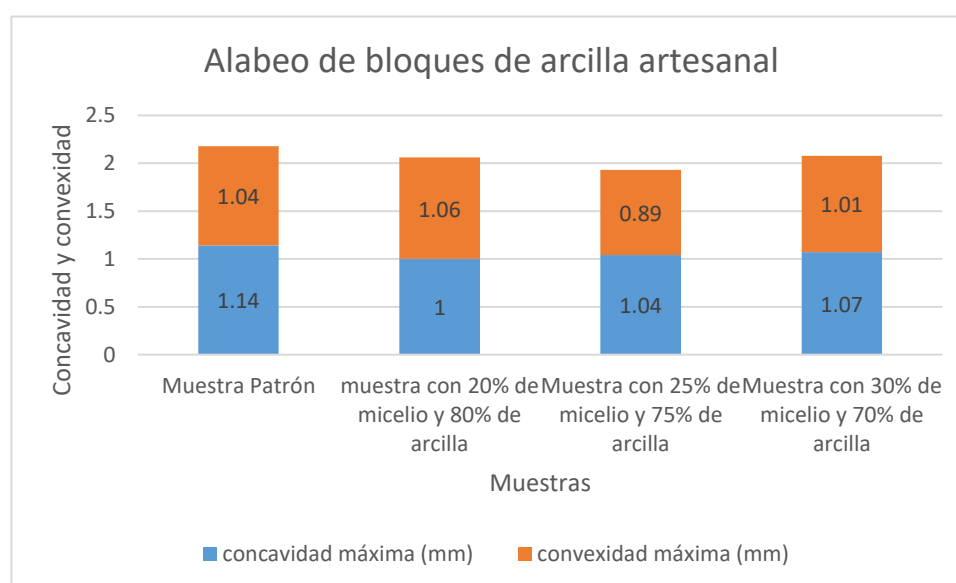
B) ENSAYO DE ALABEO

A continuación, se mostró la tabla de los resultados de alabeos en los lados de la muestra patrón y las unidades con adición de Micelio.

Tabla XVIII. Resultado del Alabeo de las incorporaciones de Micelio.

Alabeo	Muestra Patrón	muestra con 20% de micelio y 80% de arcilla	Muestra con 25% de micelio y 75% de arcilla	Muestra con 30% de micelio y 70% de arcilla
# Código	A	B	C	D
concavidad máxima (mm)	1.14	1	1.04	1.07
convexidad máxima (mm)	1.04	1.06	0.89	1.01

GRÁFICO 10. Resultados del ensayo: Alabeo de la muestra de estudio



FUENTE: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Se realizó tres tipos de incorporaciones de 20% de micelio con 80% de arcilla teniendo como promedio (concavidad de 1.0 mm y convexidad de 1.06 mm), 25% de micelio con 75% de arcilla (concavidad de 1.04 mm y convexidad de 0.89 mm) y 30% de micelio y 70% de arcilla (concavidad de 1.07 mm y convexidad de 1.01mm) según la tabla N° 1 de la norma E-070 (Max. 10mm), la muestra de 25 % micelio y 75% arcilla cumple satisfactoriamente aceptada la unidad, ya que tiene menos valor de alabeo que las otras adicciones.

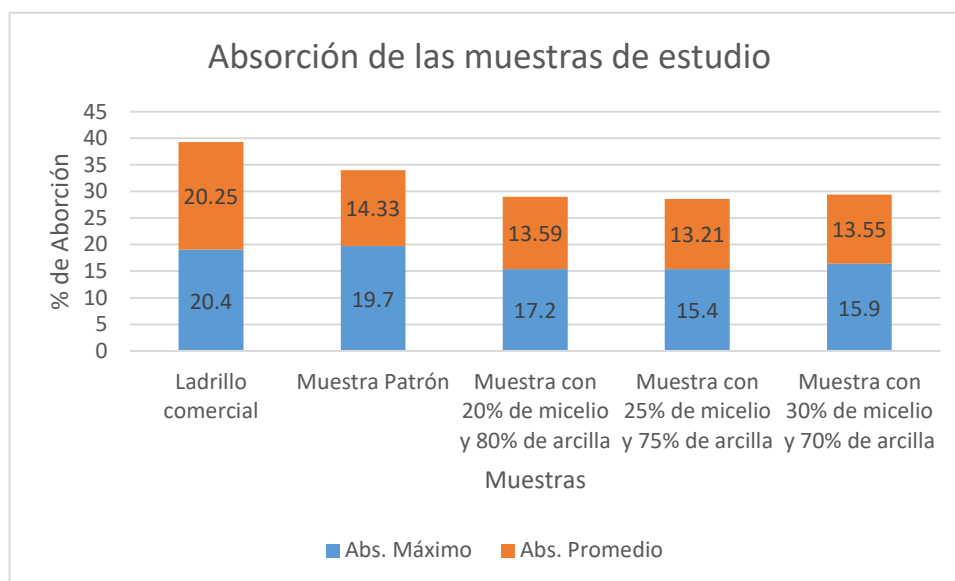
C) ENSAYO DE ABSORCIÓN

A continuación, se presentó los resultados obtenidos del ensayo de absorción para la muestra patrón de las unidades de albañilería artesanal y las 3 variaciones de incorporación de micelio de hongos para así evaluar cual es el más óptimo.

Tabla XIX. Resultado de Absorción de los bloques de arcilla con adición de micelio y arcilla

	Ladrillo comercial	Muestra Patrón	Muestra con 20% de micelio y 80% de arcilla	Muestra con 25% de micelio y 75% de arcilla	Muestra con 30% de micelio y 70% de arcilla
Absorción					
# Código	Com	A	B	C	D
Abs. Máximo	20.4	19.7	17.2	15.4	15.9
Abs. Promedio	20.25	14.33	13.59	13.21	13.55

GRÁFICO 11. Resultados del ensayo : Absorción de unidades comerciales y muestras con adiciones de micelio



FUENTE: elaboración propia

- **Interpretación:**

Se observó que el porcentaje de absorción respecto a la muestra óptima de 25% micelio y 75% arcilla va desde el mayor porcentaje de absorción de 15.4% hasta el menor porcentaje de absorción de 8.1%, los cuales satisfacen con los requisitos impuestos por la NTP 339.604 como indica en la tabla de requisitos complementarios para unidades de albañilería artesanal como señalamos, siendo así el límite máximo en absorción de 22%.

4.5. LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS UNIDADES ARTESANALES CON INCORPORACIÓN DE MICELIO.

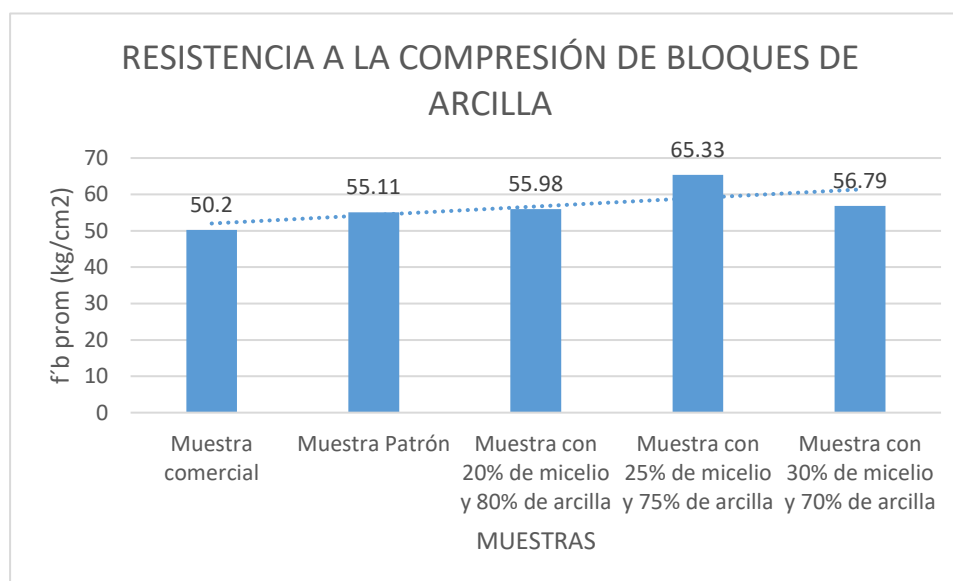
D) ENSAYO A LA COMPRESIÓN

A continuación, se presentaron los resultados del ensayo de resistencia a la compresión, mostrando la comparación de la muestra patrón de las unidades de albañilería artesanal y las incorporaciones de micelio de hongos, y la incorporación de micelio más óptima.

Tabla XX. Resultados del ensayo a la compresión de los bloques de arcilla con adición de micelio y arcilla

	Muestra comercial	Muestra Patrón	Muestra con 20% de micelio y 80% de arcilla	Muestra con 25% de micelio y 75% de arcilla	Muestra con 30% de micelio y 70% de arcilla
Resistencia					
# Código	Com	A	B	C	D
f' b Min. (Kg/cm ²)	42.54	51	54	59	52
f' b Máx. (Kg/cm ²)	55	58	60	68	59
f' b Prom. (Kg/cm ²)	50.2	55.11	55.98	65.33	56.79
Des. Estándar	5.04	4.94	4.24	6.36	4.94

GRÁFICO 12. Resultados del ensayo: Resistencia a la compresión de muestra patrón y adiciones de micelio.



FUENTE: elaboración propia

Tras hacer una comparación general de las diversas muestras en los diferentes porcentajes como son: 20% de micelio con 80% de arcilla teniendo como promedio (55.98 kg/cm²), que es un promedio parecido a la muestra patrón con (55.11 kg/cm²) lo que implica que no hay variación significativa en dicha incorporación, en cuanto a la muestra de 25% de micelio con 75% de arcilla (65.33 kg/cm²) hay un aumento en la resistencia significativamente de 18.54%, el cual, el cual es indicador de la muestra óptima y al finalizar la muestra de 30% de micelio y 70% de

arcilla (56.79 kg/cm³) no presenta un aumento significativa en relación a la muestra patrón; por lo que se observa un descenso en la resistencia lo que indica que entre más dosificación menos resistencia.

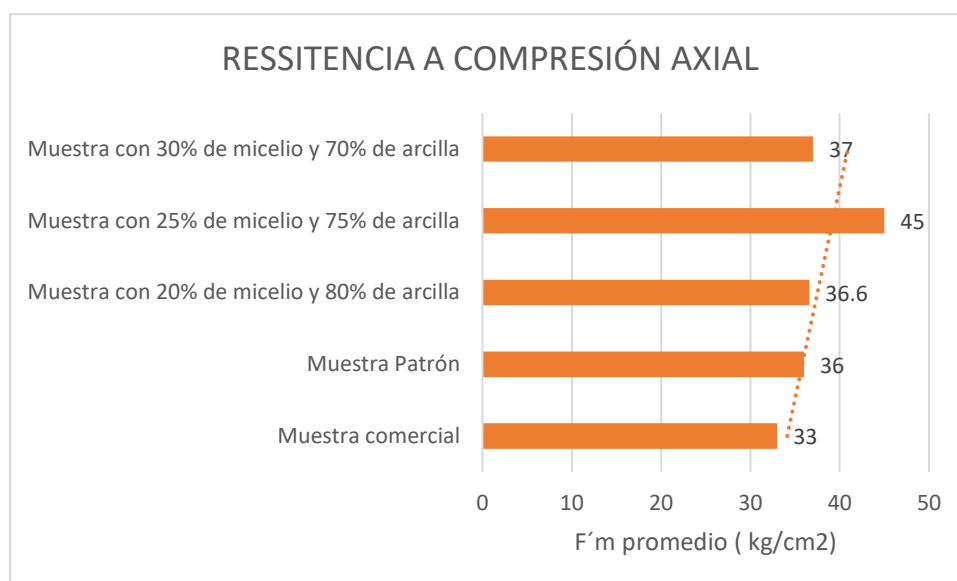
E) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL

A continuación, se presentaron los resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial, con la comparación de la muestra patrón de las unidades de albañilería artesanal y las incorporaciones de micelio de hongos, y la incorporación de micelio más optima.

Tabla XXI. Resultados del ensayo a la compresión axial de las unidades con incorporación de micelio y arcilla

	Muestra comercial	Muestra Patrón	Muestra con 20% de micelio y 80% de arcilla	Muestra con 25% de micelio y 75% de arcilla	Muestra con 30% de micelio y 70% de arcilla
Compresión axial / % dosifi.					
# Código	com	A	B	C	D
fm. min	30.41	33.5	34.1	40.6	32.5
fm. máx.	34.8	37.4	38.4	54	39.8
fm. promedio	33	36	36.6	45	37
Des. Estándar	3.47	2.75	3.08	9.48	5.16

GRÁFICO 13. Resultados del ensayo: Compresión axial de unidades de albañilería de muestra patrón mas las adiciones de micelio de hongos.



FUENTE: elaboración propia

- **Interpretación:**

Tras hacer una comparación general de las diversas muestras en los diferentes porcentajes como son 20% de micelio con 80% de arcilla teniendo como promedio (35.12 kg/cm²), que es un promedio parecido a la muestra patrón con (34.55 kg/cm²) lo que implica que no hay variación significativa en dicha incorporación en cuanto a la muestra de 25% de micelio con 75% de arcilla (40.11 kg/cm²) hay un aumento en la resistencia significativamente de 16.09%, el cual es indicador de la muestra óptima y al finalizar la muestra de 30% de micelio y 70% de arcilla (34.80 kg/cm³) no presenta un aumento significativo en relación a la muestra patrón; por lo que se observa un descenso en la resistencia lo que indica que entre más dosificación menos resistencia.

F) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CORTE

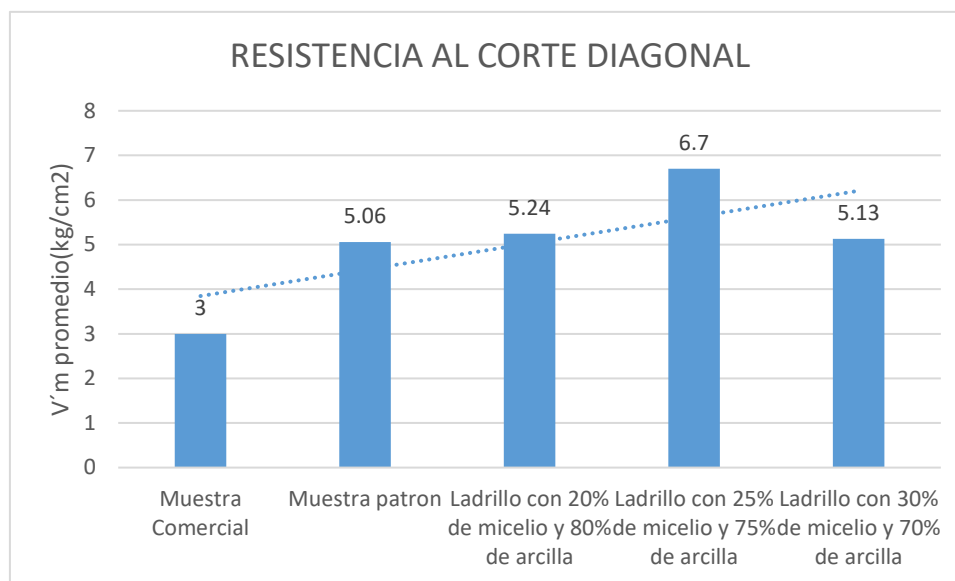
Para el siguiente ensayo se usó la norma NTP 399.605 donde los parámetros se muestran en la siguiente tabla:

A continuación, se muestra una tabla resumen con los datos obtenidos en el ensayo.

Tabla XXII. Resultados del ensayo a la compresión de corte de los bloques de arcilla con adición de micelio y arcilla

Resistencia al corte / % dosifi.	Muestra Comercial	Muestra patrón	Ladrillo con 20% de micelio y 80% de arcilla	Ladrillo con 25% de micelio y 75% de arcilla	Ladrillo con 30% de micelio y 70% de arcilla
# Código	com	A	B	C	D
Vm. min	2.9	3.1	3.7	4.1	3.3
vm. máx.	3.3	7.1	8.3	9.8	6.7
Vm. promedio	3	5.06	5.24	6.7	5.13
Des. Estándar	5.2	2.8	3.21	4.03	2.41

GRÁFICO 14. Resultados del ensayo: Corte diagonal de muretes artesanales patrón mas las adiciones de micelio de hongos.



FUENTE: elaboración propia

- **Interpretación:**

Tras hacer una comparación general de las diversas muestras en los diferentes porcentajes como son 20% de micelio con 80% de arcilla teniendo como promedio (5.24 kg/cm²), que es un promedio parecido a la muestra patrón con (5.06 kg/cm²) lo que implica que no hay variación significativa en dicha incorporación, en cuanto al 25% de micelio con 75% de arcilla (6.70 kg/cm²) hay un aumento en la resistencia significativamente de 32.41%, el cual es indicador de la muestra optima y al finalizar, la muestra de 30% de micelio y 70% de arcilla (5.13 kg/cm³) no presenta un aumento significativo en relación a la muestra patrón; por lo que se observa un descenso en la resistencia lo que indica que entre más dosificación menos resistencia.

Tabla XXIII. Resistencias características de las unidades de albañilería.

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BLOQUES DE ARCILLA ARTESANAL Mpa(kg/cm ²)				
MATERIA PRIMA	DENOMINACIÓN	UNIDADES	PILAS	MURETES
		f _b min (5.4)	f _m min (3.4)	v _m min (0.5)
ARCILLA	MUESTRA PATRÓN	5.40 (55.11)	3.54 (34.55)	0.49 (5.06)
	MUESTRA PATRÓN + 20% DE MICELIO DE HONGOS	5.48 (55.98)	3.59 (35.12)	0.51 (5.23)
	MUESTRA PATRÓN + 25% DE MICELIO DE HONGOS	6.40 (65.32)	4.39 (40.11)	0.6(6.69)
	MUESTRA PATRÓN + 30% DE MICELIO DE HONGOS	5.56 (56.78)	3.65 (34.52)	0.50 (5.12)

- Se compara con los parámetros establecidos por la norma E.070

TABLA 9 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm ²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD	PILAS	MURETES
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Figura 42. Resistencias características según la norma E.070

- Tras comparar las diversas muestras en los diferentes porcentajes, se concluyó que la óptima incluye un 25 % de micelio y un 75 % de arcilla, ya que, al aumentar más porcentaje de ambos materiales, genera una caída en las propiedades.

G). - EROSION ACELERADA SWINBURNE

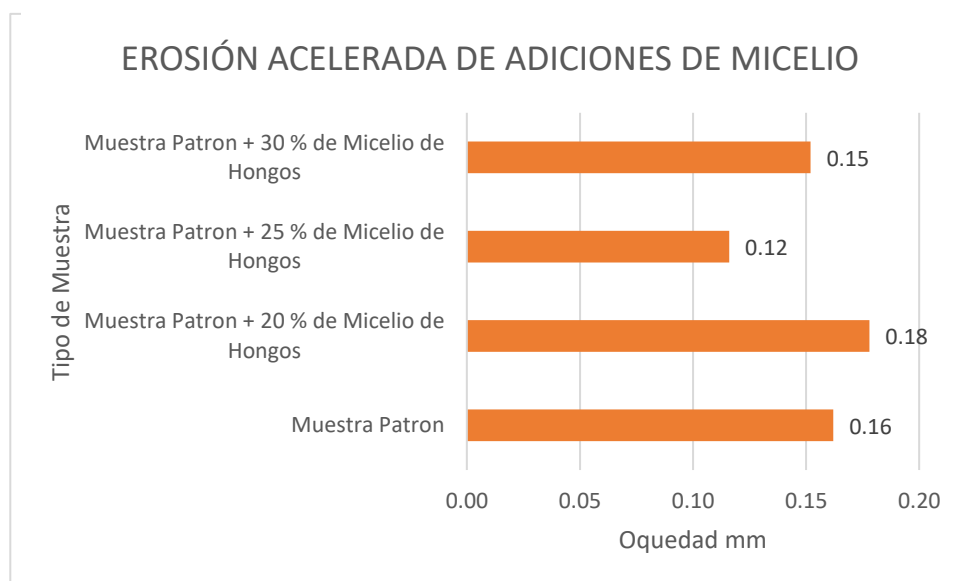
Para el siguiente ensayo se usó la Norma Española UNE 41410 donde los parámetros se muestran en la siguiente tabla:

A continuación, se muestra una tabla resumen con los datos obtenidos en el ensayo.

Tabla XXIV Erosión acelerada de las muestras con adición de micelio.

ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA				
TIPO DE MUESTRA	Tiempo	Oquedad Max	Oquedad-Muestra	Observaciones
	Mín	mm	mm	
Muestra Patrón	60	10	0.16	APTO
Muestra Patrón + 20 % de Micelio de Hongos	60	10	0.18	APTO
Muestra Patrón + 25 % de Micelio de Hongos	60	10	0.12	APTO
Muestra Patrón + 30 % de Micelio de Hongos	60	10	0.15	APTO
Promedio				0.15
Desv.Estandar				0.03
Oquedad.				0.13

GRAFICO 15. Erosión acelerada para adiciones de micelio de hongos



FUENTE: elaboración propia

- **Interpretación:**

Tras comparar las muestras en porcentajes como 20 % de micelio con 80 % de arcilla, con promedio (0.178 mm), una media similar a la muestra patrón con (0.162 mm) lo que implica que no hay variación significativa en la incorporación, en cuanto al 25% de micelio con 75% de arcilla (0.116 mm) que es indicador de la muestra optima y, al final, la muestra es apta.

H). - CONDUCTIVIDAD TERMINCA

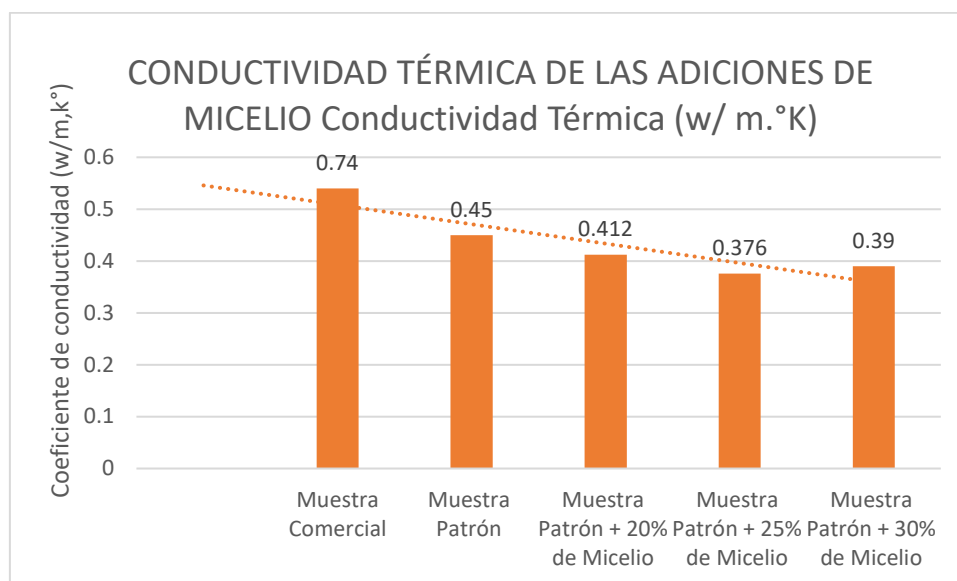
Para el siguiente ensayo se usó la Norma ASTM C-177 donde los parámetros se muestran en la siguiente tabla:

A continuación, se muestra una tabla resumen con los datos obtenidos en el ensayo.

Tabla XXV. Conductividad térmica de muestra patrón + adiciones de micelio.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LAS ADICIONES DE MICELIO				
TIPO DE MUESTRA	Potencia (w)	Temperaturas (°K)		Conductividad Térmica (w/ m.°K)
		Placa Fría	Placa Caliente	
Muestra Comercial	30	376.15	487.25	0.74
Muestra Patrón	30	303.64	532.28	0.45
Muestra Patrón + 20% de Micelio	30	305.18	549.5	0.412
Muestra Patrón + 25% de Micelio	30	310.76	578.68	0.376
Muestra Patrón + 30% de Micelio	30	308.02	567.02	0.39

GRAFICO 16. Ensayo de Conductividad Termica en Muestra Patrón + Adiciones de Micelio



FUENTE: elaboración propia

- **Interpretación:**

Tras hacer una comparación general de las diversas muestras en los diferentes porcentajes como son 20% de micelio con 80% de arcilla teniendo como promedio (0.412 w/m.°K), que es un promedio parecido a la muestra patrón con (0.45 w/m.°K) lo que implica que no hay variación significativa en dicha incorporación, en cuanto al 25% de micelio con 75% de arcilla (0.376 w/m.°K) el cual es indicador de la muestra es óptima y está cerca del rango de buen aislante térmico y al finalizar, la muestra de 30% de micelio y 70% de arcilla (0.390 w/m.°K) por lo que se puede diferir que las muestras con adiciones se consideran moderadas térmicamente.

4.6. ANALISIS DE COSTOS:

A continuación, se muestra el análisis de costos utilizando solo la muestra patrón y con el porcentaje optimo tras los ensayos, en este caso la muestra patrón con el de 25% de micelio de hongos (Anexo 11).

Tabla XXIV. Presupuesto de la muestra patrón

PRESUPUESTO PARA UN MILLAR DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA ARTESANAL						
PROYECTO: ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA ARTESANALES MUESTRA PATRÓN						
PROPIETARIO: ELDER CHAPOÑAN						
UBICACIÓN: Sector La Polvadera -Distrito de Pacora -Departamento de Lambayeque						
FECHA: Abril del 2025						
ELABORADO POR: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA						
CODIGO	INSUMO	UNIDAD	X MIL	MATERIALES P.PARCIAL	MANO DE OBRA P.PARCIAL	HERRAMIENTAS P.PARCIAL
1	EXTRACCIÓN DE SUELO ARCILLOSO	M3	2.5	S/ 38.40	S/ 64.51	S/ 1.94
2	DOSIFICACIÓN Y MEZCLA	MIL	1	S/ 0.00	S/ 179.10	S/ 5.37
3	MOLDEADO	MIL	1	S/ 0.00	S/ 17.82	S/ 5.37
4	SECADO Y TRASLADO AL HORNO	MIL	1	S/ 0.00	S/ 17.82	S/ 0.89
5	QUEMADO DE UNIDADES	MIL	1	S/ 150.00	S/ 17.82	S/ 0.89
				S/ 188.40	S/ 297.06	S/ 14.46
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN POR MILLAR				S/ 499.91		

Tabla XXV. Presupuesto de la muestra óptima 25% de micelio y 75% arcilla

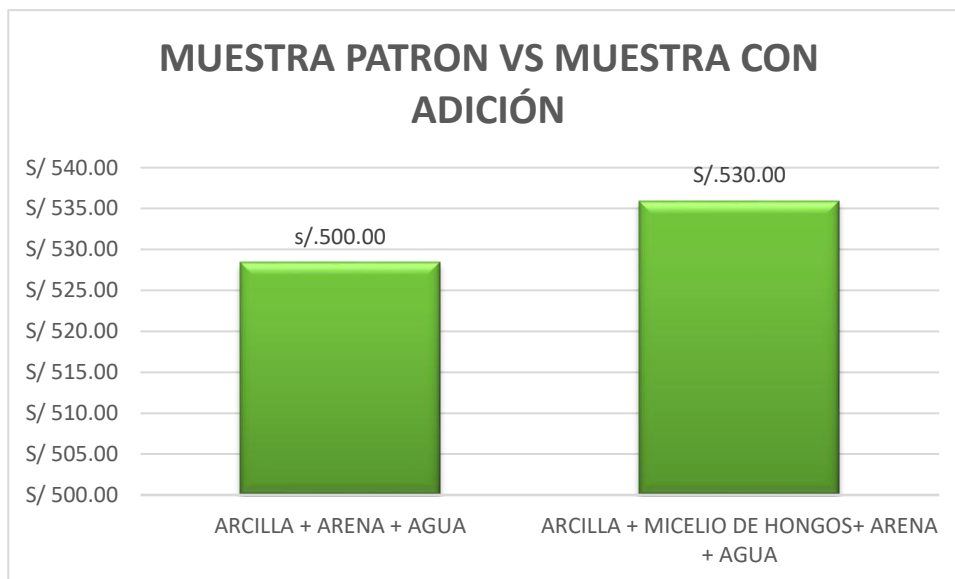
PRESUPUESTO PARA UN MILLAR DE LADRILLOS						
PROYECTO: ELABORACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES MUESTRA PATRÓN + MICELIO						
PROPIETARIO: ELDER CHAPOÑAN						
UBICACIÓN: Sector La Polvadera -Distrito de Pacora -Departamento de Lambayeque						
FECHA: Abril de 2025						
ELABORADO POR: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA						
CODIGO	INSUMO	UNIDAD	X MIL	MATERIALES P.PARCIAL	MANO DE OBRA P.PARCIAL	HERRAMIENTAS P.PARCIAL
1	EXTRACCIÓN DE SUELO ARCILLOSO	M3	2.5	S/ 58.50	S/ 64.51	S/ 1.94
2	DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO	MIL	1	S/ 0.00	S/ 179.10	S/ 5.37
3	MOLDEADO	MIL	1	S/ 0.00	S/ 17.82	S/ 5.37
4	SECADO Y TRASLADO AL HORNO	MIL	1	S/ 0.00	S/ 17.82	S/ 0.89
5	QUEMADO DE UNIDADES	MIL	1	S/ 150.00	S/ 17.82	S/ 0.89
				S/ 208.50	S/ 297.06	S/ 14.46
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN POR MILLAR				S/ 530.00		

- RENTABILIDAD:

Tras hacer una comparación en los costos obtenidos de la muestra patrón y tras la incorporación del micelio y arcilla, se obtuvo que los costos no presentan una gran variación, por lo que se podría utilizar el micelio ya que presenta el 3% más que el costo de la muestra patrón.

Tabla XXVI. Comparación de costos

COMPARACION DE COSTOS TOTAL POR MILLAR DE BLOQUES DE ARCILLA ARTESANALES			
TIPO DE LADRILLO	INSUMOS	GASTO TOTAL POR MILLAR	VENTA BRUTA POR MILLAR
MACIZO	ARCILLA + ARENA + AGUA	S/ 499.91	S/ 500.00
MACIZO	ARCILLA + MICELIO DE HONGOS+ ARENA + AGUA	S/ 530.00	S/ 530.00

GRÁFICO 17. Comparación de costos totales de bloques de arcilla artesanales.

FUENTE: elaboración propia

V. Discusión:

Según los resultados, se puede concluir que la hipótesis propuesta para este estudio es aceptada. Esta hipótesis afirma que la incorporación del micelio de hongos mejora de manera eficaz las propiedades físico-mecánicas de los bloques de arcilla artesanales. Siempre que se use el 25% de micelio y el 75% de hongos para mejorar las propiedades de los bloques de arcilla artesanales.

5.1. MATERIALES A ANALIZAR

En el estudio se ha evaluado la arena fina y suelo arcilloso mediante los siguientes ensayos:

- a) **Contenido de sales:** Al realizar este ensayo mediante la norma ASTM D – 854, obtuvimos que el suelo arcilloso tuvo una presencia de 0.05% y la arena fina un 0.03% de contenido de sales. Este hallazgo apoya aún más la idoneidad del suelo utilizado en la producción de unidades de albañilería artesanal, debido a la concentración admisible de iones en la mezcla no supera el 1%, siendo especialmente perceptible el carbonato cálcico.
- b) **Contenido de humedad:** Al realizar este ensayo obtuvimos en el suelo arcilloso un 6.2% y en la arena fina un 1.6% de contenido de humedad, por lo que, para aumentar

la resistencia del material, se tendría que realizar un ajuste para el cálculo de agua restante.

- c) **Gravedad específica:** Tras realizar el ensayo se obtuvo 2.12 g/cm³ en el suelo arcilloso y 2.77 g/cm³ en la arena fina, los datos resultantes son coherentes, ya que el suelo arcilloso tiene mayor peso que los agregados.
- d) **Granulometría:** Las muestras utilizadas en este estudio se sometieron a un proceso de tamizado utilizando una malla N°200. Los valores resultantes fueron los siguientes: 37.8% de finos pasaron por el tamiz N°200 para la tierra arcillosa, 62.2% para la arena negra fina. Basándose en la información obtenida, se concluye que las propiedades granulométricas son comparables a las del suelo arcilloso.

5.2. MÉTODO DE MEZCLADO

La mezcla manual de los materiales tenía lugar en la ladrillera, ya que el procedimiento de fabricación de bloques de arcilla es totalmente manual. Las observaciones realizadas durante el proceso de mezcla indican que el aumento de la proporción de micelio de hongos en la mezcla provoca un aumento en la trabajabilidad y no presenta dificultad para dar forma a los bloques de arcilla manualmente.

Tras la adquisición de las unidades de albañilería, se realizaron las pruebas necesarias para identificar y determinar sus propiedades mecánicas y físicas, como se menciona en el ítem 5.1.

5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- a) **Variación dimensional:** Bajo la norma E070, se tomó como referencia mediciones: 22 cm de longitud, 12 cm de anchura y 9 cm de altura. Las variaciones correspondientes en dimensiones fueron las siguientes 21.8 cm, 11.7 cm y 8.5 cm para el ladrillo muestra patrón; y considerando el porcentaje óptimo de incorporación de micelio determinado el ensayo de variación dimensional, los valores obtenidos para la muestra con incorporación del 25% de micelio fueron 3.47 %; 1.41 %; 3.58 %, cumpliendo con la norma con un coeficiente de variación menor al 4 %.
- b) **Alabeo:** Determinamos que la concavidad máxima del ladrillo patrón es de 1.14mm y 1,04mm, respectivamente, y la máxima del ladrillo con incorporación óptima del 25% de micelio de hongos fue de 1.04mm y 0.89mm, respectivamente; cumpliendo con la norma E-070, por tener menos valor de alabeo respecto a las otras adicciones.

- c) **Absorción:** La NTP 339.604 especifica que la absorción de un ladrillo de arcilla no debe ser inferior al 22%. El ladrillo patrón alcanzó una absorción máxima del 19,7%, mientras que la muestra, suplementada con un 25% de micelio de hongos, demostró una absorción máxima del 15.4%. Como se demuestra en el Gráfico N°9, en resumen, se puede construir con estos bloques de arcilla en condiciones climáticas de lluvia debido a su baja absorción al agua lo que lo hace resistente a la humedad.
- d) **Resistencia a la compresión:** después de los ensayos bajo la E070, la muestra patrón resultó con (55.11 kg/cm²), lo que implica que no hay variación significativa porque solo presenta un aumento de 1,58% en la incorporación, en cuanto a la muestra de 25% de micelio con 75% de arcilla (65.33 kg/cm²) hay un aumento de 18.54%, indicador de la muestra óptima.
- e) **Resistencia a la compresión axial:** Nuestros resultados fueron un 16.09% (40.11 kg/cm²) superior al obtenido en la muestra patrón (34.55 kg/cm²), al ser comparados con la norma E070, resulta estar dentro de las resistencias establecidas, como se muestra en la Tabla 9 de la norma, donde menciona una resistencia mínima de 35 kg/cm². Por lo que se corrobora que los resultados son óptimos.
- f) **Resistencia al corte diagonal:** Como se indica en la norma E070, los resultados obtenidos demuestran estar dentro del rango establecido por la norma superando la resistencia mínima de 5 kg/cm² mencionada en la norma. De esta manera se corrobora la resistencia óptima obtenida con un incremento del 25% de micelio (6.70 kg/cm²) al ser mayor que la muestra patrón (5.06 kg/cm²).
- g) **Conductividad térmica:** En consecuencia, tras el ensayo se obtuvo como resultados 25% de micelio con 75% de arcilla (0.376 w/m.°K) el cual es la adición con mejor conductividad y está cerca del rango de buen aislante térmico por lo que se puede diferir que las muestras con adiciones se consideran moderadas aislantes según la norma EM110 donde indica que el coeficiente de aislamiento de un bloque de arcilla cocida es de 0.84 w/m.°K
- h) **Erosión Acelerada:** Tras el ensayo, los resultados del 25% de micelio con 75% de arcilla (0.116 mm) demostrando que posee una oquedad muy baja comparada con el máximo permisible de la norma española Une 41410, donde indica que el máximo es 10 mm, por lo que se puede diferir que las muestras con adición son aptas para climas donde interviene la humedad sin deteriorarse por sus características de resistencia a la erosión causadas por las lluvias y viento.

5.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON ANTECEDENTES

Según los datos recogidos, es factible indicar que se sostiene la hipótesis prevista para esta investigación, donde se determinó que: la incorporación del micelio de hongos mejora de manera eficaz las propiedades físico-mecánicas de los bloques de arcilla artesanales.

- **Objetivo 2: Determinar el efecto de la incorporación del micelio de hongos en las propiedades físicas de las unidades de albañilería**

Se realizaron ensayos de variación dimensional, alabeo y absorción en bloques de arcilla con diferentes porcentajes de incorporación de micelio de hongos (0%, 20%, 25% y 30%) y arcilla (0%, 80%, 75% y 70%) tal como se observa en la tabla XI.

Con el ensayo de absorción, visualizado en la tabla XVIII, se realizó comparaciones entre las cuatro muestras para determinar la óptima, siendo esta la del 25% micelio y 75% arcilla; ya que presento un porcentaje de absorción de 15.4% y este se ajustó mejor a los límites máximos permitidos según la Norma NTP 339.604 de un 22%.

INVESTIGACION: [6] en su investigación titulada “Biocompuestos de Micelio y sus posibles aplicaciones en la arquitectura” y [3] en su artículo “Desarrollo Tecnológico de Paneles Multicapa a partir de Residuos Lignocelulósicos Bioligados con Micelio de Hongos”

En contraste con la investigación de Conde (2021) [6] en su investigación titulada “Bio compuesto de Micelio y sus posibles aplicaciones en la arquitectura” reportó una reducción de hasta 9% en la absorción al agregar micelio, atribuyendo este efecto a que este material densifica la microestructura de los bloques de arcilla. Fernández et al. (2019) [3] en su artículo “Desarrollo Tecnológico de Paneles Multicapa a partir de Residuos Lignocelulósicos Bioligados con Micelio de Hongos” encontraron mejoras similares, disminuyendo la absorción en un 10-6% según la dosificación empleada.

Por lo tanto, según la información presentada, se afirma el cumplimiento del segundo objetivo al determinar el efecto del micelio en las propiedades físicas del ladrillo, a través de los ensayos realizados y la muestra con 25% de micelio mostró un óptimo desempeño del micelio en el ladrillo.

- **Objetivo 3: Determinar el efecto de la incorporación del micelio de hongos en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería**

Respecto al 3er objetivo específico de determinar el efecto de la incorporación del micelio de hongos en las **propiedades mecánicas** de las unidades de albañilería, se realizaron ensayos de resistencia a compresión, compresión axial y resistencia a corte en bloques de arcilla, con diferentes porcentajes de incorporación de micelio de hongos (0%, 20%, 25% y 30%) y arcilla (0%, 80%, 75% y 70%) tal como se observa en la tabla XI.

INVESTIGACION: [20] titulada “Evaluación de propiedades físico-mecánicas de bloques de arcilla de cemento con hongos miceliales en viviendas unifamiliares, Distrito de Carabaylo, Lima-2021” y [31] en su investigación “Bio Fabricación: Micelio como material de construcción: biocomposite en sustratos lignocelulósicos”.

Con respecto al ensayo a la compresión, se realizó las comparaciones de las 4 muestras, tal como se muestra en la tabla XIX de resultados, en la cual la muestra con 25% de micelio y 75% de arcilla obtuvo los mejores resultados y mayores resistencias frente a cargas con un valor 65.33 kg/cm² aumentando la resistencia significativamente, tal como ya lo manifestaba Espinoza (2021) [20] titulada “Evaluación de propiedades físico-mecánicas de bloques de arcilla de cemento con hongos miceliales en viviendas unifamiliares, Distrito de Carabaylo, Lima-2021” indica que la resistencia a la compresión óptima de su investigación fue de 41.40 kg/cm² con una adición de 10 % teniendo como diferencia la dosificación y que el micelio interactúa mejor en una tierra que es su medio de crecimiento, que en la interacción con sustancias químicas como el cemento.

Así también Fuentes & Monereo (2020) [31] en su investigación “Bio Fabricación: Micelio como material de construcción: biocomposite en sustratos lignocelulósicos”. Afirma que es importante el sustrato en el que se desarrolla el micelio porque será primordial para su comportamiento mecánico, usar paja de pino, estoca de coco entre otros insumos, influye en la resistencia del material por la presencia de polímeros (quitina) que tiene el micelio, estos hallazgos concuerdan con la presente investigación donde se demostró que el uso de ese sustrato en el micelio de hongo reforzó la matriz de los bloques de arcilla para tener mejor su comportamiento mecánico.

- **Objetivo 4: Identificar la dosificación adecuada de la incorporación del micelio de hongos en las unidades de albañilería artesanal**

Respecto al 4to objetivo específico de Identificar la dosificación adecuada de la incorporación del micelio de hongos en las unidades de albañilería artesanal, se realizó un diseño de mezcla para la elaboración de los bloques de arcilla con las dosificaciones extraídas de las diversas fuentes revisadas, se trabajó con adiciones de (20% - 25% y 30%).

INVESTIGACION: [1] “Análisis Sistemático De Literatura Acerca De La Acción Del Micelio En La Resistencia De Un Bloque Con Material Alternativo (Micelio)”, Conde (2021) y [6] “Bio compuesto de Micelio y sus posibles aplicaciones en la arquitectura”,

La dosificación óptima de la presente investigación fue de 25% de micelio, respaldando los antecedentes consultados donde señalaron que se requiere optimizar las concentraciones de micelio según el material base utilizado. Además, al aumentar el porcentaje de micelio por encima del 25%, se observó una pérdida en las propiedades, disminuyendo las resistencias mecánicas, debido a la proporción en peso de la materia prima y el micelio hace que se sature impidiendo su correcta expansión, adicionalmente, el estudio concluyó que mayores niveles de micelio afectaban negativamente el desempeño de las unidades, por lo que la dosificación óptima fue 25%-75%; esta mezcla permitió cumplir con los estándares constructivos evaluados, logrando una alternativa viable al ladrillo tradicional mediante la incorporación controlada de micelio.

“Evaluación de propiedades físico-mecánicas de bloques de arcilla de cemento con hongos miceliales en viviendas unifamiliares, Distrito de Carabaylo, Lima-2021”

Lo último podemos contrastar con lo siguiente; de acuerdo a los resultados de Espinoza (2021) [20] una dosificación del 20% de micelio en relación al peso de la masa arcillosa empleada para fabricar las unidades, que al comparar las propiedades de estos especímenes con las de la investigación se puede evidenciar que la dosificación empleada en la presente investigación mejoró los resultados obtenidos en el antecedente, también se evidenciaron mejoras estadísticamente significativas; no obstante, como se mencionó previamente, variar la concentración de micelio habría permitido establecer su efecto en diferentes proporciones y de este modo optimizar su dosificación.

- **Objetivo 5: Evaluar en qué condiciones ambientales es recomendable emplear los bloques de arcilla artesanales bajo la incorporación del micelio de hongos.**

Respecto al 5to objetivo específico de Evaluar en qué condiciones ambientales es recomendable emplear los bloques de arcilla artesanales bajo la incorporación del micelio de hongos, se necesita determinar las condiciones climáticas generales (lluvia y calor), se realizó dos ensayos conductividad termina y erosión acelerada swinburne con diferentes porcentajes de incorporación de micelio de hongos (0%, 20%, 25% y 30%) y arcilla (0%, 80%, 75% y 70%).

INVESTIGACION: [37] D. Reyes, “Generación De Un Biomaterial Compuesto Por Fibra Vegetal Y Micelio De Hongo Y Su Aplicabilidad.,” UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD.

Para construir en condiciones climáticas de calor, es crucial elegir bloques de arcilla que no solo sean duraderos y resistentes, sino que también proporcionen un buen aislamiento térmico para mantener los interiores frescos y confortables, Según [37] Ecovative, en su proyecto "mini house", incorpora micelio directamente en el interior de un panel sándwich de madera, donde funciona como aislante térmico. Este es el primer proyecto en utilizar micelio como aislante con una conductividad de $0.18 \text{ w/m } ^\circ\text{K}$, ofreciendo propiedades térmicas comparables a las de los materiales convencionales del mercado. En contraste con la investigación que al usar este micelio en su materia prima nos dio como resultado una conductividad térmica de $0.364 \text{ w/m } ^\circ\text{K}$ que se considera como un buen aislante térmico en comparación con el coeficiente de conductividad de los materiales de construcción de la norma EMM 110 que nos indica que los bloques de arcilla cocida convencionales tienen un promedio de $0.84 \text{ w/m } ^\circ\text{K}$.

Para construir en condiciones climáticas de lluvia y viento se requiere la elección de bloques de arcilla que sean duraderos, resistentes a la humedad y capaces de soportar el clima húmedo sin deteriorarse. En la presente investigación se comprobó que los bloques de arcilla con adición de micelio de hongos redistribuyen la composición estructural del material teniendo mejor adherencia y reduciendo los vacíos de este, convirtiendo el material más duradero ya que presenta una buena resistencia a la erosión causada por lluvia con un promedio de 0.12 mm de oquedad.

VI. Conclusiones

1. Se realizó la elaboración de unidades de arcilla cocida empleando micelio de hongos, con un muestreo de 620 unidades. Los resultados demostraron que la adición de micelio de hongos, en una dosificación óptima del 25%, mejora las propiedades del bloque de arcilla cocida, debido a su influencia como aglutinante, el micelio mejoro su resistencia. Estos bloques se clasificaron como materiales de construcción no estructural, aptos para muros y tabiques. Además, se sugiere que podrían ser utilizados como unidades de albañilería con fines estructurales, como muros portantes, de acuerdo con la norma NTP E-0.70.
2. Se realizó la evaluación fisicoquímica del suelo arcilloso y del micelio de hongos. Se demostró que la relación intrínseca entre estos insumos, debido a la interconexión del micelio dentro de la matriz del material base (suelo), crea una estructura cohesiva. Esta cohesión se debe a la interacción del suelo de baja plasticidad con el micelio de hongos, permitiendo un crecimiento óptimo del micelio.
3. Se llevó a cabo un proceso de investigación para la extracción del micelio, el cual constó de las siguientes etapas:
 - a. Extracción in situ del hongo:

Se procedió a la recolección del hongo en su hábitat natural, para luego ser transportado a un laboratorio donde se realizaría su procesamiento.
 - b. Cultivo de micelio:

Se extrajo una parte del hongo y se colocó en una placa Petri con medio de cultivo AGAR. Esta etapa duró aproximadamente 7 días, durante los cuales se permitió el crecimiento del micelio.
 - c. Cosecha:

El micelio desarrollado se transfirió a un sustrato adecuado, donde permaneció alrededor de 15 días para su completa colonización.

Estos pasos fueron implementados con el fin de utilizar el micelio en la mezcla de unidades de albañilería artesanal.
4. Se ha confirmado la hipótesis específica de la investigación que sugiere que la inclusión de micelio de hongos mejora de manera efectiva las propiedades físicas, como la absorción de agua teniendo como resultado 13.59%, Esto se debe a la estructura controlada de porosidad generada por los sustratos orgánicos empleados en la fabricación, como la paja u otros residuos agrícolas, los cuales tienden a tener una

porosidad intrínseca reducida. Esta característica contribuye significativamente a una menor absorción de agua en el producto final.

5. Se determinó una dosificación óptima para las unidades de arcilla cocida, siendo una dosificación en relación con el peso de 70: 30 de los materiales de suelo arcilloso y arena fina.
6. Se ha confirmado la hipótesis específica de la investigación que sugiere que la inclusión de micelio de hongos mejora de manera efectiva las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión con diferentes adiciones (20 25 y 30 %), el porcentaje óptimo fue de 25% siendo el que aporta un mejor comportamiento estructural en cuanto a resistencia con un valor de f_b 6.40 Mpa (65.32 kg/cm²) f_m 4.39 Mpa (40.11 kg/cm²) y v_m 0.60 Mpa (69 kg/cm²) específicamente demostrados en la Tabla XXIII. Comparación de resultados con la norma NTP E-0.70.
7. Se concluye que los bloques de arcilla cocida con la incorporación de micelio de hongos se clasifican como bloques de arcilla de uso no estructural, clasificados como CLASE I según la tabla 1 de la NTP E 070. Sin embargo, se señalan limitaciones en su uso, según se detalla en la tabla 2 de la misma norma, indicando que pueden ser utilizados en edificaciones de no más de dos pisos en zonas sísmicas de grado 2 y 3.
8. En conclusión, los bloques de arcilla con micelio de hongos pueden ser una opción viable para construir en una variedad de condiciones climáticas, ya que ofrecen beneficios tanto en términos de aislamiento térmico debido a sus resultados en la Tabla XXV, donde indica que tiene una conductividad térmica de 0.364 w/m considerándose un material de construcción con moderado aislamiento térmico.
9. La adición de micelio de hongos a los bloques de arcilla también mejora su durabilidad y resistencia a la erosión causada por la lluvia, lo que los hace más adecuados para condiciones climáticas húmedas y ventosas, teniendo resultados como indica en la tabla XXIV, con una adición de 25% de micelio con 75% de arcilla se obtuvo una oquedad de (0.116 mm) demostrando que posee una oquedad muy baja comparada con el máximo permisible de la norma española Une 41410, esto se debe a que el micelio de hongos redistribuye la composición estructural del material, mejorando la adherencia y reduciendo los vacíos, lo que resulta en una mayor resistencia a la intemperie.

VII. Recomendaciones

1.- Para posibles investigaciones se recomienda indagar que el sustrato tenga una estructura porosa adecuada que facilite la colonización del micelio y la formación de una red tridimensional sólida, para que así cumpla con los estándares de resistencia, durabilidad y otras propiedades requeridas para su uso en la construcción.

2.- Se recomienda que para la elaboración de los bloques de arcilla se implemente una gravera de +1.5cm de las dimensiones del bloque de arcilla, debido a contracciones por calor, fusión de las partículas entre otros, se debe considerar esta contracción al diseñar y fabricar bloques de arcilla para garantizar que el tamaño final sea adecuado para su uso previsto.

3.- Se sugiere implementar medidas que contribuyan al perfeccionamiento de los procesos de producción de bloques de arcilla artesanales. Esto incluye la realización de estudios preliminares sobre el suelo arcilloso para una mejor comprensión de su dosificación óptima, así como la adopción de tecnologías de fabricación que mejoren la homogeneidad en las etapas de mezcla, reduzcan el tiempo empleado en el moldeado y permitan un control preciso de la temperatura durante la cocción.

4.- Se recomienda capear los bloques de arcilla antes de realizar el ensayo de resistencia a la compresión porque es una práctica recomendada para asegurar la uniformidad de la superficie, eliminar imperfecciones, facilitar el posicionamiento y cumplir con las normativas aplicables, lo que contribuye a obtener resultados precisos y confiables del ensayo.

5.- Es recomendable que la caja térmica tenga un diseño hermético para evitar fugas de calor. Es crucial que las juntas y conexiones estén selladas de manera adecuada para prevenir la pérdida de calor o la entrada de calor desde el exterior. Esto garantizará una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos durante el ensayo de conductividad térmica.

VIII. Referencias

- [1] Y. Aparicio, L. Gómez, and R. Martínez, “Análisis Sistemático De Literatura Acerca De La Acción Del Micelio En La Resistencia De Un Bloque Con Material Alternativo (Micelio),” 2022, [Online]. Available: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/f10b6467-4d86-40b2-ab65-e60e89f06396/content>
- [2] G. Castro, ““BOVEDILLA DE MICELIO: UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS ALIGERADAS CON MATERIALES DE RÁPIDA RENOVACIÓN,” Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2021. [Online]. Available: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/2188/454369.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] N. Fernández, R. Gaggino, J. Kreiker, and M. J. Positieri, “Desarrollo Tecnológico de Paneles Multicapa a partir de Residuos Lignocelulósicos Bioligados con Micelio de Hongos.,” *Ajea*, no. 4, pp. 4–10, 2019, doi: 10.33414/ajea.4.370.2019.
- [4] J. Van Empelen, “A Study into more Sustainable, Alternative Building Materials as a Substitute for Concrete in Tropical Climates,” pp. 1–26, 2019, [Online]. Available: <https://journal.augc.asso.fr/index.php/ajce/article/download/1445/923/>
- [5] L. Cambra-Rufino, J. L. Paniagua-Caparrós, and C. Bedoya-Frutos, “COLABORACIÓN ESPECIAL LA ACREDITACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL DISEÑO BASADO EN EVIDENCIAS PARA LA ARQUITECTURA SANITARIA LLEGA A ESPAÑA,” *Rev. Esp. Salud Pública*, vol. 93, p. e201910091, Aug. 2019.
- [6] S. Conde, “Biocompuestos de Micelio y sus posibles aplicaciones en la arquitectura,” UNIVERSIDAD DE VALLADOLID, 2021. [Online]. Available: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/50464>
- [7] J. C. Olave Cortez, “Influencia Del Aserrín En La Resistencia a La Compresión Y Variación Diimensional De Bloques de arcilla De Arcilla Cocida Elaborados Artesanalmente,” Universidad Cesar Vallejo, 2017. [Online]. Available: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_9893614dede4a81371d89ff6f2434790
- [8] Á. F. San Bartolomé Ramos, D. Quiun, and W. E. Silva Berríos, *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. 2018. doi: 10.18800/9786123173661.
- [9] Ministerio de vivienda, “Seminario De Promoción De La Normatividad Para El Diseño Y Construcción De Edificaciones Seguras,” *Norma Técnica E030*, p. 47, 2014, [Online].

- Available: [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2012/total/12.norma técnica e.070 albañilería.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2012/total/12.norma_tecnica_e.070_albañilería.pdf)
- [10] M. Huamani and S. Solis, “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de arcilla maciza adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, Arequipa 2020,” *Univ. Cont.*, pp. 1–138, 2020, [Online]. Available: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8087/3/IV_FIN_105_TI_Huamani_Solis_2020.pdf
- [11] M. Jones, A. Mautner, S. Luenco, A. Bismarck, and S. John, “Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review,” *Mater. Des.*, vol. 187, p. 108397, 2020, doi: 10.1016/j.matdes.2019.108397.
- [12] Critical Concrete, “BUILDING WITH MUSHROOMS, In Mycelium insulation,” *Associação de Experimentação Cultural*, 2018. [Online]. Available: <https://criticalconcrete.com/building-with-mushrooms/>
- [13] N. Arukia, V. Shewalkar, S. Wath, S. Sahare, S. Yerpude, and S. Surjagade, “Study of Mycelium Bricks,” *Eng. Technol. Appl. Sci.*, vol. 5, no. 6, pp. 37–40, 2019, [Online]. Available: <https://ijsrset.com/paper/5451.pdf>
- [14] Innovation, “Micotectura: bloques de arcilla a partir de hongos y residuos orgánicos,” *CDT*, 2021. <https://www.cdt.cl/micotectura-bloques-de-arcilla-a-partir-de-hongos-y-residuos-organicos/>
- [15] A. Adamatzky, P. Ayres, G. Belotti, and H. Wosten, “Fungal architecture,” pp. 1–19, 2019, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1912.13262>
- [16] D. Almpiani-Lekka, S. Pfeiffer, C. Schmidts, and S. il Seo, “A review on architecture with fungal biomaterials: the desired and the feasible,” *Fungal Biol. Biotechnol.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2021, doi: 10.1186/s40694-021-00124-5.
- [17] M. Dougoud, “Mycelium Infrastructures for Impermanent Futures,” 2018, [Online]. Available: <https://digital.lib.washington.edu:443/researchworks/handle/1773/41701>
- [18] M. Grabarczyk, W. Mączka, K. Wińska, and C. Miłowana Uklańska-Pusz, “Biotechnology and Food Science Mushrooms of the Pleurotus genus-properties and application,” *Biotechnol Food Sci*, vol. 83, no. 1, pp. 13–30, 2019, doi: 10.34658/bfs.2019.83.1.13-30.
- [19] M. R. Islam, G. Tudryn, R. Bucinell, L. Schadler, and R. C. Picu, “Morphology and mechanics of fungal mycelium,” *Sci. Rep.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–12, 2017, doi: 10.1038/s41598-017-13295-2.

- [20] L. E. Espinoza Roman, “Evaluación de propiedades físico-mecánicas de bloques de arcilla de cemento con hongos miceliales en viviendas unifamiliares, Distrito de Carabayllo, Lima-2021,” Universidad Cesar Vallejo, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92298>
- [21] H. Ramos Cartagena, “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo elaborado con material reciclable y convencional en la ciudad de Moquegua 2021,” Universidad José Carlos Mariátegui, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/2108>
- [22] J. Y. Alvarez Raymundo and J. N. Bartolo Guerra, *Propiedades físico - mecánicas de los bloques de arcilla de tereftalato de polietileno para el diseño de viviendas unifamiliares en Ate-Huaycán 2020*, vol. 6. 2020. [Online]. Available: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [23] J. Benavides, “EVALUACIÓN DE BLOQUES DE ARCILLA ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA TESIS,” *Univ. Nac. AUTÓNOMA CHOTA*, p. 101, 2021, [Online]. Available: https://www.google.com/search?q=EVALUACIÓN+DE+BLOQUES+DE+ARCILLA+ARTESANALES+ADICIONANDO+RESIDUOS+DE+CARTÓN%2C+CHOTA&oq=EVALUACIÓN+DE+BLOQUES+DE+ARCILLA+ARTESANALES+ADICIONANDO+RESIDUOS+DE+CARTÓN%2C+CHOTA&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzM2M2owajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&
- [24] J. Vicaña Pacheco, “Efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal en la región Ayacucho,” Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2019. [Online]. Available: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3566>
- [25] M. de V. C. y S. MVCS, “Norma E.070 Albañilería.,” *El Peru.*, pp. 295–309, 2006, [Online]. Available: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-aprueba-el-codigo-de-responsabilidad-decreto-legislativo-n-1348-1471548-8/>
- [26] Norma NTP 331.018, “ELEMENTOS DE ARCILLA COCIDABloques de arcilla de Arcilla usados en AlbañileríaRequisitos,” 1978. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/168198870/ITINTEC-331-018>
- [27] Norma Técnica Peruana, “Ntp 399.019,” pp. 4–6, 1982, [Online]. Available: www.bloquesdearcillaitalperu.com

- [28] Normativa tecnica Peruana, “Normas de unidades ntp 399.613,” vol. 1ra edicio, 2005.
- [29] I. Bonnefin, “EMERGING MATERIALS: MYCELIUM BRICK,” *certifiedenergy*, 2022. [Online]. Available: <https://www.certifiedenergy.com.au/emerging-materials/emerging-materials-mycelium-brick>
- [30] S. Córdor and R. Quezada, “Micotectura: Una alternativa orgánica al positivo escultórico utilizando residuos de hongos a partir de micelio de setas grises,” Universidad Central del Ecuador, 2019. [Online]. Available: <file:///C:/Users/User/Downloads/fvm939e.pdf>
- [31] I. Fuentes and C. Monereo, “Bio Fabricación: Micelio como material de construcción: biocomposite en sustratos lignocelulósicos,” *TFG*, p. 116, 2020, [Online]. Available: https://oa.upm.es/63507/1/TFG_Jun20_Fuentes_Cantillana_Monereo_Ignacio.pdf
- [32] C. Illana, “Hifas de hongos como material de construcción II,” *Rev. Micol. YESCA*, vol. 26, no. December, pp. 21–26, 2014, [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10017/20741>
- [33] B. Kadakal, “Myco-Hills : an Experimental Research on Mycelium Based,” no. May, 2022, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/344259051_Myco-Hills_An_Experimental_Research_on_Mycelium-Based_Building_Blocks
- [34] D. Özlü and P. Nicholas, “Architecture of Reforestation: Mycelium As a New Building Material and Design of the Fibrous Woven Scaffolds,” *Constr. Energy Environ. Sustain.* 2021, no. October 2021, pp. 0–8, 2021, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/358623085>
- [35] C. Pohl *et al.*, “Establishment of the basidiomycete *Fomes fomentarius* for the production of composite materials,” *Fungal Biol. Biotechnol.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–13, 2022, doi: 10.1186/s40694-022-00133-y.
- [36] R. M. Potekhina *et al.*, “Biodiversity of mycelial fungi in fresh water in the territory of the park ‘mari chodra’ of the russian federation,” *Syst. Rev. Pharm.*, vol. 11, no. 12, pp. 1464–1472, 2020, doi: 10.31838/srp.2020.12.217.
- [37] D. Reyes, “Generación De Un Biomaterial Compuesto Por Fibra Vegetal Y Micelio De Hongo Y Su Aplicabilidad.,” UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD, 2017. [Online]. Available: http://rcnl.ukko.mx/documents/files/000/000/305/original/Tesis_Dominik_Reyes_Nieto_-_Efren_Robledo.pdf?1527690783
- [38] P. Ross, “Micólogo patentó ladrillo de hongos más resistente que el hormigón,” *EcoInventos*, 2022. <https://ecoinventos.com/micologo-patenta-ladrillo-de-hongos/>

- [39] B. S. Santhosh, D. R. Bhavana, and M. G. Rakesh, "Mycelium composites: An emerging green building material," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 05, no. 06, pp. 3066–3068, 2018, [Online]. Available: <https://www.irjet.net/archives/V5/i6/IRJET-V5I6586.pdf>
- [40] S. Wicaksono, B. Irawanto, and A. Hujatnika, "Fungi as an Art Medium: The Study of the Art Medium of Philip Ross and Syaiful Aulia Garibaldi," *J. Urban Soc. Arts*, vol. 10, no. 1, pp. 43–52, 2023, doi: 10.24821/jousa.v10i1.6793.
- [41] Y. Xing, M. Brewer, H. El-Gharabawy, G. Griffith, and P. Jones, "Growing and testing mycelium bricks as building insulation materials," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 121, no. 2, pp. 1–8, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/121/2/022032.
- [42] J. B. Da Conceição Van Nieuwenhuizen, D. R. L. M. Blauwhoff, M. F. C. De Werdt³, W. G. N. Van Der Zanden, D. J. J. L. Van Rhee, and W. O. J. Bottger, "The Compressive Strength of Mycelium Derived From a Mushroom Production Process," *Acad. J. Civ. Eng.*, vol. 35, no. 2, pp. 265–271, 2017, [Online]. Available: <https://journal.augc.asso.fr/index.php/ajce/article/view/1445>
- [44] C. Illana, "Hifas de hongos como material de construcción II," *Rev. Micol. YESCA*, vol. 26, no. December, pp. 21–26, 2016, [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10017/20741>

IX. Anexos

Anexo 01: Ensayo para la caracterización de materiales.

– Suelo Arcilloso (M1) y Arena Fina (M2)

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216	M1	M2	UND
1. N.º de Lata	L-2	L-3	
2. Peso de Lata	78.93	76.84	gr
3. Peso de muestra de suelo- húmedo	50.0	50.0	gr
4. Peso de la muestra de suelo húmedo + lata	578.9	576.8	gr
5. Peso de la muestra seca + lata	549.3	568.9	gr
6. Peso de agua	86.8	6.5	Gr
7. CONTENIDO DE HUMEDAD	6.290	1.630	%

GRAVEDAD ESPECIFICA NTP 339.131 ASTM D - 854	M1	M2	UND
1. N.º de fiola	F-2	F-3	
2. Peso de la fiola	90.3	89.07	Gr
3. Peso de la muestra de suelo - seco	50.0	50.0	Gr
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	140.3	139.1	Gr
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	364.9	371.3	Gr
6. Peso de la fiola + peso de agua	338.4	339.3	Gr
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s)	2.128	2.778	g/cm3

CONTENIDO DE SALES NTP 339.152	M1	M2	Unid
Relación de la mezcla suelo - agua destilada	5.00	5.00	
Peso de beaker	46.54	30.01	gr.
Peso de beaker + residuo de sales	47.24	30.44	gr.
Peso de residuo de sales	0.05	0.03	gr.
Volumen de la solución tomada	100	100	ml
Constituyentes de sales solubles totales	500	300	ppm
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	0.05	0.03	%



Tesista : HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de Albañilería artesanal
 Lugar : Distrito de Pacora, Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo 2023

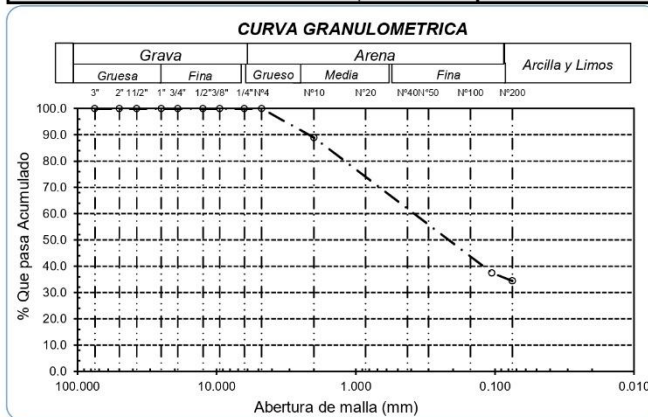
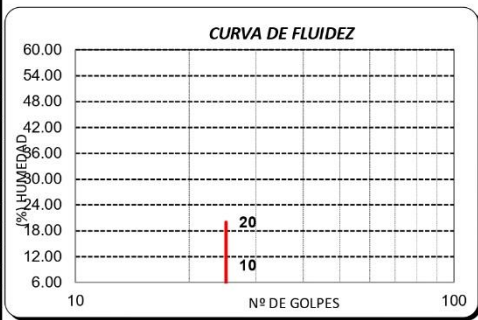
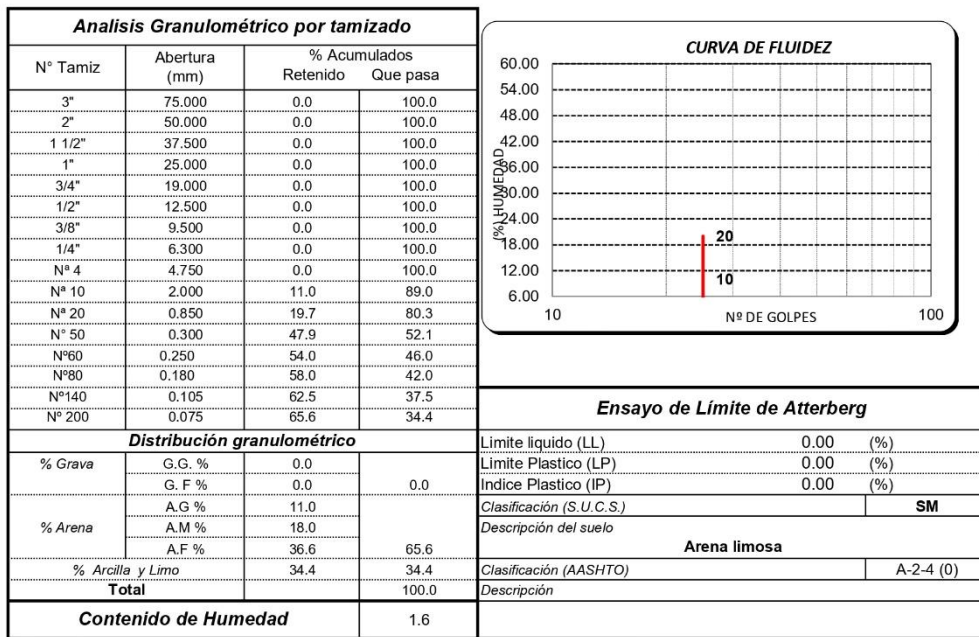
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Vía de acceso (trocha)

Calicata: C-01

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 0.50m.



CONTENIDO DE HUMEDAD : 1.63%



Henry Rivadeneira Obitos
 Tec. Laboratorio USAT



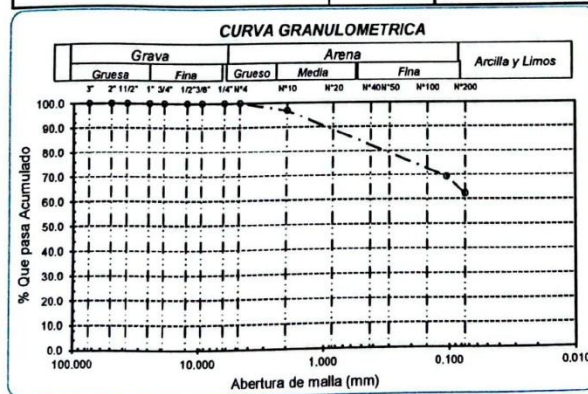
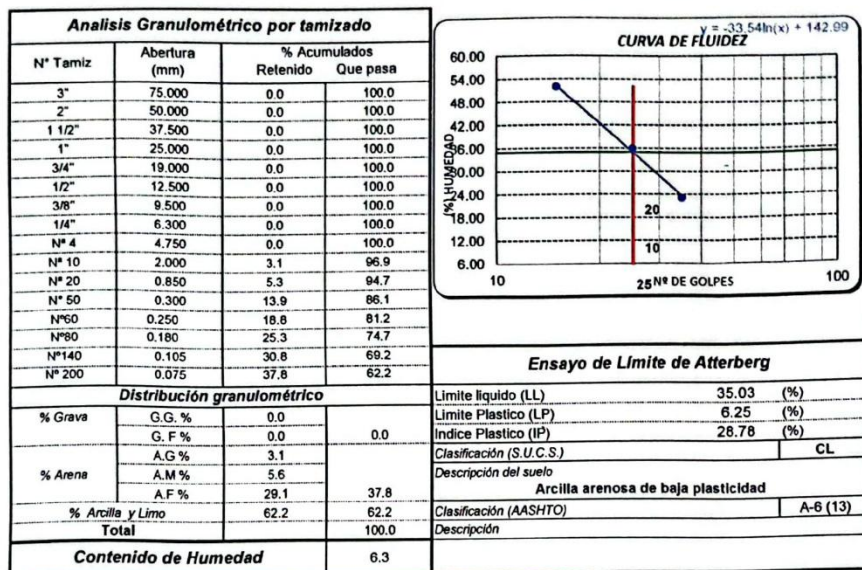
Tesista: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA
 Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis: Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de Albañilería artesanal
 Lugar: Distrito de Pacora, Lambayeque
 Fecha de emisión: Chiclayo 2023

ENSAYO: SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA: N.T.P. 399.128 1999
 N.T.P. 399.131
 N.T.P. 339.127-1998
 Via de acceso (trocha)

Calicata: C-01

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m - 0.50m.



Henry Rivas Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

Anexo 02: Panel fotográfico de la caracterización de materiales

PROYECTO:

Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal

ENSAYO: GRAVEDAD ESPECIFICA

TESISTA: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA

Imagen N°1:

1.- Procedemos a pesar las fiola

**Imagen N°2:**

2.- Colocamos 250 ml de agua destilada más la fiola.

**Imagen N°3:**

3.- Procedemos a pasarlo por el tamiz N°4

**Imagen N°4:**

4.- Pesamos 50gr de la muestra de suelo arcilloso



PROYECTO:

Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal

ENSAYO: GRAVEDAD ESPECIFICA

TESISTA: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA

Imagen N°5:

5.- Colocamos la arena fina en el molde para proceder a pesarlo.

**Imagen N°6:**

6.- Colocar las muestras en las fiola (M-01 y M-02) para luego eliminar el aire que quede atrapado a baja temperatura

**Imagen N° 7:**

8.- Peso fiola + peso agua + suelo M-01

**Imagen N°8:**

8.- Peso de fiola + peso de agua + suelo M-02.



PROYECTO:

Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal

ENSAYO: CONTENIDO DE SALES

TESISTA: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA

Imagen N°9:

1.- Pasamos por el tamiz N° 10.



Imagen N°10:

2.- Pesamos el suelo seco 50 gr.

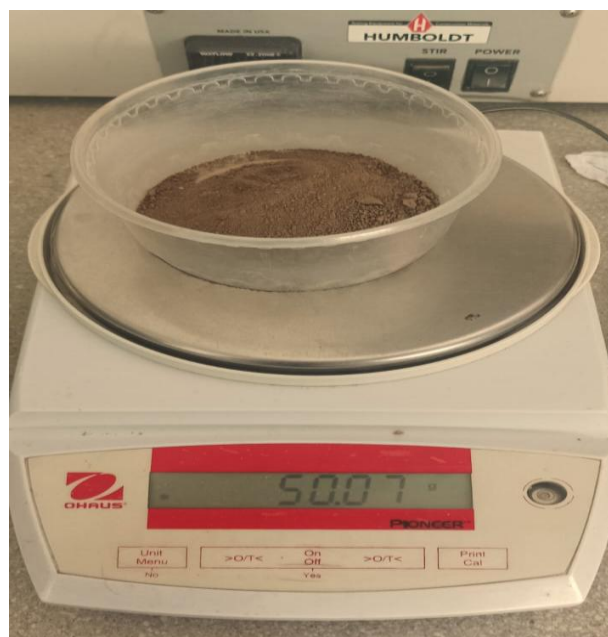


Imagen N°11:

3.- Colocamos el suelo seco para obtener su peso.



Imagen N°12:

4.- Cuando tenemos las muestras de suelo en las botellas agitamos por 30 minutos para dejarlos reposar por 24 horas.



PROYECTO:

Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal

ENSAYO: CONTENIDO DE SALES

TESISTA: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA

Imagen N°13:

5.- Mediante un filtro obtenemos 50 ml de agua que se queda en la parte de arriba del filtro.

**Imagen N°14:**

6.- Obtenemos el peso de recipientes, luego colocamos los 50 ml - agua extraída.



**Imagen N°15:**

7.- Obtenemos el peso de cristal añadido con 50 ml de agua m-01

**Imagen N°16:**

8.- Obtenemos el peso de cristal más 50 ml de agua m-02



PROYECTO: Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal	
ENSAYO: CONTENIDO DE SALES	
TESISTA: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA	
Imagen N°17:	Imagen N°18:
9.- Obtenemos los pesos de cristal + sales M1 luego ser evaporado en el horno.	10.- Obtenemos el peso de cristal + la cantidad de sales M2 luego de colocarlos en el horno hasta evaporarse.
	

PROYECTO:

Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal

ENSAYO: GRANULOMETRIA

TESISTA: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA

Imagen N°19:

1.- Peso de muestras que pasa por el tamiz N°4 para secarla por 24 horas.

**Imagen N°20:**

2.- Después dejamos saturar por 24 horas tomando 500 gr.

**Imagen N°21:**

3.- Lavar la muestra hasta que no pase el tamiz N° 200 y no presente agua turbia.

**Imagen N°22:**

4.- Se coloca al horno por 24 horas y luego se pesa.



PROYECTO:

Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal

ENSAYO: GRANULOMETRIA

TESISTA: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA

Imagen N°23:

5.- Tomamos el peso de la tara.

**Imagen N°24:**

6.- Escogemos el juego de tamices para suelos y la bandeja donde estarán las muestras retenidas.

**Imagen N°25:**

7.- tamizamos y registrando los pesos retenidos en cada uno.

**PROYECTO:**

Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA

TESISTA: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA

Imagen N°26:

1.- Suelo que pase el tamiz N° 40



Imagen N°27:

2.- Dejamos reposar la muestra durante 24 horas.



Imagen N°28:

3.- Tomamos el peso de moldes. Serian 3 para limites plásticos y uno para el índice plástico



Imagen N°29:

4.- Mediante la copa de Casagrande se realiza la colocación de las muestras.



PROYECTO:

Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA

TESISTA: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA

Imagen N°30:

6.- Tomamos el número de golpes empleados para los límites, previamente pesados y dejar reposar en el horno por 24 horas.

**Imagen N°31:**

7.- Se realizan los pesos correspondientes de cada muestra y se procesa los datos.

**Imagen N°32:**

8.- Se realizan los pesos correspondientes de cada muestra y se procesa los datos.

**Imagen N°33:**

4.- Se coloca al horno por 24 horas y luego se pesa.



PROYECTO:

Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal

ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD

TESISTA: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA

Imagen N°34:

1.- obtenemos el peso del suelo húmedo M-1 y M2

**Imagen N°35:**

2.- Tomamos el peso de la tara

**Imagen N°36:**

3.- Dejamos las muestras en horno por 24 Horas.

**Imagen N°37:**

4.- Peso de suelo seco M-1 y M-2.



Anexo 03: Panel fotográfico de los ensayos aplicados a los bloques de arcilla artesanales.

Ensayo- variación dimensional de las bloques de arcilla artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos.

Se eligió 10 unidades para posteriormente tomar nota del ancho, largo y alto en sus 4 esquinas para luego ser procesadas NTP 399.613

Imagen N°38



Imagen N°39



Imagen N°40



Imagen N°41



Ensayo - Alabeo de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos

Para la realización de este ensayo se hace uso del vernier y una regla de 30cm, para así cuantificar la concavidad o convexidad que presentan las muestras, se ensayaron un total de 10 muestras por cada adición y muestra patrón, según la NTP 399.613.

Imagen N°42



Imagen N°43

Imagen N°44



Ensayo de absorción de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos

Se escogió 10 unidades del total para someterlos al ensayo de absorción, las muestras estuvieron sometidas por 24 horas bajo el agua para luego proceder a sacarlas y tomar dicho peso.

Imagen N°45



Imagen N°46



Imagen N°47



Imagen N°48



Ensayo de resistencia a la compresión de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos

Se escogió 5 unidades del total para someterlos al ensayo de compresión, la unidad se le aplico un refrentado de yeso para luego ser cortado a la mitad para proceder a ensayarlo según nos indica la NTP 399.605

Imagen N°49



Imagen N°50



Imagen N°51



Imagen N°52



Ensayo de resistencia a la compresión axial de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos

Se escogió 6 pilas del total para someterlos al ensayo de compresión axial, la pila está formado por 3 bloques de arcilla y 1.5 de espesor de junta según norma, colocado de forma vertical dentro de las láminas metálicas que irán en ambos extremos para asegurar la distribución uniforme de las cargas, para luego procesar los datos según la NTP 399.605

Imagen N°53

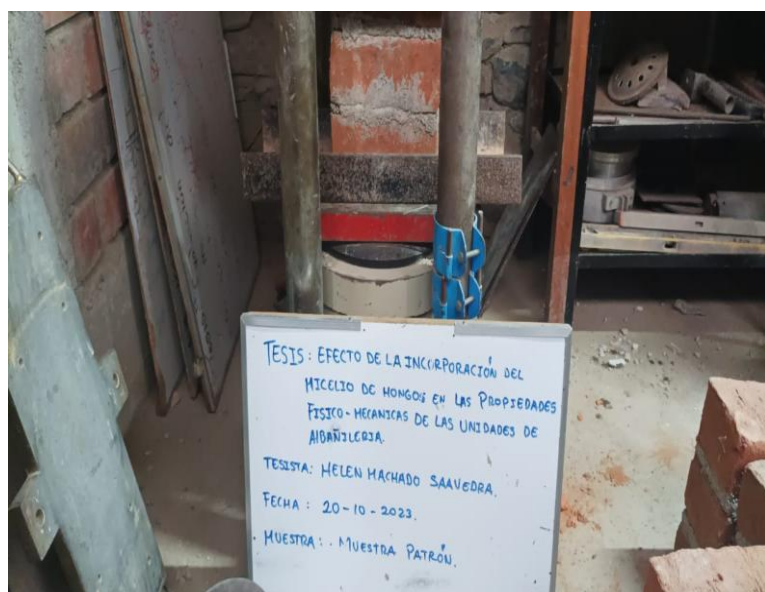


Imagen N°54



Imagen N°55



Imagen N°56



Ensayo de resistencia al corte diagonal de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos

Se escogió 6 muretes del total para someterlos al ensayo de corte diagonal, el murete está formado por 18 bloques de arcilla y 1.5 de espesor de junta según norma, colocado de forma diagonal dentro de las láminas metálicas que irán en ambos extremos para asegurar la distribución uniforme de las cargas, para luego procesar los datos según la NTP 399.621.

Imagen N°57

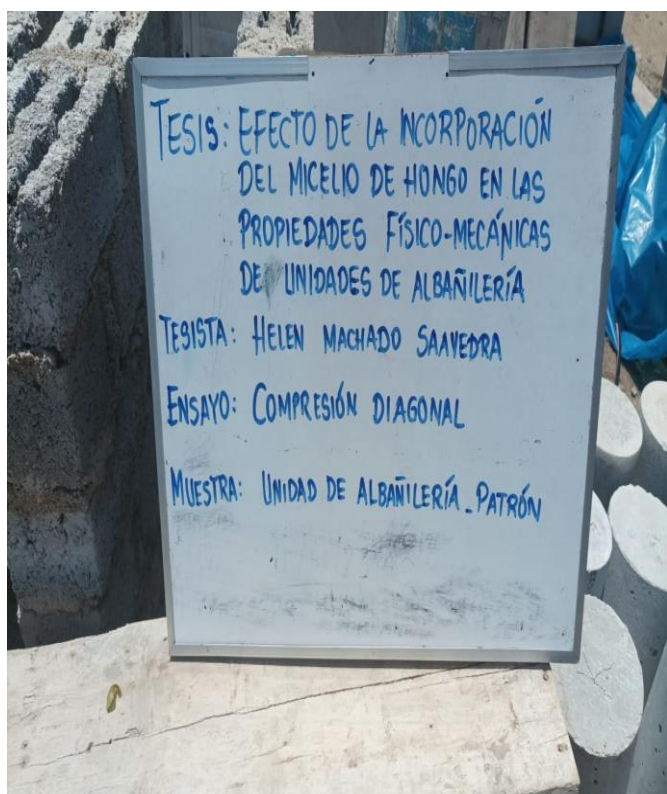


Imagen N°59



Imagen N°58



Imagen N°60



Ensayo de resistencia al corte diagonal de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos

FALLA POR TENSIÓN:

Murete con **tensión diagonal** atraviesa pieza y junta.



FALLA COMBINADA:

Murete con **tensión diagonal** y **cortante** en ambos extremos.



FALLA POR TENSIÓN:

Murete con **tensión diagonal** atraviesa pieza y junta.



FALLA DE CORTE:

Murete de **cortante** por falla de adherencia de las juntas con desprendimiento parcial





FALLA DE CORTE:

Murete de **cortante** por falla de adherencia de las juntas con



FALLA COMBINADA:

Murete con tensión diagonal y cortante en ambos extremos.



FALLA COMBINADA:

Murete con tensión diagonal y cortante en ambos extremos.



FALLA DE CORTE:

Murete de **cortante** por falla de adherencia de las juntas.

Ensayo de erosión acelerada de albañilería artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos

Se escogió 5 muestras de cada adición para someterlos al ensayo de erosión, se tomó un tiempo de una hora máximo de goteo controlado con cronometro por cada muestra en total se ensayaron 12_Muestras en total de 20 horas.

Imagen N°61



Imagen N°62



Imagen N°63



Ensayo de conductividad termica de albañileria artesanal adicionando 20, 25, 30 % de micelio de hongos

Se escogió 5 muestras de cada adición para someterlos al ensayo de Conductividad, donde se evalúa las temperaturas en placa fría y caliente, así como también hallar la potencia que será usada para la fórmula de conductividad.



Anexo 05: Resultados de ensayos a las unidades de albañilería artesanal

Anexo 05.01.01 ensayo de variación dimensional de las unidades de albañilería artesanal (patrón), y adiciones de micelio de hongos.

TABLA 05.01. Resultados del ensayo de variación dimensional de la muestra patrón

MUESTRA PATRÓN												
DENOMINACIÓN	LARGO (mm) 23 MAX				ANCHO (mm) 12 MAX				ALTO (mm) 9 MAX			
A	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
01	219	220	220	219.5	117	118	117.5	117	82	81	81.5	83
02	216.5	217	216.5	218	115	115.5	116	115	85	84.5	85.5	86
03	220	219	219	221	117.5	118	118.5	119	87.5	88	87.5	88
04	216	215.5	216	217	118	119	118.5	118.5	85	86	85	86.5
05	218	217	218.5	218	118	118.5	119	119.5	84	84.5	84	85
06	221.5	220	221	222	119	119	119.5	120	86.5	87	87	87.5
07	220	222.5	220	221	117	118	117	118.5	85	86	85.5	86
08	220	219	219.5	220.5	118.5	118	117.5	118	83	83.5	83.5	84
09	217	217.5	217	219	116	115.5	116.5	117	88.5	88.5	89	88
10	218	219	218	218.5	118.5	119	119	119.5	87	87	88	87.5
L Promedio	218.6	218.65	218.55	219.45	117.45	117.85	117.9	118.2	85.35	85.6	85.65	86.15
PROMEDIO	218.81				117.85				85.69			
NOMINAL	230.00				120.00				90			
V (%)	4.86%				1.792%				4.792%			
CV	0.762%				7.647%				2.397%			

FUENTE: Elaboración Propia

TABLA 05.02. Resultados del ensayo de variación dimensional de la muestra con 20% de micelio y 80% de arcilla

MUESTRA CON 20% DE MICELIO Y 80% DE ARCILLA												
DENOMINACIÓN	LARGO (mm)				ANCHO (mm)				ALTO (mm)			
A	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
01	220.5	221.5	221	221.5	118	119	118.5	119	88	89	88.5	88.5
02	219	220	220	220	116	117	116.5	116.5	89	89.5	89	89
03	221	221.5	222	220	119	119.5	119	120	86	87	87	86.5
04	220	221	221	221.5	117	118	118	117.5	88.5	89.5	88	89
05	219.5	220	220.5	220	119	119.5	120	120	89	89	89.5	90
06	222	222.5	223	223	116.5	117	117	118	86.5	87	87.5	86
07	218	218.5	219	219	118.5	119	119.5	119	87.5	87.5	88.5	88.5
08	219	219	220	219.5	120	119.5	120	120	88.5	89	88.5	89
09	220	221	221	221.5	119	120	119.5	119.5	87	86.5	88	87
10	223	222.5	223	223	117.5	118	118	118	88.5	89	88.5	89
L promedio	220.2	220.75	221.05	220.9	118.05	118.65	118.6	118.75	87.85	88.3	88.3	88.25
PROMEDIO	220.73				118.51				88.18			
NOMINAL	230.00				120.00				90			
V (%)	4.03%				1.240%				2.028%			
CV	0.610%				0.984%				1.135%			

FUENTE: Elaboración Propia

TABLA 05.03. Resultados del ensayo de variación dimensional de la muestra con 25% de micelio y 75% de arcilla

MUESTRA CON 25% DE MICELIO Y 75% DE ARCILLA												
DENOMINACIÓN	LARGO (mm)				ANCHO (mm)				ALTO (mm)			
A	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
01	222.5	223	223.5	223	118.5	119.5	117.5	119	88	87.5	88	88.5
02	222	221.5	221	222	117	117	116.5	116.5	85	86	85.5	86
03	220	220.5	221.5	220.5	119	119	118.5	119.5	87	87.5	88	87.5
04	223.5	223	222.5	223	117	118	117.5	118.5	86.5	87	86	87.5
05	221.5	221	222	222.5	117.5	118	117.5	117.5	84.5	85	84	84.5
06	221	223	222.5	221	118.5	119.5	119	119	89	88.5	88	89.5
07	220	219.5	220	220.5	119.5	119	120	120	85	85	86.5	85.5
08	223.5	223	224	224.5	117	118.5	117	117	86.5	87	86	86
09	221	221.5	222	221.5	119	120	119.5	120	86	87.5	87	86
10	222.5	223.5	223.5	223	118	117	117.5	118.5	87	86	87.5	86.5
L promedio	221.75	221.95	222.25	222.15	118.1	118.55	118.05	118.55	86.45	86.7	86.65	86.75
PROMEDIO	222.03				118.31				86.64			
NOMINAL	230.00				120.00				90			
V (%)	3.47%				1.406%				3.736%			
CV	0.535%				0.841%				1.442%			

FUENTE: Elaboración Propia

TABLA 05.04. Resultados del ensayo de variación dimensional de la muestra con 30% de micelio y 70% de arcilla

MUESTRA CON 30% DE MICELIO Y 70% DE ARCILLA												
DENOMINACIÓN	LARGO (mm)				ANCHO (mm)				ALTO (mm)			
A	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
01	221.5	222	222.5	221	119	119.5	118.5	119	88	87	87.5	88
02	221.5	221	222	221.5	117	118	117.5	118	86.5	86	85.5	86
03	220.5	221	221	220	118.5	118	118	119	85.5	86.5	85	86
04	221	221.5	220	222	119.5	120	119	119.5	89	88.5	88	88
05	223	222	221.5	222	116	116.5	116	117	87	88	87.5	87.5
06	222	221.5	222.5	221	117.5	117	117	118	86	86.5	86	85.5
07	222.5	221	221.5	222	117.5	117	118.5	117.5	87.5	87	86.5	87
08	220	221	220.5	221	117	116.5	117.5	117	86	86	85.5	86.5
09	222	222.5	223	223	119	119.5	120	120	85.5	86	86.5	85.5
10	222.5	223	221.5	222	118	119	119.5	119	88.5	88	87	87
L promedio	221.65	221.65	221.6	221.55	117.9	118.1	118.15	118.4	86.95	86.95	86.5	86.7
PROMEDIO	221.61				118.14				86.78			
NOMINAL	230.00				120.00				90			
V (%)	3.65%				1.552%				3.583%			
CV	0.299%				0.932%				1.103%			

FUENTE: Elaboración Propia

Anexo 06: Ensayo de alabeo de las unidades de albañilería artesanal (patrón), y adiciones de micelio de hongos

TABLA 06.01. Resultados del ensayo de alabeo de la muestra patrón

ALABEO EN BLOQUES DE ARCILLA				
MUESTRA	LADRILLO MUESTRA PATRÓN			
	CARA ARRIBA		CARA ABAJO	
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
# / CÓDIGO	mm		mm	
M - 1	1.50	1.14	0.90	1.00
M - 2	2.00	1.50	1.10	1.30
M - 3	1.10	1.00	0.85	1.00
M - 4	1.16	1.07	1.05	1.11
M - 5	1.05	1.00	1.00	1.03
M - 6	0.90	0.85	0.70	0.85
M - 7	1.15	1.05	1.03	1.07
M - 8	1.05	1.00	0.89	1.00
M - 9	0.65	1.00	0.60	0.62
M-10	0.88	0.80	0.83	1.00
PROMEDIO	1.14	1.04	0.90	1.00
D. EST. (%)	0.37	0.19	0.16	0.17

FUENTE: Elaboración Propia

TABLA 06.02. Resultados del ensayo de alabeo de la muestra con 20% de micelio y 80% de arcilla

ALABEO EN LADRILLOS				
MUESTRA	LADRILLO 20% DE MICELIO Y 80 % DE ARCILLA			
	CARA ARRIBA		CARA ABAJO	
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
MUESTRA	mm		mm	
M - 1	1.35	1.20	1.15	1.18
M - 2	0.90	0.80	0.60	0.70
M - 3	1.05	1.00	1.05	1.15
M - 4	0.87	0.85	1.00	1.05
M - 5	0.85	0.85	1.00	1.01
M - 6	1.15	1.10	1.05	1.10
M - 7	1.00	1.00	0.85	0.90
M - 8	0.90	0.90	1.20	1.30
M - 9	1.20	1.20	1.15	1.20
M-10	0.75	0.70	0.80	1.00
PROMEDIO	1.00	0.96	0.99	1.06
D. EST. (%)	0.19	0.17	0.19	0.17

FUENTE: Elaboración Propia

TABLA 06.03. Resultados del ensayo de alabeo de la muestra con 25% de micelio y 75% de arcilla

ALABEO EN LADRILLOS				
MUESTRA	LADRILLO 25% DE MICELIO Y 75 % DE ARCILLA			
	LADO SUPERIOR		LADO INFERIOR	
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
NUMERO	mm		mm	
M - 1	1.00	0.90	0.85	1.00
M - 2	1.25	1.10	0.70	0.90
M - 3	1.06	1.00	1.00	1.10
M - 4	1.40	1.10	1.15	1.30
M - 5	0.78	0.60	0.45	0.50
M - 6	0.15	0.10	0.10	0.10
M - 7	1.06	1.00	1.00	1.00
M - 8	1.30	1.10	1.15	1.00
M - 9	1.81	1.60	1.00	1.85
M-10	0.55	0.15	0.10	0.10
PROMEDIO	1.04	0.87	0.75	0.89
D.EST. (%)	0.46	0.46	0.40	0.53

TABLA 06.04. Resultados del ensayo de alabeo de la muestra con 30% de micelio y 70% de arcilla

ALABEO EN BLOQUES DE ARCILLA				
MUESTRA	LADRILLO 30% DE MICELIO Y 70 % DE ARCILLA			
	CARA ARRIBA		CARA ABAJO	
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
# / CÓDIGO	mm		Mm	
M - 1	0.90	0.90	0.75	1.00
M - 2	1.50	1.00	1.02	0.90
M - 3	1.00	0.85	0.50	0.45
M - 4	1.40	1.16	1.20	0.96
M - 5	0.85	1.04	0.85	0.62
M - 6	1.10	0.78	0.72	0.87
M - 7	0.85	1.10	1.00	1.00
M - 8	1.15	1.15	0.85	1.00
M - 9	1.00	1.10	1.10	1.15
M-10	0.90	1.00	1.10	0.90
PROMEDIO	1.07	1.01	0.91	0.89
D.EST. (%)	0.23	0.13	0.21	0.20

FUENTE: Elaboración Propia

Anexo 07: Ensayo de absorción de las unidades de albañilería artesanal (patrón), y adiciones de micelio de hongos

TABLA 07.01. Resultados del ensayo de absorción de la muestra patrón

MUESTRA PATRÓN			
Muestra	Peso	Peso	
N.º	Saturado	Seco	Absorción
	(g)	(g)	(%)
01	3.580	3.094	15.7
02	3.478	3.025	15.0
03	3.604	3.011	19.7
04	3.564	3.096	15.1
05	3.604	3.122	15.4
06	3.542	3.120	13.5
07	3.587	3.054	17.5
08	3.457	3.204	7.9
09	3.624	3.214	12.8
10	3.464	3.128	10.74
PROMEDIO	3.55	3.11	14.33

TABLA 07.02. Resultados del ensayo de absorción de la muestra con 20% de micelio y 80% de arcilla

MUESTRA 20% DE MICELIO Y 80% DE ARCILLA			
Muestra	Peso	Peso	
N.º	Saturado	Seco	Absorción
	(g)	(g)	(%)
01	3.696	3.224	14.6
02	3.606	3.146	14.6
03	3.626	3.152	15.0
04	3.618	3.136	15.4
05	3.496	3.064	14.1
06	3.514	3.045	15.4
07	3.584	3.164	13.3
08	3.658	3.255	12.4
09	3.660	3.320	10.2
10	3.598	3.247	10.8
PROMEDIO	3.61	3.18	13.59

TABLA 07.03. Resultados del ensayo de absorción de la muestra con 25% de micelio y 75% de arcilla

MUESTRA 25% DE MICELIO Y 75% DE ARCILLA			
Muestra	Peso	Peso	
N.º	Saturado	Seco	Absorción
	(g)	(g)	(%)
01	3.628	3.158	14.9
02	3.548	3.100	14.5
03	3.570	3.118	14.5
04	3.642	3.156	15.4
05	3.602	3.134	14.9
06	3.587	3.125	14.8
07	3.624	3.254	11.4
08	3.482	3.221	8.1
09	3.554	3.195	11.2
10	3.601	3.202	12.5
PROMEDIO	3.58	3.17	13.21

TABLA 07.04. Resultados del ensayo de absorción de la muestra con 30% de micelio y 70% de arcilla

MUESTRA 30% DE MICELIO Y 70% DE ARCILLA			
Muestra	Peso	Peso	
N.º	Saturado	Seco	Absorción
	(g)	(g)	(%)
01	3.628	3.168	14.5
02	3.660	3.144	16.4
03	3.646	3.174	14.9
04	3.592	3.134	14.6
05	3.550	3.092	14.8
06	3.524	3.214	9.6
07	3.478	3.145	10.6
08	3.613	3.164	14.2
09	3.532	3.187	10.8
10	3.400	3.090	10.0
PROMEDIO	3.56	3.15	13.05

Anexo 08: Ensayo de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería artesanal (patrón), y adiciones de micelio de hongos

TABLA 08.01. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra patrón

MUESTRA PATRON					
Muestra	Ancho	Largo	Área	Carga	F'b
N.º	(cm)	(cm)	bruta		
	(e)	(l)	(cm2)	(kg)	(kg/cm2)
01	11.7	10.9	128	7109	56
02	11.5	10.9	125	7178	57
03	11.8	11.0	130	6952	54
04	11.9	10.8	128	6535	51
05	11.9	10.9	129	7490	58

TABLA 08.02. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra con 20% de micelio y 80% de arcilla

MUESTRA PATRON + 20 DE MICELIO DE HONGOS					
Muestra	Ancho	Largo	Área	Carga	F'b
N.º	(cm)	(cm)	bruta		
	(e)	(l)	(cm2)	(kg)	(kg/cm2)
01	11.9	11.1	131	7465	57
02	11.8	11.0	130	6973	54
03	11.8	10.9	129	7700	60
04	11.6	10.9	126	7024	56
05	11.9	10.9	130	6980	54

TABLA 08.03. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra con 25% de micelio y 75% de arcilla

MUESTRA PATRON + 25 DE MICELIO DE HONGOS					
Muestra	Ancho	Largo	Área	Carga	F'b
N.º	(cm)	(cm)	bruta		
	(e)	(l)	(cm2)	(kg)	(kg/cm2)
01	11.9	11.5	136	8011	59
02	11.7	11.1	129	8301	64
03	11.9	11.0	131	8862	68
04	11.8	11.2	131	8977	68
05	11.8	11.1	130	8827	68

TABLA 08.04. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra con 30% de micelio y 70% de arcilla

MUESTRA PATRON + 30 DE MICELIO DE HONGOS					
Muestra	Ancho	Largo	Área	Carga	F'b
N.º	(cm)	(cm)	bruta		
	(e)	(l)	(cm²)	(kg)	(kg/cm²)
01	11.9	11.1	132	6824	52
02	11.8	11.1	130	7497	58
03	11.8	11.0	130	7732	59
04	12.0	11.1	132	7803	59
05	11.6	11.1	129	7265	56

Anexo 09: Ensayo de resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería artesanal (patrón), y adiciones de micelio de hongos

TABLA 09.01. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial de la muestra patrón

MUESTRA PATRÓN											
Muestra	l	t	h	Área	hp/tp	Carga	Carga	fm	Factor	fm	Fm
N.º	(mm)	(mm)	(mm)	(mm²)		(KN)	(N)	(Mpa)	Correc.	(Mpa)	(kg/cm²)
01	220	117.38	273.71	25778	2.33	89.79	89790.0	3.48	1.03	3.58	36.46
02	217	115.38	265.23	25036	2.30	80.42	80420.0	3.21	1.02	3.29	33.54
03	220	118.25	263.20	25985	2.23	87.47	87470.0	3.37	1.02	3.43	34.94
04	216	118.50	265.75	25611	2.24	91.02	91020.0	3.55	1.02	3.62	36.94
05	218	118.75	266.13	25873	2.24	92.44	92440.0	3.57	1.02	3.64	37.14
06	221	119.38	266.49	26397	2.23	95.13	95130.0	3.60	1.02	3.67	37.43

TABLA 09.02. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial de la muestra patrón más 20% de micelio

MUESTRA PATRÓN + 20 % DE MICELIO											
Muestra	l	t	h	Área	hp/tp	Carga	Carga	fm	Factor	fm	Fm
N.º	(mm)	(mm)	(mm)	(mm²)		(KN)	(N)	(Mpa)	Correc.	(Mpa)	(kg/cm²)
01	221	118.63	263.20	26231	2.22	91.17	91170.0	3.48	1.02	3.54	36.06
02	220	116.50	273.05	25601	2.34	83.25	83250.0	3.25	1.03	3.34	34.07
03	221	119.38	264.75	26397	2.22	95.92	95920.0	3.63	1.02	3.70	37.70
04	221	117.63	270.20	25980	2.30	92.35	92350.0	3.55	1.02	3.64	37.11
05	220	119.63	267.00	26318	2.23	92.31	92310.0	3.51	1.02	3.57	36.43
06	223	117.13	274.10	26075	2.34	95.63	95630.0	3.67	1.03	3.77	38.42

TABLA 09.03. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial de la muestra patrón más 25% de micelio

MUESTRA PATRÓN + 25 % DE MICELIO											
Muestra	l	t	h	Área	hp/tp	Carga	Carga	fm	Factor	fm	Fm
N.º	(mm)	(mm)	(mm)	(mm²)		(KN)	(N)	(Mpa)	Correc.	(Mpa)	(kg/cm²)
01	223	118.63	263.10	26453	2.22	111.57	111570.0	4.22	1.02	4.29	43.76
02	222	116.75	273.20	25875	2.34	100.20	100200.0	3.87	1.03	3.98	40.56
03	221	119.00	265.05	26254	2.23	109.53	109530.0	4.17	1.02	4.25	43.32
04	223	117.75	270.50	26258	2.30	108.53	108530.0	4.13	1.02	4.23	43.15
05	222	117.63	267.08	26083	2.27	135.13	135130.0	5.18	1.02	5.29	53.97
06	222	119.00	274.20	26403	2.30	110.99	110990.0	4.20	1.02	4.31	43.91

TABLA 09.04. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial de la muestra patrón más 30% de micelio

MUESTRA PATRÓN + 30 % DE MICELIO											
Muestra	l	t	h	Área	hp/tp	Carga	Carga	fm	Factor	fm	Fm
N.º	(mm)	(mm)	(mm)	(mm²)		(KN)	(N)	(Mpa)	Correc.	(Mpa)	(kg/cm2)
01	222	119.00	263.35	26388	2.21	92.00	92000.0	3.49	1.01	3.51	35.80
02	222	117.63	270.30	26054	2.30	81.92	81920.0	3.14	1.01	3.19	32.51
03	221	118.38	260.50	26116	2.20	99.85	99850.0	3.82	1.01	3.85	39.22
04	221	119.50	275.05	26424	2.30	95.99	95990.0	3.63	1.01	3.68	37.57
05	222	116.38	260.38	25850	2.24	100.05	100050.0	3.87	1.01	3.91	39.82
06	222	117.38	275.35	26028	2.35	96.55	96550.0	3.71	1.02	3.78	38.49

Anexo 10: Ensayo de resistencia al corte diagonal de las unidades de albañilería artesanal (patrón), y adiciones de micelio de hongos

TABLA 10.01. Resultados del ensayo de resistencia al corte diagonal de la muestra patrón

Muestra	IDENTIFICACIÓN	l	h	t	Ab	P	P	V _m	V _m
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(kg)	(N)	(Mpa)	(kg/cm ²)
01	Murete 1 - Patrón	661.25	660.13	120.38	79463	6455.00	63324	0.56	5.75
02	Murete 2 - Patrón	660.00	660.00	120.00	79200	3506.00	34394	0.31	3.13
03	Murete 3 - Patrón	660.25	660.50	120.25	79425	4564.00	44773	0.40	4.06
04	Murete 4- Patrón	640.38	665.38	120.00	79845	5672.00	55642	0.49	5.02
05	Murete 5 - Patrón	662.38	665.25	120.25	79996	6015.00	59007	0.52	5.32
06	Murete 6 - Patrón	663.38	654.25	120.00	78510	7883.00	77332	0.70	7.10

TABLA 10.02. Resultados del ensayo de resistencia al corte diagonal de la muestra patrón más 20% de micelio

Muestra	IDENTIFICACIÓN	l	h	t	Ab	P	P	V _m	V _m
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(kg)	(N)	(Mpa)	(kg/cm ²)
01	Murete 1 - 20% DE MCL.H	651.38	650.00	120.00	78000	6021.00	59066	0.54	5.46
02	Murete 2 - 20% DE MCL.H	660.38	660.25	120.00	79230	9257.00	90811	0.81	8.26
03	Murete 3 - 20% DE MCL.H	680.38	680.25	120.00	81630	4991.00	48962	0.42	4.32
04	Murete 4 - 20% DE MCL.H	660.25	660.25	120.00	79230	4161.00	40819	0.36	3.71
05	Murete 5 - 20% DE MCL.H	665.13	665.25	120.00	79830	5762.00	56525	0.50	5.10
06	Murete 6 - 20% DE MCL.H	656.00	656.00	120.00	78720	5084.00	49874	0.45	4.57

TABLA 10.03. Resultados del ensayo de resistencia al corte diagonal de la muestra patrón más 25% de micelio

Muestra	IDENTIFICACIÓN	l	h	t	Ab	P	P	V _m	V _m
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(kg)	(N)	(Mpa)	(kg/cm ²)
01	Murete 1 - 25% DE MCL.H	664.05	650.25	120.13	78111	10805.00	105997	0.96	9.78
02	Murete 2 - 25% DE MCL.H	644.20	660.25	120.00	79230	8531.00	83689	0.75	7.62
03	Murete 3 - 25% DE MCL.H	641.05	640.38	120.00	76845	7489.00	73467	0.68	6.89
04	Murete 4 - 25% DE MCL.H	642.25	660.00	120.00	79200	4574.00	44871	0.40	4.08
05	Murete 5 - 25% DE MCL.H	660.38	660.50	120.00	79260	6982.00	68493	0.61	6.23
06	Murete 6 - 25% DE MCL.H	660.00	670.13	120.00	80415	6345.00	62244	0.55	5.58

TABLA 10.04. Resultados del ensayo de resistencia al corte diagonal de la muestra patrón más 30% de micelio

Muestra	IDENTIFICACIÓN	l	h	t	Ab	P	P	V _m	V _m
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(kg)	(N)	(Mpa)	(kg/cm ²)
01	Murete 1 - 30% DE MCL.H	650.00	660.00	120.00	79200	5624.00	55171	0.49	5.02
02	Murete 2 - 30% DE MCL.H	660.13	660.25	120.00	79230	7554.00	74105	0.66	6.74
03	Murete 3 - 30% DE MCL.H	640.50	670.38	120.00	80445	5078.00	49815	0.44	4.46
04	Murete 4 - 30% DE MCL.H	660.00	660.00	120.00	79200	5978.00	58644	0.52	5.34
05	Murete 5 - 30% DE MCL.H	670.00	670.38	120.00	80445	6686.00	65590	0.58	5.88
06	Murete 6 - 30% DE MCL.H	660.00	670.00	120.00	80400	3780.00	37082	0.33	3.33

Anexo 11: Ensayo de erosión acelerada swinburne

TABLA 11.01. Resultados del ensayo de erosión acelerada de la muestra patrón

MUESTRA PATRÓN				
N°	TIEMPO	Oquedad Max	Oquedad-Muestra	Observaciones
	Min	mm	mm	
1	60	10	0.18	APTO
2	60	10	0.19	APTO
3	60	10	0.16	APTO
4	60	10	0.17	APTO
5	60	10	0.11	APTO
Promedio				0.162
Desv.Estandar				0.03
Oquedad.				0.13

TABLA 11.02. Resultados del ensayo de erosión acelerada de la muestra patrón + 20 % de micelio de hongo.

MUESTRA PATRÓN + 20% DE MICELIO DE HONGOS				
N°	TIEMPO	Oquedad Max	Oquedad-Muestra	Observaciones
	Min	mm	mm	
1	60	10	0.19	APTO
2	60	10	0.17	APTO
3	60	10	0.19	APTO
4	60	10	0.16	APTO
5	60	10	0.18	APTO
Promedio				0.178
Desv.Estandar				0.01
Oquedad.				0.16

TABLA 11.02. Resultados del ensayo de erosión acelerada de la muestra patrón + 25 % de micelio de hongo.

MUESTRA PATRÓN + 25% DE MICELIO DE HONGOS				
N°	TIEMPO	Oquedad Max	Oquedad-Muestra	Observaciones
	Min	mm	mm	
1	60	10	0.11	APTO
2	60	10	0.11	APTO
3	60	10	0.10	APTO
4	60	10	0.12	APTO
5	60	10	0.14	APTO
Promedio				0.116
Desv.Estandar				0.02
Oquedad.				0.10

TABLA 11.02. Resultados del ensayo de erosión acelerada de la muestra patrón + 30 % de micelio de hongo.

MUESTRA PATRÓN + 30% DE MICELIO DE HONGOS				
N°	TIEMPO	Oquedad Max	Oquedad-Muestra	Observaciones
	Min	mm	mm	
1	60	10	0.13	APTO
2	60	10	0.15	APTO
3	60	10	0.16	APTO
4	60	10	0.15	APTO
5	60	10	0.17	APTO
Promedio				0.152
Desv.Estandar				0.01
Oquedad.				0.14

Anexo 12: Ensayo de conductividad termica

TABLA 12.01. Resultados del ensayo de conductividad Termica de la muestra patrón

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA - LADRILLO PATRON						
Datos del ensayo	UND	ESPECÍMEN				
		M01	M02	M03	M04	M05
Potencia de Energía Eléctrica (Pot)	W	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Altura de la muestra (h)	m	0.117	0.118	0.118	0.119	0.117
Largo de la muestra (L)	m	0.220	0.219	0.222	0.220	0.219
Ancho de la muestra (A)	m	0.087	0.088	0.089	0.089	0.089
Área de Ladrillo	m ²	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026
Temperatura de la placa caliente	°C	256.000	257.300	260.300	260.500	262.300
Temperatura de la placa caliente	°K	529.000	530.300	533.300	533.500	535.300
Temperatura de la placa fría	°C	30.400	30.700	30.700	30.600	30.800
Temperatura de la placa fría	°K	303.400	303.700	303.700	303.600	303.800
Conductividad térmica (λ)	W/m.°K	0.449	0.451	0.446	0.441	0.448
Promedio				0.447		

TABLA 12.02. Resultados del ensayo de conductividad Termica de la muestra patrón + 20 % de micelio de hongos.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA - LADRILLO 20%						
Datos del ensayo	UND	ESPECÍMEN				
		M01	M02	M03	M04	M05
Potencia de Energía Eléctrica (Pot)	W	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Altura de la muestra (h)	m	0.119	0.118	0.118	0.119	0.117
Largo de la muestra (L)	m	0.225	0.230	0.210	0.225	0.225
Ancho de la muestra (A)	m	0.087	0.088	0.089	0.089	0.089
Área de Ladrillo	m ²	0.027	0.027	0.025	0.027	0.026
Temperatura de la placa caliente	°C	274.500	274.700	274.900	279.100	279.300
Temperatura de la placa caliente	°K	547.500	547.700	547.900	552.100	552.300
Temperatura de la placa fría	°C	31.900	32.000	32.100	32.400	32.500
Temperatura de la placa fría	°K	304.900	305.000	305.100	305.400	305.500
Conductividad térmica (λ)	W/m.°K	0.402	0.401	0.446	0.402	0.409
Promedio				0.412		

TABLA 12.03. Resultados del ensayo de conductividad Termina de la muestra patrón + 25% de micelio de hongos.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA - LADRILLO 25%						
Datos del ensayo	UND	ESPECÍMEN				
		M01	M02	M03	M04	M05
Potencia de Energía Eléctrica (Pot)	W	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Altura de la muestra (h)	m	0.119	0.118	0.118	0.119	0.117
Largo de la muestra (L)	m	0.225	0.230	0.210	0.225	0.225
Ancho de la muestra (A)	m	0.087	0.088	0.089	0.089	0.089
Área de Ladrillo	m ²	0.027	0.027	0.025	0.027	0.026
Temperatura de la placa caliente	°C	305.100	305.200	305.700	306.300	306.100
Temperatura de la placa caliente	°K	578.100	578.200	578.700	579.300	579.100
Temperatura de la placa fría	°C	37.600	37.600	37.800	37.900	37.900
Temperatura de la placa fría	°K	310.600	310.600	310.800	310.900	310.900
Conductividad térmica (λ)	W/m.°K	0.364	0.364	0.404	0.369	0.376
Promedio				0.376		

TABLA 12.04. Resultados del ensayo de conductividad Termina de la muestra patrón + 30% de micelio de hongos.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA - LADRILLO 30%						
Datos del ensayo	UND	ESPECÍMEN				
		M01	M02	M03	M04	M05
Potencia de Energía Eléctrica (Pot)	W	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Altura de la muestra (h)	m	0.118	0.119	0.119	0.117	0.120
Largo de la muestra (L)	m	0.220	0.221	0.222	0.219	0.223
Ancho de la muestra (A)	m	0.088	0.089	0.088	0.089	0.088
Área de Ladrillo	m ²	0.026	0.026	0.026	0.026	0.027
Temperatura de la placa caliente	°C	290.300	295.700	298.400	295.600	290.100
Temperatura de la placa caliente	°K	563.300	568.700	571.400	568.600	563.100
Temperatura de la placa fría	°C	34.100	35.600	36.200	35.500	33.700
Temperatura de la placa fría	°K	307.100	308.600	309.200	308.500	306.700
Conductividad térmica (λ)	W/m.°K	0.397	0.390	0.381	0.401	0.383
Promedio				0.390		

Anexo 13: Costo y presupuesto desglosado de bloques de arcilla artesanales

Anexo 13.01: Análisis de precios unitarios del patrón muestra

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:		ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑERÍA ARTESANAL MUESTRA PATRÓN				
PROPIETARIO:		ELDER CHAPOÑAN				
UBICACIÓN:		Sector La Polvadera -Distrito de Pacora -Departamento de Lambayeque				
FECHA:		Abril del 2025				
ELABORADO POR:		HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA				
LADRILLOS ARTESANALES MUESTRA PATRÓN						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RENDIMIENTO:	2.5	M3/día				
INSUMO				Total S./		104.84
EXTRACCIÓN DE SUELO ARCILLOSO	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						
Peón	hh	1.00	3.2000	20.16	64.51	
MATERIALES						
Suelo arcilloso	m3		1.5400	15.00	23.10	
arena fina	m3		0.5800	20.00	11.60	
agua	m3		0.4620	8.00	3.70	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Desgaste de herramientas	% MO		3.00%	64.51	1.94	
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RENDIMIENTO:	1	mil/día				
DOSIFICACIÓN Y MEZCLA	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						
Oficial	hh	0.10	0.8000	22.27	17.82	
peón	hh	1.00	8.0000	20.16	161.28	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Desgaste de herramientas	% MO		3.00%	179.10	5.37	
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RENDIMIENTO:	1	mil/día				
MOLDEADO	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						
oficial	hh	0.10	0.8000	22.27	17.82	
peon	hh	1.00	8.0000	20.16	161.28	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Desgaste de herramientas	% MO		3.00%	17.82	0.53	
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RENDIMIENTO:	1	mil/día				
SECADO Y TRASLADO AL HORNO	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						
Oficial	hh	0.10	0.8000	22.27	17.82	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Desgaste de herramientas	% MO		5.00%	17.82	0.89	
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RENDIMIENTO:	1	und/día				
QUEMADO DE UNIDADES	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						
oficial	hh	0.10	0.8000	22.27	17.82	
MATERIALES						
Leña seca	m3		0.5	300	150	150.00
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Desgaste de herramientas	% MO		5.00%	17.82	0.89	0.89

Anexo 13.02: Análisis de precios unitarios con la incorporación del micelio

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL MUESTRA PATRÓN + 25% DE MICELIO DE HONGOS					
PROPIETARIO:	ELDER CHAPOÑAN					
UBICACIÓN:	Sector La Polvadera - Distrito de Pacora - Departamento de Lambayeque					
FECHA:	Abril de 2025					
ELABORADO POR:	HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA					
LADRILLOS ARTESANALES MUESTRA PATRÓN + 25% de Micelio						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RENDIMIENTO:	2.5		M3/día			
INSUMO					Total S/.	124.95
EXTRACCIÓN DE SUELO ARCILLOSO	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						64.51
Peón	hh	1.00	3.2000	20.16	64.51	
MATERIALES						58.50
Suelo arcilloso	m3		1.5000	15.00	22.50	
Micelio de hongos	m3		0.8400	30.00	25.20	
arena fina	m3		0.3800	20.00	7.60	
agua	m3		0.4000	8.00	3.20	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						1.94
Desgaste de herramientas	% MO		3.00%	64.51	1.94	
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RENDIMIENTO:	1		mil/día			
INSUMO					Total S/.	184.47
DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						179.10
Oficial	hh	0.10	0.8000	22.27	17.82	
peón	hh	1.00	8.0000	20.16	161.28	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						5.37
Desgaste de herramientas	% MO		3.00%	179.10	5.37	
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RENDIMIENTO:	1		mil/día			
INSUMO					Total S/.	18.35
MOLDEADO	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						17.82
oficial	hh	0.10	0.8000	22.27	17.82	
peon	hh	1.00	8.0000	20.16	161.28	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						0.53
Desgaste de herramientas	% MO		3.00%	17.82	0.53	
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RENDIMIENTO:	1		mil/día			
INSUMO					Total S/.	18.71
SECADO Y TRASLADO AL HORNO	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						17.82
Oficial	hh	0.10	0.8000	22.27	17.82	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						0.89
Desgaste de herramientas	% MO		5.00%	17.82	0.89	
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RENDIMIENTO:	1		und/día			
INSUMO					Total S/.	168.71
QUEMADO DE UNIDADES	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						17.82
oficial	hh	0.10	0.8000	22.27	17.82	
MATERIALES						150.00
Leña seca	m3		0.5	300	150	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						0.89
Desgaste de herramientas	% MO		5.00%	17.82	0.89	
ESTIBADO DE LADRILLOS ARTESANALES						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RENDIMIENTO:	363		M3/día			
INSUMO	0.0178				Total S/.	28.51
EXTRACCIÓN DE SUELO ARCILLOSO	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						0.93
Oficial	hh	1.00	0.0220	22.27	0.49	
Peón	hh	1.00	0.0220	20.16	0.44	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						27.58
Desgaste de herramientas	% MO		3.00%	0.93	0.03	
Camion Volquete 10 m3	hm	5.00	0.110	250.00	27.55	

Anexo 13.03: Presupuesto de mezcla patrón

PRESUPUESTO PARA UN MILLAR DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA ARTESANAL						
PROYECTO: ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA ARTESANALES MUESTRA PATRÓN						
PROPIETARIO: ELDER CHAPOÑAN						
UBICACIÓN: Sector La Polvadera -Distrito de Pacora -Departamento de Lambayeque						
FECHA: Abril del 2025						
ELABORADO POR: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA						
CODIGO	INSUMO	UNIDAD	X MIL	MATERIALES P.PARCIAL	MANO DE OBRA P.PARCIAL	HERRAMIENTAS P.PARCIAL
1	EXTRACCIÓN DE SUELO ARCILLOSO	M3	2.5	S/ 38.40	S/ 64.51	S/ 1.94
2	DOSIFICACIÓN Y MEZCLA	MIL	1	S/ 0.00	S/ 179.10	S/ 5.37
3	MOLDEADO	MIL	1	S/ 0.00	S/ 17.82	S/ 5.37
4	SECADO Y TRASLADO AL HORNO	MIL	1	S/ 0.00	S/ 17.82	S/ 0.89
5	QUEMADO DE UNIDADES	MIL	1	S/ 150.00	S/ 17.82	S/ 0.89
				S/ 188.40	S/ 297.06	S/ 14.46
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN POR MILLAR				S/ 499.91		

Anexo 13.04: Presupuesto de mezcla con incorporación de micelio

PRESUPUESTO PARA UN MILLAR DE LADRILLOS						
PROYECTO: ELABORACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES MUESTRA PATRÓN + MICELIO						
PROPIETARIO: ELDER CHAPOÑAN						
UBICACIÓN: Sector La Polvadera -Distrito de Pacora -Departamento de Lambayeque						
FECHA: Abril de 2025						
ELABORADO POR: HELEN VIVIANA MACHADO SAAVEDRA						
CODIGO	INSUMO	UNIDAD	X MIL	MATERIALES P.PARCIAL	MANO DE OBRA P.PARCIAL	HERRAMIENTAS P.PARCIAL
1	EXTRACCIÓN DE SUELO ARCILLOSO	M3	2.5	S/ 58.50	S/ 64.51	S/ 1.94
2	DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO	MIL	1	S/ 0.00	S/ 179.10	S/ 5.37
3	MOLDEADO	MIL	1	S/ 0.00	S/ 17.82	S/ 5.37
4	SECADO Y TRASLADO AL HORNO	MIL	1	S/ 0.00	S/ 17.82	S/ 0.89
5	QUEMADO DE UNIDADES	MIL	1	S/ 150.00	S/ 17.82	S/ 0.89
				S/ 208.50	S/ 297.06	S/ 14.46
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN POR MILLAR				S/ 530.00		

Anexo 14: Certificado de calibracion de equipos para conductividad Termica.



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 008-2024-I
 FECHA: 20 de Mayo de 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Helen Viviana Machado Saavedra

TITULO DE LA TESIS: Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal.

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Contenido de sales solubles
- Contenido de humedad
- Gravedad específica
- Granulometría
- Límites de atterberg.
- Dimensionamiento
- Absorción
- Alabeo
- Resistencia a la compresión
- Conductividad Térmica

OTRO LABORATORIO:

- Resistencia de corte diagonal
- Resistencia de compresión axial

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.
 Observación: Adjunto



Henry Rivadeneyra Oblitas
Téc. Laboratorio
USAT



Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 0104 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	4686-2023	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	CAL.LA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Capacidad	2000 kN	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Marca	A Y A INSTRUMENT	
Modelo	STYE-2000B	
Número de Serie	131214	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	MC	
Modelo	STYLE-2000B	
Número de Serie	131214	
Resolución	0.01 / 0.1 kN (*)	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2023-09-02	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello



[Handwritten Signature]
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



913 028 621 / 913 028 622
TÉCNICO DE LABORATORIO
913 028 623 / 913 028 624
www.perufest.com.pe

Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima
ventas@perufest.com.pe
PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 057 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 1

1. Expediente	1912-2023	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&C E.I.R.L.	
3. Dirección	CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo	PRESA DE MURETES	
Capacidad	20000 kgf	
Marca	NO INDICA	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	
Procedencia	PERÚ	
Identificación	LF-057	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIGH WEIGHT	
Modelo	315A	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	10 kgf	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2023-03-01	

Fecha de Emisión

2023-03-01

Jefe del Laboratorio de Metrología

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



☎ 913 028 621 / 913 028 622
☎ 913 028 623 / 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
🏢 PERUTEST SAC



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswyceir@gmail.com

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 13 de noviembre del 2023

Quien suscribe:

Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar

**Representante Legal – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.**

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado "Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal".

Por el presente, el que suscribe, Wilson Arturo Olaya Aguilar representante legal de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** a la estudiante Helen Machado Saavedra identificado con DNI N° 74222452 estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO y autor del trabajo de investigación denominado "Efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal" para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Ensayos realizados:

- Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería - N.T.P. 399.621: 2004, revisada el 2015 (24)
- Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería - N.T.P. 399.605 (24)

Atentamente.


H. Olaya
Privada de la
Obitias
Tec. Laboratorio
USAT

 **LEMS W&C EIRL.**

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
GERENTE GENERAL





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO A2LA CON CERTIFICADO
#6032.01 SEGÚN ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LTA-0168-2024

N°. Id.: 0000740170

Página 1 de 2

Expediente : 000502

Fecha de emisión : 2024-04-22

1. Solicitante : HOBRAMA S.A.C

Dirección : CAL.MARISCAL DOMINGO NIETO NRO. 480 INT. L-11
CERCADO DE CHICLAYO LAMBAYEQUE - CHICLAYO -
CHICLAYO

2. Instrumento calibrado: **TERMÓMETRO DIGITAL**

INDICADOR	SENSOR
Marca : No indica	Marca : No indica
Modelo : TM-902C	Modelo : No indica
N° de serie : No indica	N° de Serie : No indica
Código : TM-02 (*)	Código : TM-02-1 (**)
Alcance : -50 °C a 1300 °C	
Procedencia : No indica	
Resolución : 0,1° C	
Tipo de Sensor : Termistor	

3. Lugar de calibración : Laboratorio de temperatura de ALAB

4. Fecha de calibración : 2024-04-19

5. Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa siguiendo el PC-017 "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales". Segunda Edición. 2012. INDECOPI.

6. Trazabilidad

Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Al usuario le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

ALAB E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de ALAB E.I.R.L.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de ALAB E.I.R.L.

Código	Descripción	Certificado de calibración
PTT-014	Termómetro Digital de incertidumbre 0,022 °C a 0,025 °C	LT - 264 - 2023
PTT-026	Termómetro Digital de incertidumbre 0,022 °C a 0,025 °C	LT - 265 - 2023




Brian Juan Espejo Campos
Responsable de laboratorio


Henry Rivadeneyru Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802 - Cel.: 977 515 129

www.alab.com.pe



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO A2LA CON CERTIFICADO
#6032.01 SEGÚN ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LTA-0167-2024

N°.Id.: 0000740169

Página 1 de 2

Expediente : 000502

Fecha de emisión : 2024-04-22

1. Solicitante : HOBARAMA S.A.C

Dirección : CAL.MARISCAL DOMINGO NIETO NRO. 480 INT. L-11
CERCADO DE CHICLAYO LAMBAYEQUE - CHICLAYO -
CHICLAYO

2. Instrumento calibrado: TERMÓMETRO DIGITAL

INDICADOR	SENSOR
Marca : No indica	Marca : No indica
Modelo : TM-902C	Modelo : No indica
N° de serie : No indica	N° de Serie : No indica
Código : TM-01 (*)	Código : TM-01-1 (**)
Alcance : -50 °C a 1300 °C	
Procedencia : No indica	
Resolución : 0,1° C	
Tipo de Sensor : Termistor	

3. Lugar de calibración : Laboratorio de temperatura de ALAB

4. Fecha de calibración : 2024-04-19

5. Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa siguiendo el PC-017 "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales". Segunda Edición. 2012. INDECOPI.

6. Trazabilidad

Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Al usuario le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

ALAB E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de ALAB E.I.R.L.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de ALAB E.I.R.L.

Código	Descripción	Certificado de calibración
PTT-014	Termómetro Digital de incertidumbre 0,022 °C a 0,025 °C	LT - 264 - 2023
PTT-026	Termómetro Digital de incertidumbre 0,022 °C a 0,025 °C	LT - 265 - 2023



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]
Brián Juan Espejo Campos
Responsable de laboratorio

[Handwritten signature]
Henry Rivasdeneyra Obitas
Téc. Laboratorio
USAT

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 717 5802 - Cel.: 977 515 129

www.alab.com.pe