

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



**Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-
mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita
expandida**

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

AUTOR

Cristopher Prado Guevara

ASESOR

Jose Alberto Acero Martinez

<https://orcid.org/0000-0003-4154-9510>

Chiclayo, 2025

**Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y
propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes
adicionando vermiculita expandida**

PRESENTADA POR
Cristopher Prado Guevara

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

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Luis Quiroz Quiñones
PRESIDENTE

Carranza Cieza Segundo Guillermo
SECRETARIO

Jose Alberto Acero Martinez
VOCAL

Dedicatoria

Este logro se lo dedico a mis padres Amalia Guevara Martínez y Juan José Prado Cabrejos, por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera. También agradezco profundamente el respaldo de mi familia, especialmente mi abuela, por sus consejos y su apoyo incondicional. También quiero agradecer a todas las personas que me brindaron su apoyo durante la última etapa de mi carrera. Por último, doy gracias a Dios por otorgarme salud y fortaleza durante este camino.

Agradecimientos

A mis profesores de universidad, especialmente al Ing. Acero Martínez Jose Alberto y al Ing. García Vera Wilson Martin, por haberme guiado y apoyado con sus conocimientos durante el desarrollo de la presente investigación.

Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida -Prado Guevara Christopher.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%	24%	7%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen.....	13
Abstract.....	14
Introducción	15
Revisión de literatura.....	19
Antecedentes	19
Antecedentes internacionales	19
Antecedentes nacionales	21
Bases Teóricas	22
Materiales y métodos.....	43
Tipo de estudio	43
Diseño de investigación.....	43
Población, muestra y muestreo.....	43
Hipótesis y Variables.....	45
Operacionalización de Variables.....	45
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	47
Procedimientos	48
Matriz de Consistencia.....	67
Resultados y discusión.....	69
Diseño de mezcla del concreto.....	74
Ensayo para determinar el coeficiente de conductividad térmica	75
Ensayo de resistencia a la compresión.....	78
Ensayo de variación dimensional	80

Ensayo de alabeo	84
Ensayo de densidad y absorción.....	88
Resistencia a la compresión axial en pilas (f'm).....	92
Resistencia a la compresión diagonal (v'm)	95
Análisis de precios unitarios	98
Conclusiones	107
Recomendaciones.....	109
Referencias Bibliográficas	110
Anexos	115

Lista de Tablas

Tabla 1: Clases de unidad de albañilería para fines estructurales	23
Tabla 2: Dimensiones de Bloques de Concreto.	23
Tabla 3: Granulometría para agregado fino	25
Tabla 4: Granulometría para agregado grueso	27
Tabla 5: Proporciones para la elaboración de morteros	28
Tabla 6: Propiedades Físicas de la vermiculita expandida	29
Tabla 7: Propiedades Químicas de la vermiculita expandida	30
Tabla 8: Clasificación según la densidad de bloques de concreto	34
Tabla 9: Categorización de los materiales según su coeficiente de conductividad térmica	37
Tabla 10: Valores de conductividad térmica de distintos materiales	37
Tabla 11: Total de muestras para ensayos de sus propiedades físicas	44
Tabla 12: Total de muestras para ensayos de sus propiedades mecánicas	44
Tabla 13: Total de muestras para el ensayo de conductividad térmica	45
Tabla 14: Tabla de operacionalización de variables	46
Tabla 15: Factores de corrección por esbeltez	64
Tabla 16: Matriz de Consistencia	67
Tabla 17: Datos obtenidos del ensayo de granulometría del agregado fino	69
Tabla 18: Contenido de humedad -Agregado Fino	70
Tabla 19: Peso unitario suelto y compactado-Agregado Fino	70
Tabla 20: Absorción y peso específico - Agregado fino	71
Tabla 21: Datos obtenidos del ensayo de granulometría del agregado grueso	71
Tabla 22: Contenido de humedad -Agregado Grueso	72
Tabla 23: Peso unitario suelto y compactado - Agregado Grueso	72
Tabla 24: Absorción y peso específico - Agregado Grueso	73
Tabla 25: Dosificación de materiales para 1 m ³ de concreto con incorporación de V.E	74
Tabla 26: Coeficiente de conductividad Térmica-Bloque comercial	75

Tabla 27:Coeficiente de conductividad Térmica-Bloque patrón	75
Tabla 28:Coeficiente de conductividad Térmica-Bloque + 5% de V.E	76
Tabla 29:Coeficiente de conductividad Térmica-Bloque + 10% de V.E	76
Tabla 30:Coeficiente de conductividad Térmica-Bloque + 15% de V.E	77
Tabla 31:Resultados del f´b a los 7 días	78
Tabla 32:Resultados del f´b a los 14 días	78
Tabla 33:Resultados del f´b a los 28 días	79
Tabla 34: Variación dimensional de la Longitud	80
Tabla 35:Variación dimensional del Ancho	81
Tabla 36:Variación dimensional de la Altura	82
Tabla 37:Variación dimensional del Espesor.....	83
Tabla 38:Registro de datos del alabeo -Bloque patrón.....	84
Tabla 39:Registro de datos del alabeo -Bloque Adicionando 5% de V.E.....	84
Tabla 40:Registro de datos del alabeo -Bloque Adicionando 10% de V.E	85
Tabla 41:Registro de datos del alabeo -Bloque Adicionando 15% de V.E	85
Tabla 42: Registro de datos de densidad y absorción-Bloque Patrón	88
Tabla 43: Registro de datos de densidad y absorción-Bloque Adicionando 5% de V.E.....	88
Tabla 44:Registro de datos de densidad y absorción-Bloque Adicionando 10% de V.E.....	89
Tabla 45:Tabla 43:Registro de datos de densidad y absorción-Bloque Adicionando 15% de V.E.....	89
Tabla 46:Registro de datos del ensayo de compresión axial en prismas patrón	92
Tabla 47:Registro de datos del ensayo de compresión axial en primas con 5% de V.E	92
Tabla 48:Registro de datos del ensayo de compresión axial en primas con 10% de V.E	93
Tabla 49:Registro de datos del ensayo de compresión axial en primas con 15% de V.E	93
Tabla 50: Registro de datos del ensayo de compresión diagonal en muretes patrón	95
Tabla 51:Registro de datos del ensayo de compresión diagonal en muretes con 5% de V.E...95	95
Tabla 52:Registro de datos del ensayo de compresión diagonal en muretes con 10% de V.E.96	96
Tabla 53:Registro de datos del ensayo de compresión diagonal en muretes con 15% de V.E.96	96

Tabla 54: Análisis de precios-Bloque Patrón.....	98
Tabla 55: Análisis de precios-Bloque adicionando 5% de V.E.....	98
Tabla 56: Análisis de precios-Bloque adicionando 10% de V.E.....	99
Tabla 57: Análisis de precios-Bloque adicionando 15% de V.E.....	99

Lista de graficas

Gráfico 1: Variación de la temperaturas máximas entre los años 2001 y 2022.....	15
Gráfico 2: Curva granulométrica- Agregado Fino	69
Gráfico 3: Curva granulométrica - Agregado Grueso	72
Gráfico 4: Comparativa del λ de las diferentes muestras evaluadas	77
Gráfico 5: Comparativa de los f^b según su edad y porcentaje de adición.....	79
Gráfico 6: Porcentaje de variación dimensional del largo de los bloques.....	80
Gráfico 7:Porcentaje de variación dimensional del ancho de los bloques.....	81
Gráfico 8:Porcentaje de variación dimensional de la altura de los bloques	82
Gráfico 9: Porcentaje de variación dimensional del espesor de los bloques	83
Gráfico 10: : Resultado del ensayo de alabeo en la superficie cóncava de cada bloque,	86
Gráfico 11: Resumen del alabeo en la superficie convexa en cada bloque	86
Gráfico 12:Comparativa de densidad de los bloque analizados.....	90
Gráfico 13:Comparativa de la absorción de los bloque analizados	90
Gráfico 14:Comparativa de la resistencia a la compresión axial en pilas	94
Gráfico 15:Comparativa de la resistencia a la compresión diagonal en muretes.....	97
Gráfico 16: Comparativa de costos en relación al % de adición.....	100
Gráfico 17:Relación entre las temperaturas evaluadas y el coeficiente de conductividad térmica	101
Gráfico 18:Relación entre la densidad y la resistencia a la compresión	105

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Porcentajes de viviendas particulares según el material predominante en sus paredes exteriores, en los años 1993, 2007 y 2017	16
Ilustración 2: Dimensiones estándar del bloque de concreto utilizado	24
Ilustración 3: Vermiculita	28
Ilustración 4: Vermiculita expandida	29
Ilustración 5: Fabricación Manual de bloques de concreto	32
Ilustración 6: Fabricación Industrial de bloques de concreto	33
Ilustración 7: Determinación de la variación dimensional	34
Ilustración 8: Prueba de alabeo	35
Ilustración 9: Distintos mecanismos de transmisión térmica en edificios	36
Ilustración 10: Ensayo de resistencia a la compresión	39
Ilustración 11: Ensayo de compresión axial	40
Ilustración 12: Ensayo de compresión diagonal	40
Ilustración 13: granulometría del agregado grueso	49
Ilustración 14: granulometría del agregado fino	49
Ilustración 15: Realización del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino	50
Ilustración 16: Ensayo de % de humedad para agregado fino y grueso	52
Ilustración 17: Realización del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso	53
Ilustración 18: : Elaboración de bloques de concreto	54
Ilustración 19: Realización del ensayo de variación dimensional	55
Ilustración 20: Realización del ensayo de alabeo	56
Ilustración 21: Realización del ensayo de densidad y Absorción	57
Ilustración 22: Realización del ensayo de resistencia a la compresión	59
Ilustración 23: Elaboración del ensayo de conductividad térmica	60
Ilustración 24: Adecuación del equipo empleado para evaluar la conductividad térmica	61
Ilustración 25: Placa Caliente con su fuente de voltaje	62

Ilustración 26: Medición de la resistencia y voltaje de la placa caliente.....	63
Ilustración 27: Termómetro digital con termocupla tipo K-TM-902.....	63
Ilustración 28: Realización de las pilas	64
Ilustración 29: Realización de muretes.....	66

Resumen

El aumento de las temperaturas, tanto a nivel global como nacional, afecta negativamente la calidad de vida en el sector residencial, generando discomfort térmico, mayores costos de refrigeración y deterioro de materiales. Esta situación ha impulsado la investigación de materiales de construcción más eficaces para mejorar el aislamiento térmico en las viviendas. En este estudio, se evalúa el coeficiente de conductividad térmica y las propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes con adiciones de vermiculita expandida al 5%, 10% y 15%. Al añadir un 15% de vermiculita expandida, la conductividad térmica disminuye significativamente de $0.513 \text{ W/m}^\circ\text{k}$ y $0.493 \text{ W/m}^\circ\text{k}$ a $0.466 \text{ W/m}^\circ\text{k}$, en comparación con la muestra comercial y muestra patrón. Respecto a la resistencia a la compresión, la muestra sin adición registro 65.47 kg/cm^2 , mientras que las muestras con adiciones lograron 49.20 kg/cm^2 , 47.16 kg/cm^2 y 42.33 kg/cm^2 . Se realizaron a cabo ensayos de compresión en pilas y compresión diagonal en muretes, obteniendo valores de 92.25 kg/cm^2 y 42.03 kg/cm^2 para la muestra patrón y la muestra con un 15% de adición en pilas, y 8.49 kg/cm^2 y 5.35 kg/cm^2 en muretes, respectivamente, indicando un disminución en las propiedades mecánicas con el aumento del porcentaje de adición. Las propiedades físicas, como la variación dimensiones y el alabeo, cumplen con la normativa E.070. Además, se observó una reducción del 15.76% en la densidad y un incremento del 20.43% en la absorción con un 15% de adición. El análisis de costos revela un aumento del $S/0.26$ por cada adición en comparación con la muestra patrón.

Palabras clave: Bloques de concreto, coeficiente de conductividad térmica, vermiculita expandida

Abstract

Rising temperatures, both globally and nationally, negatively affect the quality of life in the residential sector, generating thermal discomfort, higher cooling costs and deterioration of materials. This situation has prompted research into more efficient construction materials to improve thermal insulation in housing. In this study, the thermal conductivity coefficient and the physical-mechanical properties of load-bearing concrete blocks with 5%, 10% and 15% expanded vermiculite additions are evaluated. By adding 15% of expanded vermiculite, the thermal conductivity decreases significantly from 0.513 W/m^{°k} and 0.493 W/m^{°k} to 0.466 W/m^{°k} compared to the commercial and standard samples. Regarding compressive strength, the sample without additions registered 65.47 kg/cm², while the samples with additions achieved 49.20 kg/cm², 47.16 kg/cm² and 42.33 kg/cm². Compression tests were carried out on piles and diagonal compression on walls, obtaining values of 92.25 kg/cm² and 42.03 kg/cm² for the standard sample and the sample with 15% addition in piles, and 8.49 kg/cm² and 5.35 kg/cm² in walls, respectively, indicating a decrease in the mechanical properties with the increase of the addition percentage. Physical properties, such as dimensional variation and warping, comply with E.070. In addition, a 15.76% reduction in density and a 20.43% increase in absorption were observed with 15% addition. The cost analysis reveals an increase of S/0.26 per addition compared to the standard sample.

Keywords: Concrete blocks, coefficient of thermal conductivity, expanded vermiculite

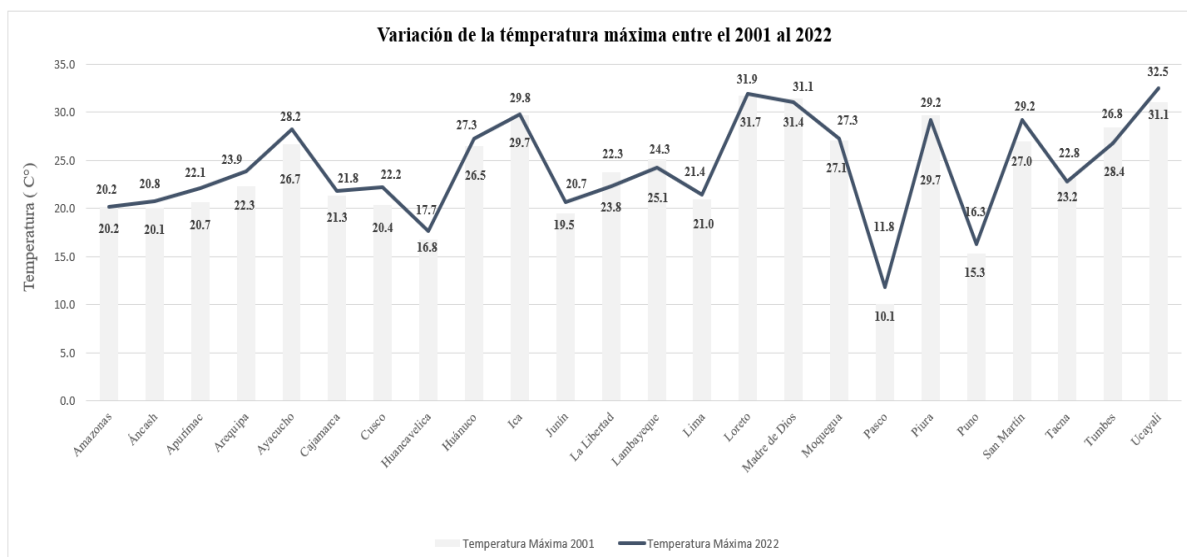
Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida

Introducción

En la actualidad, el cambio climático está generando transformaciones significativas a nivel mundial, y uno de los efectos más notables es el aumento de la temperatura global. Este aumento de temperatura repercute en la calidad de vida de las personas en diferentes sectores, siendo el sector residencial uno de los más afectados [1]. Esto se traduce en problemas de confort térmico, mayores gastos asociados a refrigeración, deterioro de materiales de construcción y problemas en la salud de los habitantes [2].

Durante el periodo 2001 y 2020, se ha observado un incremento significativo de la temperatura superficial a nivel global en comparación con el periodo de 1950 y 1900, con un aumento aproximado de 0.99°C [3]. Por otro lado, para América latina y el caribe se proyecta un aumento de la temperatura de entre 2 a 4°C para el año 2040 [4]. En cuanto al Perú, se han registrado variaciones de temperatura de entre 0.5 y 1.5°C entre el 2001 y 2022 [5], y se anticipa un aumento de temperatura de alrededor de 3°C para el año 2050 en el país [6].

Gráfico 1: Variación de la temperaturas máximas entre los años 2001 y 2022



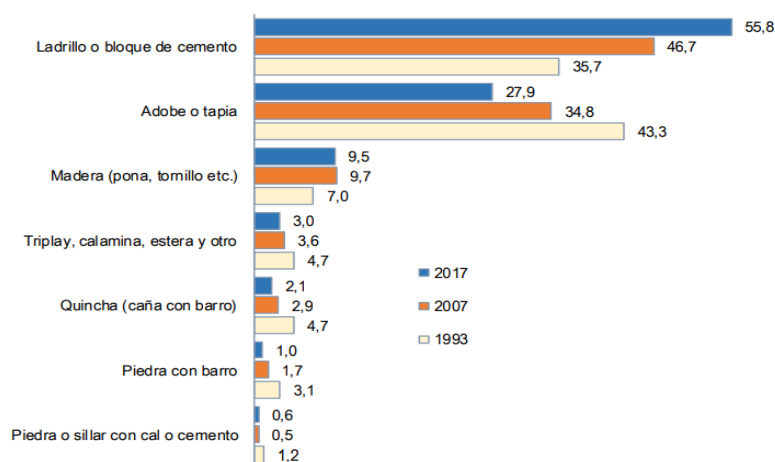
Fuente:[5]

Por lo tanto, se vuelve cada vez más crucial que los expertos de la construcción consideren enfoques contemporáneos para desarrollar edificaciones sostenibles, centrándose en la incorporación de materiales que mejoren el aislamiento térmico de los edificios [7]. Estos materiales no solo optimizan la eficiencia energética, sino que también reducen el impacto ambiental adverso y mejoran el confort térmico de los residentes, lo que resulta esencial y prioritario durante el proceso de diseño de nuestras viviendas [2].

En nuestro país, los elementos de mampostería son ampliamente utilizados en la construcción y desempeñan un papel crucial en la regulación térmica de los edificios [8]. Puesto que un buen aislamiento térmico en estos elementos ayuda a reducir la pérdida de calor en el invierno y el ingreso de calor en verano. Por ello debemos darle un enfoque adecuado al aislamiento térmico de estos elementos, lo que conlleva a ambientes interiores más estables y confortables, promoviendo así la salud y el bienestar de los ocupantes [9].

Según un informe elaborado por el INEI, se emplean diversos materiales de construcción para paredes exteriores de viviendas. El estudio revela que aproximadamente el 55.8% de las viviendas, equivalen a 4 millones 298 mil 274, tienen paredes exteriores construidas con ladrillos o bloques de concreto. Además, cerca del 27.9% que corresponde a 2 millones 148 mil 494 viviendas, están construidas con adobe o tapial. Por otro lado, alrededor de 727 mil 778 viviendas, lo que representa el 9.5% del total de viviendas particulares, tienen como material predominante la madera [10].

Ilustración 1: Porcentajes de viviendas particulares según el material predominante en sus paredes exteriores, en los años 1993, 2007 y 2017



Fuente: [10]

La prevalencia de estos materiales de construcción junto con el crecimiento de las temperaturas a nivel global y nacional, han despertado la necesidad de encontrar soluciones para mejorar el aislamiento térmico en los elementos de albañilería más comunes en nuestro país. Este contexto ha impulsado la realización de una amplia investigación con el propósito de identificar materiales que pueden ser utilizados de manera efectiva en la construcción de albañilería, con el fin último de mejorar el aislamiento térmico de las viviendas [11].

Una opción altamente efectiva para mejorar el aislamiento térmico en elementos de albañilería es incorporar vermiculita expandida. La vermiculita expandida es un mineral de filosilicato hidratado que se destaca por su ligereza y resistencia al fuego. Además, posee propiedades notables, como una baja conductividad térmica (0.04-0.14 W/m.°k) y una baja densidad (80-120 kg/m³). A esto se suma su carácter químicamente inerte y no tóxico. Estas características convierten a la vermiculita expandida en una excelente elección para mejorar el aislamiento térmico de los elementos de construcción, lo que a su vez contribuye a reducir el impacto ambiental de las edificaciones [12].

Recapitulando la problemática previamente mencionada, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el impacto de la inclusión de la vermiculita expandida sobre el coeficiente de conductividad térmica y sus propiedades físico-mecánicas en bloque de concreto portantes?

En relación con la pregunta de investigación se plantea la hipótesis de que la adición de vermiculita expandida lograra mejorar el coeficiente de conductividad térmica y que además se lograra cumplir con las exigencias físico-mecánicas en bloques de concreto portantes.

La siguiente Investigación justificada su realización por 4 razones: Técnica, social, económica y ambiental.

En primer lugar, esta investigación se centra en promover la producción sostenible de elementos de albañilería. Se propone que la adición de vermiculita expandida en bloques de concreto mejore su coeficiente de conductividad térmica, al mismo tiempo que se lograra reducir su peso.

En segundo lugar, esta investigación tendrá una gran relevancia en zonas donde las temperaturas son muy elevadas, puesto que, al mejorar el coeficiente de conductividad térmica, se podrá mantener un ambiente confortable dentro de las viviendas.

En tercer lugar, la incorporación de estos bloques de concreto sería una solución factible para poder mantener la temperatura agradable en el interior de las viviendas sin necesidad de los sistemas de refrigeración. Esto resultaría en un ahorro muy significativo en los costos asociados con dichos sistemas y en los costos energéticos.

En cuarto lugar, al lograr un mejoramiento del coeficiente de conductividad térmica, se podrá prescindir de los sistemas de refrigeración, lo cual resultaría en un impacto muy significativo en las emisiones de gases de efecto invernadero.

El objetivo general de la presente investigación es evaluar el coeficiente de conductividad térmica y sus propiedades físico-mecánicas al adicionar vermiculita expandida en bloques de concreto portantes. Así pues, para lograr cumplir con el objetivo general se plantea los siguientes objetivos específicos: Elaborar el diseño de mezcla para bloques de concreto adicionando vermiculita expandida en porcentajes con respecto al agregado fino, comparar el coeficiente de conductividad térmica entre un bloque comercial y los bloques de concreto con las adiciones de vermiculita expandida mediante el aparato de placa caliente, comparar la resistencia a la compresión de la muestra patrón y los bloques con adiciones de vermiculita expandida, determinar la variación dimensional y alabeo de la muestra patrón y los bloques con adiciones de vermiculita expandida, comparar la variación de la densidad entre el bloque de la muestra patrón y los bloques con adiciones de vermiculita expandida, evaluar la resistencia a la compresión en pilas (f'm) y muretes (v'm), de los bloques de concreto con adiciones de vermiculita expandida y analizar los precios unitario de la muestra patrón y de los bloques con diferentes porcentajes de vermiculita expandida.

Revisión de literatura

Antecedentes

Antecedentes internacionales

Según una investigación realizada por S. M. Al-Tarbi et al [7] en Arabia Saudita, se evaluó el uso de diferentes materiales aislantes (perlita, vermiculita, escoria y poliestireno) en la fabricación de bloques de concreto. El objetivo fue determinar su rentabilidad y económica, consumo de energía y emisiones de CO₂. Todos los bloques lograron cumplir con los requisitos de resistencia establecida para bloques no portantes. Los bloques de perlita y escoria fueron clasificados como ligeros (1554 y 1673 kg/m³ respectivamente). La escoria resultó ser la opción más rentable, mejorando la resistencia térmica en un 144% y reduciendo el consumo de energía en un 150% en comparación con los bloques comerciales. Además, todos los bloques redujeron las emisiones de CO₂ respecto a los bloques comerciales, destacando así los beneficios medioambientales y económicos de utilizar subproductos en la fabricación de unidades de mampostería de concreto.

W. A. Al-Awsh, et al [13], examinaron el rendimiento de los bloques de concreto aislado utilizando materiales de desechos industriales como escoria volcánica (VS), perlas de poliestireno (EPS), Polietileno de baja densidad (LDPE) y vermiculita (VL). Se analizaron su conductividad térmica, resistencia a la compresión, emisiones de CO₂, densidad, absorción y costos. Los bloques de VS, EPS, LDPE y VL mostraron una disminución en la conductividad térmica de aproximadamente 26.1%, 19.4%, 17.0% y 17.7% respectivamente, en comparación con los bloques convencionales. Sin embargo, también se observó una disminución en la resistencia a la compresión del 51, 47,39 y 37% respectivamente. El bloque de VS fue el más efectivo, mejorando la resistencia térmica en un 279%, lo que podría reducir el costo energético de 349.3 a 99.4\$/m² en un periodo de 50 años. Esta investigación demostró que los desechos de polímeros pueden convertirse en materiales de construcción sostenible, económicos y energéticamente eficientes, protegiendo así el medio ambiente.

De igual manera, N. Ganasen et al [14] investigaron el uso de agregados alternativos en la fabricación de ladrillos de concreto liviano, reemplazando el agregado fino en proporciones de 60:40, 50:50 y 40:60. Se utilizaron técnicas estadísticas para comparar los resultados experimentales, como regresión, gráficos principales y un mapa de calor. Los ladrillos con

adición de vermiculita presentaron una resistencia a la compresión de entre 3.2 y 5.9N/mm², y una densidad de entre 1780 y 2142 kg/m³. En resumen, los modelos estadísticos empleados fueron altamente efectivos para analizar las distintas propiedades de los ladrillos.

H. A. Mahmoud et al [15] analizaron la trabajabilidad, propiedades físicas y mecánicas, conductividad térmica y absorción acústica del concreto geopolimérico modificado (GPC) utilizando diferentes agregados livianos (LWA) como los residuos de perlas de poliestireno extruido (EPS), vermiculita y arcilla expandida (LECA). Se reemplazó el agregado grueso con estos agregados livianos en proporciones de 25,50,75 y 100%. Los valores obtenidos para la resistencia a la compresión oscilaron entre 8.5 a 47.50 MPa. La densidad del concreto entre 1500 y 2450kg/m³, y la conductividad térmica estuvo entre 0.45 y 1,16 W/mk. Estos agregados demostraron ser beneficiosos para la elaboración de concreto liviano debido a su capacidad para reducir el peso, su excelente conductividad térmica y su mejora en la absorción acústica.

Finalmente, A. Ustaoglu et al [16]determino las propiedades térmicas del concreto liviano utilizando distintas proporciones de vermiculita y realizaron una simulación analítica para g analizar el consumo de energía en una edificación real, considerando diversos combustibles en diferentes regiones climáticas. En una edificación con un espesor de mampostería de 20cm, se observó una significativa reducción en el consumo de energía, contribuyendo a la disminución de las emisiones de CO₂. En la primera región, se estima un ahorro energético del 7.5% y en la cuarta región un ahorro anual de hasta 0.61 \$/m². El periodo de amortización varia de 1.4 a 9 años, dependiendo del tipo de combustible utilizado. En muchos países europeos, donde los costos de electricidad son elevados, el uso de materiales con alta eficiencia energética puede generar importantes reducciones en los costos energéticos de los edificios.

Antecedentes nacionales

J. C. Paulino y R. A. Espino [17] realizaron una investigación para evaluar las propiedades específicas de las unidades de albañilería al agregar perlitas de poliestireno en diferentes proporciones. Se analizó la densidad, el aislamiento térmico y acústico de los bloques. Se encontró que la resistencia a la compresión disminuye en un 52% en comparación el concreto simple. Además. El peso y la densidad del concreto liviano reducen en un 25% y 27% respectivamente. No obstante, el bloque liviano con perlitas de poliestireno mostró una mejora del 11% en el aislamiento acústico. En cuanto a la conductividad térmica, el bloque liviano presento un valor de $0.59 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{k}$, Lo que representa una reducción del 65% en comparación con el bloque de concreto simple ($1.73 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{k}$).

Por otro lado, M. J. Casapino y A. C. Serrano [18] examinaron el impacto del poliestireno tipo perla en las propiedades físico-mecánicas y la conductividad térmica de los bloques de concreto, utilizando como referencia la normativa ASTM C177-13. Se sustituyó el poliestireno en porcentajes del 0.5%,1%, 1.5% y 2%. Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión óptima se logra con un sustitución del 0.5%, alcanzando 2.5MPa. En términos de densidad, los bloques con adición de poliestireno presentaron valores entre 2080 y 1606 kg/m^3 , mientras que el bloque de concreto sin adición obtuvo una densidad de 2656 kg/m^3 . Respecto a la conductividad térmica, el bloque con 2% de poliestireno presentó un valor de $0.210 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{k}$, lo que representa una reducción del 12% en comparación con bloque de concreto sin adición de poliestireno ($0.239 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{k}$).

Bases Teóricas

Unidad de Albañilería

Es un elemento esencial en el sector de la construcción, utilizado tanto en mampostería como en tabiquería. Su fabricación se realiza a partir de arcilla y cemento portland, con mezcla de sílice y cal como componentes principales [19].

Clasificación según su área bruta

❖ Unidad Alveolar

Elemento sólido o hueco que contiene cavidades diseñadas con dimensiones apropiados para alojar esfuerzos verticales [20].

❖ Unidad hueca

La superficie alveolar representa más del 30% del área total de la unidad [20].

❖ Unidad sólida o maciza

Los agujeros o alvéolos, ubicados perpendicularmente a la superficie de asiento, no deben exceder el 30% del área total de la unidad [20].

❖ Unidad Tubular

Los alvéolos están alineados de manera paralela a la superficie de apoyo [20].

Clasificación según su materia prima

Unidades de arcilla:

Generalmente, se trata de ladrillos que se clasifican según su estructura interna básica. Las unidades calcáreas contienen un 15% de carbono de calcio, mientras que las no calcáreas poseen un 5% de óxido de hierro. Estas unidades de arcilla se moldean mediante diversos métodos, como la aplicación de presión y la extrusión [19].

Unidades sílico calcáreas:

Pueden ser tanto ladrillos como bloques. La proporción de ingredientes utilizados son variables, se utilizará arena o roca tritura que debe contener un contenido de sílice razonablemente alto, normalmente superior al 75% y adicionalmente 10% de cal hidratada[19].

Unidades de concreto:

Son bloques o ladrillos compuestos principalmente de agregados, cemento portland y agua. Además, se pueden incluir componentes adicionales, como pigmentos o agregados especiales, según las características específicas que se necesite [19].

Clasificación destina a propósitos estructurales

Para aspectos relacionados con el diseño estructural, las unidades de albañilería exhiben las siguientes características [20].

Tabla 1: Clases de unidad de albañilería para fines estructurales

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 mm	100 Hasta 150 mm	Hasta 150 mm		
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)
Bloque P	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloue Np	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Fuente: [20]

Bloques de concreto

Se definen como elementos prefabricados compuesto por un conglomerado de agregados, cemento y agua. Pueden contener aditivos, como pigmentos, para modificar sus propiedades. Se producen en dimensiones estandarizadas que no superen los 60 cm [21].

Dependiendo de los requerimientos que se necesite, los bloques de concreto pueden ser empleados tanto en un sistema de albañilería confinada o armada .

Sus dimensiones estandarizadas se encuentran definidas en la normativa NTP 400.006[22]

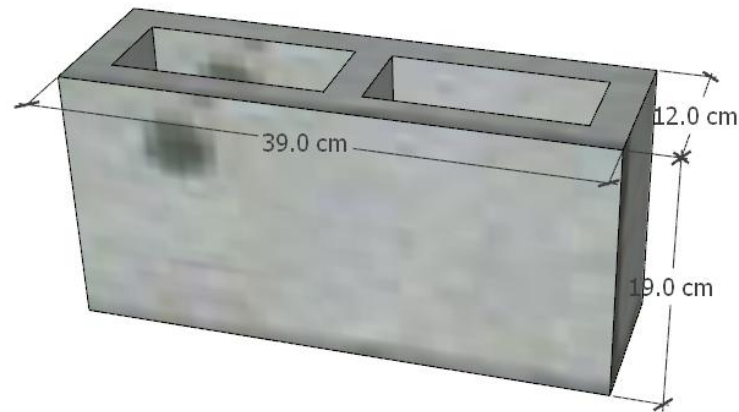
Tabla 2: Dimensiones de Bloques de Concreto.

Dimensiones de bloques	
Largo	19-39 cm
Altura	9-29 cm
Ancho	9-19 cm
Peso	12 a 20 kg

Fuente: [22]

En esta investigación, se optó por elaborar bloques con las siguientes dimensiones: 39 cm de largo, 12 cm de ancho y 19 cm de altura.

Ilustración 2: Dimensiones estándar del bloque de concreto utilizado



Fuente: [Propia]

Bloque Portante:

Se trata de elementos de albañilería utilizados en la edificación de muros que soporten cargas. Estos componentes están diseñados y producidos para transferir tanto fuerzas horizontales como verticales, ya sea desde niveles superiores hacia niveles inferiores o hacia la base de la estructura. Estos muros representan la estructura primordial de una construcción de albañilería y requieren mantener una conexión vertical ininterrumpida [21].

Bloque no portante:

Son componentes de albañilería utilizados en la construcción de muros que no tienen función de soporte. Estos elementos están diseñados y contruidos para resistir únicamente las cargas verticales derivadas de su propio peso y de fuerzas perpendiculares a su superficie [21].

Cemento Portland

Compuesto elaborado a partir de la trituración de Clinker, constituido principalmente por silicatos de calcio y ocasionalmente se le añade caliza [24].

Clasificación del cemento Portland

Su clasificación se encuentra establecida en la NTP 334.009 [24].

- ❖ Tipo I: uso general.
- ❖ Tipo II: calor de hidratación y moderada resistencia a sulfatos.
- ❖ Tipo III: alta resistencia inicial.
- ❖ Tipo IV: bajo calor de hidratación
- ❖ Tipo V: alta resistencia a los sulfatos.

Agua de mezcla

Es un elemento que juega un papel crucial en la elaboración del concreto, ya que está directamente vinculado con su capacidad de ser moldeado y su resistencia [25]. todos los criterios para su empleo están especificados en la normativa NTP 399.088 [26].

Se conoce que la interacción química entre el agua y el material cementante en la mezcla de concreto conduce a:

- ✓ Formación de la pasta[27].
- ✓ Que la masa resultante desarrolle propiedades tanto en estado fresco como endureció[27].
 - ✚ En el estado endurecido se logra presentar las propiedades mecánicas previstas.
 - ✚ En el estado fresco facilita la manipulación y colocación.

Agregados

Es la mezcla de partículas inorgánicas, provenientes de fuentes tanto artificiales como naturales. Al combinarse con agua y cemento, dan lugar a la formación de concreto y mortero. Alrededor del 70% del volumen total de mezcla de concreto se encuentra conformado por estas partículas.[28].

Agregado Fino

Normalmente, se emplea arenas o piedra triturada, cuyas partículas son cribadas con un tamiz de 9.5 mm o 3/8". Deben cumplir con los estándares de granulometría indicados en la NTP 400.037 [28]. Además, es recomendable que el módulo de finesa del agregado fino se encuentre en el intervalo de 2.3 a 3.1.

Tabla 3: Granulometría para agregado fino

Granulometría para agregado Fino		
Tamiz		Porcentaje que Pasa
9,5 mm	3/8"	100
4,75 mm	No.4	95 a 100
2,36 mm	No.8	80 a 100
1,18 mm	No.16	50 a 85
600 μm	No.30	25 a 60
300 μm	No.50	5 a 30
150 μm	No.100	0 a 10
75 μm	No.200	0 a 3

Fuente:[28]

Agregados Grueso

Son generalmente gravas o piedras chanchadas, cuyas partículas se acumulan en el tamiz 4,75 mm (No.4). Sus requisitos granulométricos para estos materiales se especifican en la NTP 400.037. Además, es recomendable que el módulo de fineza del agregado grueso se encuentre en el intervalo 7.3 a 8.9 [28].

Confitillo

Según la normativa NTP 400.012, que trata sobre el análisis granulométrico de agregados, define al confitillo como un agregado artificial obtenido mediante la trituración de piedra o grava. Este material pasa por el tamiz 3/8" y queda retenido en el tamiz N°4[28].

Tabla 4: Granulometría para agregado grueso

Numero de Tamaño	Malla ASTM	Requisitos granulométricos del agregado grueso													
		Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4")	90 mm (3 ½")	75 mm (3")	63 mm (2 ½")	50 mm (2")	37.5 mm (1 ½")	25 mm (1")	19 mm (¾")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (No.4)	2.36 mm (No.8)	1.18 mm (No.16)	300 µmm (No.50)
1	3 ½" a 1 ½" 90 a 37.5 mm	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5						
2	2 ½" a 1 ½" 63 a 37.5 mm			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	2" a 1" 50 a 25.0 mm				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
357	2" a N° 4 50 a 4.75 mm				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	1 ½" a ¾" 37.5 a 19 mm					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5				
467	1 ½" a N° 4 37.5 a 4.7 mm					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	1 a ½" 25 a 12.5 mm						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	1" a 3/8" 25.0 a 9.5 mm						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	1" a N° 4 25.0 a 4.7mm						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	¾" a 3/8" 19.0 a 9.5 mm							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 15	0 a 5		
67	¾" a N° 4 19.0 a 4.7 mm							100	90 a 100			20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	½" a N° 4 12.5 a 4.7 mm								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	3/8" a N° 8 9.5 a 2.36 mm									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	3/8" a N° 16 9.5 a 1.18 mm									100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9A	N° 4 a N° 16 4.7 a 1.18 mm										100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: [28]

Mortero

El mortero se conforma al combinar una mezcla de pasta, compuesta por cemento y agua, con agregado fino (arena). Esta mezcla se emplea para adherir elementos de mampostería, como ladrillos y bloques, y también se aplica en el revestimiento de estas superficies, conocido comúnmente como revoque o tarrajeo [27].

Tabla 5: Proporciones para la elaboración de morteros

Tipos de mortero				
Tipo	Cemento	Cal	Arena	Usos
P1	1	0 - 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 - 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	hasta 6	Muros No Portantes

Fuente [20]

Vermiculita

Es un mineral micáceo principalmente compuesto por silicato de magnesio, aluminio y hierro. Se distingue por su apariencia en forma de láminas cristalinas de color amarillento. Esta característica hace que su superficie refleje eficazmente la radiación solar, dispersando el calor y mejorando su capacidad como aislante térmico. Es un material ecológico que no genera impacto ambiental adverso [29].

Ilustración 3: Vermiculita



Fuente: [13]

Vermiculita expandida

La vermiculita expandida, es el resultado de someter a la vermiculita a temperaturas que oscilan entre los 650 a 950°C. Este proceso provoca que la vermiculita se expanda significativamente, aumentando su tamaño entre 8 a 30 veces con respecto a su tamaño original.

Además, posee una densidad de entre 10 a 11 veces menor que la del material original, lo que lo convierte en un material extremadamente liviano. Esta expansión también conlleva a un aumento en su capacidad de absorción [30].

Ilustración 4: Vermiculita expandida



Fuente: [30]

Propiedades Físico-Químicas

Según Jiménez Madrid [31], nos menciona las siguientes características respecto a la vermiculita expandida:

- ✓ Tiene una densidad entre los 60 y 140 kg/m³.
- ✓ Su conductividad térmica varía entre 0.062-0.065 w/mk.
- ✓ Debido a la estructura de las burbujas que contiene en su interior, la vermiculita expandida tiene un efectivo aislamiento acústico, ya que las ondas sonoras que impactan en la superficie son reflejadas y absorbidas.
- ✓ La vermiculita expandida es un material estable que no experimenta cambios ni alteraciones debido a la exposición de agentes atmosféricos ni con el paso del tiempo.
- ✓ Presenta un pH neutro, igual a 7.2 aproximadamente.
- ✓ Insoluble en agua y solventes orgánicos, inocuo, inodoro, inerte y estéril.

Tabla 6: Propiedades Físicas de la vermiculita expandida

Propiedades Físicas	
Color	Plata
Conductividad Térmica	0.063 w/mk
Temperatura de sinterización	1170 C°
Calor específico	0.22 kcal/gk°C
Combustibilidad	Incombustible

Fuente:[1]

Tabla 7: Propiedades Químicas de la vermiculita expandida

Propiedades Químicas		
Composición		%
Silicio	SiO ₂	34.1
Aluminio	Al ₂ O ₃	17.2
Potasio	K ₂ O	4.52
Calcio	CaO	6.4
Magnesio	MgO	16.3
Hierro	Fe ₂ O ₃	14.7
	Agua	6.1
	Otros	0.68

Fuente:[1]

Uso de la vermiculita expandida

Hay varios ámbitos donde se emplea la vermiculita expandida, particularmente en la industria de la construcción, donde se destacan los siguientes campos de aplicación.

Concretos Livianos

Diferentes investigaciones han demostrado que la adición de vermiculita expandida en el concreto estándar conlleva en una reducción significativa de su densidad. Este fenómeno se explica por el hecho de que la vermiculita expandida es un agregado de baja densidad y altamente poroso [30].

Aislante térmico

La inclusión de vermiculita expandida en diversos materiales como paneles de ferrocemento, mortero, hormigón, ladrillo y yeso, conlleva a una reducción en la conductividad térmica en estos materiales. Una de las causas de esta disminución en la conductividad térmica radica en el hecho de que las partículas de vermiculita expandida actúan como agregado granulares altamente poroso. Estos poros, saturados de aire, tienen el potencial de funcionar como aislantes que obstaculizan la transferencia de calor a través del material[30].

Aislante acústico

En ambientes profesionales de música, es frecuente emplear paneles que contienen vermiculita expandida, los cuales se colocan entre las paredes. Esta acción conlleva a

una reducción en la transmisión de sonido a través de los muros, lo que resulta en una mejora significativa del aislamiento acústico en dichos lugares [30].

Protección contra incendios

La vermiculita expandida contribuye a mejorar la resistencia al fuego de los materiales. Esta mejora puede estar vinculada a la menor expansión térmica que experimenta la vermiculita expandida a altas temperaturas, lo que reduce significativamente la formación de grietas y limita la transferencia de calor a través del material durante la exposición al fuego.[30].

Fabricación de Bloques de Concreto

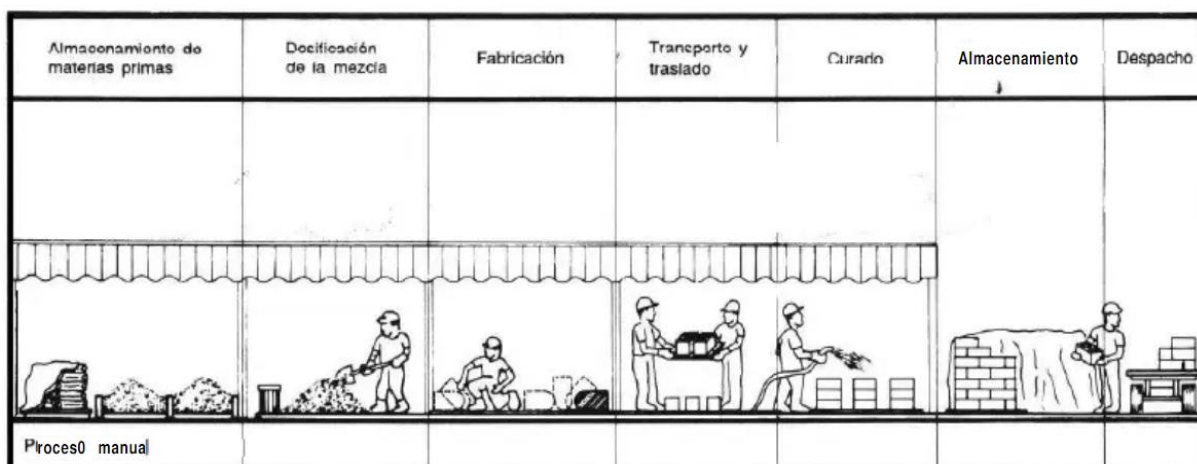
Se elaboran a partir de una combinación relativamente seca de cemento, agua, arena y confitillo, con la posibilidad de añadir algún aditivo según las necesidades específicas. La mezcla resultante se moldea, vibra, compacta y se cura en condiciones controladas para asegurar que los bloques adquieren las propiedades deseadas, como alta densidad, resistencia, baja absorción y uniformidad [32].

Estos bloques deben satisfacer los estándares establecidos para sus propiedades físicas y mecánicas, así como las dimensiones modulares definidas. Todos estos criterios están detallados en la normativa [32].

La producción de bloques de concreto en los últimos años ha sufrido una gran revolución pasando de ser elaborados manualmente a tener una industria de fabricación automatizada. Todo esto también se ve reflejado en el rendimiento variable que existen entre una y otra forma de fabricación, por ejemplo: La producción manual o artesanal tiene un rendimiento aproximado de 300 bloques al día; mientras que la producción en plantas automatizadas tiene un rendimiento de 2400 bloques al día. [32].

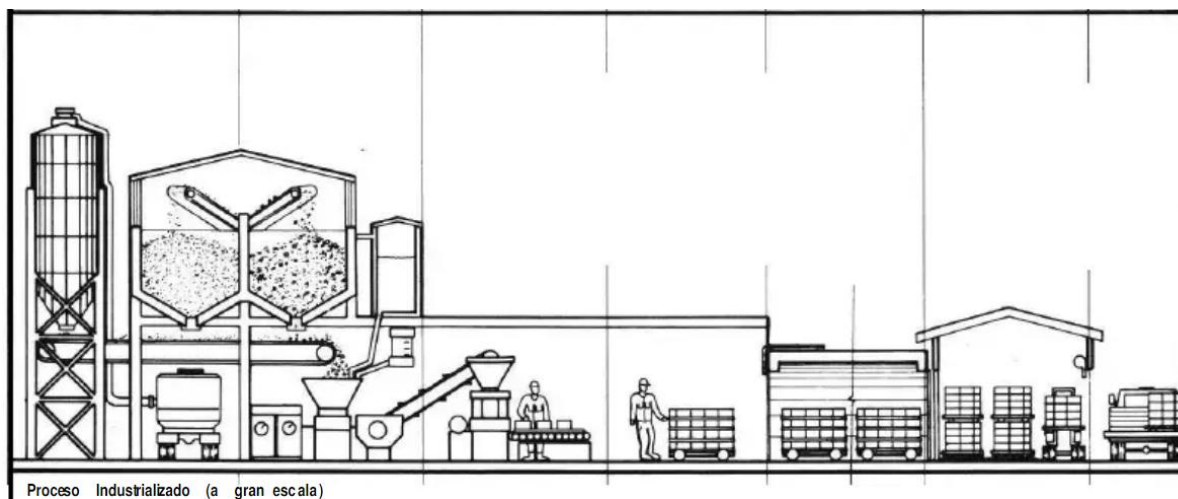
Aunque existen diversos métodos de fabricación con distintos equipos y condiciones, es crucial garantizar que el producto final cumpla con los estándares mínimos de calidad, durabilidad, resistencia, entre otros aspectos. Todo esto debe regirse por la normativa correspondiente [32].

Ilustración 5: Fabricación Manual de bloques de concreto



Fuente: [32].

Ilustración 6: Fabricación Industrial de bloques de concreto



Fuente: [32].

Propiedades Físicas

Las propiedades físicas de los materiales comprender las características distintivas y evidentes, las cuales pueden ser evaluadas mediante análisis y ensayos, Estas propiedades incluyen, la densidad, la absorción y conductividad térmica.

Densidad

Se define como la relación del volumen aparente de un cuerpo, material o elemento constructivo con su masa, se expresa comúnmente en gr/cm^3 o T/m^3 . La densidad desempeña un papel crucial en la construcción, ya que, a mayor densidad, mayor será el peso y por lo tanto la sección de los elementos estructurales aumentará, aumento a si el costo total de la edificación [19].

$$\text{Densida} = \left[\frac{W_d}{W_s - W_i} \right] * 1000$$

Donde:

$W_d =$ *Peso seco al horno del espécimen (kg)*

$W_s =$ *Peso saturado del espécimen (kg)*

$W_i =$ *Peso sumergido del espécimen (kg)*

Fuente: [33]

Tabla 8: Clasificación según la densidad de bloques de concreto

Clasificación según su densidad de los bloques de concreto

Clasificación	Densidad - Promedio de tres unidades (kg/m ³)
Peso Liviano	menor a 1680
Peso medio	1680 a 2000
Peso Normal	mayor a 2000

Fuente: [34]

Absorción

Es la medida que nos indica la capacidad del material para retener agua en condiciones de humedad o inmersión, se expresa comúnmente en kg/m³ o en %. La absorción es una característica primordial ya que está vinculada con la durabilidad de las estructuras de albañilería [23].

$$\text{Absorción (kg/m}^3\text{)} = \left[\frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \right] * 1000$$

$$\text{Absorción (\%)} = \left[\frac{W_s - W_d}{W_d} \right] * 100$$

Donde:

W_d = Peso seco al horno del espécimen (kg)

W_s = Peso saturado del espécimen (kg)

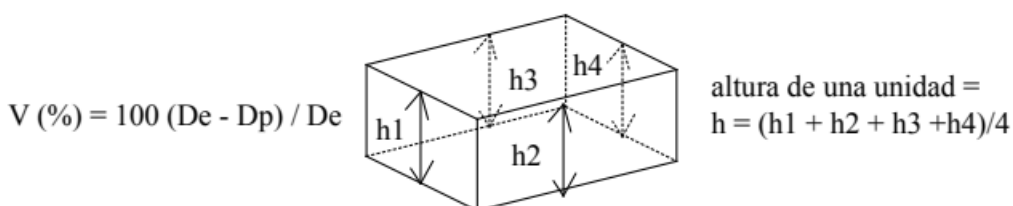
W_i = Peso sumergido del espécimen (kg)

Fuente: [33]

Variación dimensional

Es una prueba que se emplea para evaluar los cambios en las dimensiones de los elementos de albañilería. Estos cambios en sus dimensiones alteraran el espesor de las juntas, lo cual a su vez genera un impacto en la resistencia a la compresión y corte, afectando el rendimiento de la mampostería [23].

Ilustración 7: Determinación de la variación dimensional



Fuente: [23]

Alabeo

Cuando el elemento de albañilería presenta un mayor alabeo, es decir, una deformación pronunciada en forma de concavidad o convexidad, esto conlleva un incremento en el grosor de las juntas y una reducción en la zona de contacto con el mortero. Esta situación suele provocar fallas por tracción debido a la flexión. Para evaluar este fenómeno, se utiliza una regla metálica que se coloca sobre la superficie del elemento y se introduce una cuña metálica con marcas en milímetros en el área con mayor deformación [23].

Ilustración 8: Prueba de alabeo



Fuente: [23]

Conductividad térmica

Es una propiedad física inherente de los materiales, que se describe su habilidad para conducir calor a través de una unidad de grosor y área, en relación con la disparidad de temperaturas. En el sistema métrico internacional, se expresa en $W/m \cdot ^\circ k$ (Vatios por metro kelvin) [35].

Este parámetro de transferencia de calor se puede entender como un indicador de la eficiencia de un material para transferir el calor. Valores altos indican una buena conductividad térmica, mientras que valores bajos sugieren una baja conductividad, lo que puede implicar un buen aislamiento térmico [35].

La transferencia de calor se puede dar bajo

- **Conducción:** El calor se transfiere desde áreas con mayor temperatura hacia aquellas con menor temperatura, ya sea en un mismo material o entre objetos sólidos en contacto directo, hasta que se alcance el equilibrio térmico [9].
- **Convección:** A través de los movimientos de masa de un fluido se realiza la transferencia de calor [9].

- Radiación: El intercambio de energía ocurre mediante ondas electromagnéticas generadas por cualquier objeto que tengan una cierta temperatura. En este tipo de transferencia de calor, no es necesario que el emisor esté en contacto físico con el receptor [9].

Ilustración 9: Distintos mecanismos de transmisión térmica en edificios



Fuente: [9]

Coefficiente de conductividad térmica

La transferencia de calor, es decir, de energía térmica, a través de un material puede variar significativamente. Esta variación depende de factores como la diferencia de temperatura entre las dos caras del material, y el área de la superficie el grosor del material. Estos factores combinados se conocen como el coeficiente de conductividad térmica [36].

A medida que el coeficiente de conductividad térmica del material disminuye, su capacidad de aislamiento mejora. Por lo tanto, valores bajos de este coeficiente resultan en una menor transferencia de calor, lo que mejora las condiciones internas de los edificios [36].

El coeficiente de conductividad térmica (λ) se obtiene directamente de la “ley de la conducción de calor de Fourier”, expresada de la siguiente manera [35]:

$$\dot{Q} = -\lambda * A \frac{\Delta T}{L}$$

Para calcular este coeficiente, se debe despejar λ de la ecuación:

$$\lambda = \frac{Pot * L}{A[T(Caliente) - T(Fría)]}$$

Donde:

λ = Coeficiente de conductividad térmica (W/(m.°k)).

Pot = Potencia o flujo de calor Total a través de la pared (W).

L = Espesor que atraviesa el calor (m).

A = Área (m²).

T = Temperatura (°K).

Fuente: [35]

Como se mencionó previamente, el valor del coeficiente de conductividad térmica (λ) es crucial para determinar si un material actúa como un buen aislante térmico. Valores bajos indican un buen aislamiento, ya que ofrecen resistencia al flujo de calor. Por otro lado, valores altos de λ indican un mal rendimiento como aislante térmico. Para una mejor comprensión, consultemos el siguiente cuadro como referencia. .

Tabla 9: Categorización de los materiales según su coeficiente de conductividad térmica

Clasificación de Aislantes	Rango de Conductividad Térmica (W/m°K)
Aislantes de Alta Calidad	0.043 - 0.288
Aislantes de Calidad Moderada	0.288 - 0.721
Aislantes de Baja Calidad	> 0.721

Fuente: [37]

Según investigaciones previas, se han establecido valores de referencia del coeficiente térmico para una variedad de materiales.

Tabla 10: Valores de conductividad térmica de distintos materiales

Material	λ (W/m.k)
Cerámica	
Pared de ladrillo macizo	0.87
Pared de ladrillo perforado	0.76
Pared de ladrillo hueco	0.49
Plaqueta de revestimiento	1.05

Hormigones	
Hormigon en masa, 500 kg/m ³	0.12
Hormigon en masa, 1500 kg/m ³	0.55
Hormigon en masa, 2000 kg/m ³	1.16
Hormigon en masa, 2400 kg/m ³	1.63
Bloque de mortero, 1000-1400 kg/m ³	0.44-0.56
Ladrillo silicocalcario, 1600-2500 kg/m ³	0.45-0.79
Aislantes Térmicos	
Arcilla expandida	0.085-0.114
Corcho	0.039
Espuma elastométrica	0.034
Fibra de vidrio	0.044-0.036
Plafón rígido de poliuretano	0.023-0.040
Poliéster expandido	0.057-0.026
Vidrio celular	0.044
Vermiculita expandida	0.035

Fuente: [36]

Aislamiento térmico

Al analizar las características térmicas de un edificio, resultan prioritarias aquellas propiedades que se relacionan con la capacidad de evitar la pérdida de calor durante las épocas frías o el ingreso de calor durante las épocas cálidas. Esta capacidad de mantener un ambiente interior agradable sin consumo significativo de calefacción o refrigeración se conoce como aislamiento térmico del edificio [36].

En resumen, el aislamiento térmico se refiere a la capacidad de controlar eficientemente la transferencia de calor, permitiendo conservar una temperatura confortable en el interior sin una fuerte dependencia de sistemas calefacción o refrigeración [36].

Confort Térmico

El confort térmico se refiere al nivel de satisfacción o bienestar que experimentan las personas en relación con las condiciones ambientales de su entorno. Esta condición [8].

La norma ISO 7730 define el confort térmico como “ una situación psicológica en la que se manifiesta el contento con la temperatura del entorno” [38].

La utilización de materiales aislantes para mejorar o mantener un ambiente confortable en viviendas y edificaciones es una de las mejores alternativas disponibles en la actualidad. Esto permite mejorar las condiciones sin depender en gran medida de sistemas de climatización

Propiedades Mecánicas

Las características relacionadas con la respuesta de los materiales ante fuerzas externas se les conoce como comportamiento mecánico [36] .

Resistencia a la compresión

Es la capacidad del material para soportar un esfuerzo, determinada por la carga máxima en un área específica, generalmente medida en kg/cm^2 o PSI. Es una medida importante para la evaluación de la calidad y capacidad del concreto. Se evalúa mediante la elaboración de muestras que son curadas y sometidas a pruebas de compresión después de 7,14,28 días desde su elaboración[23].

Ilustración 10: Ensayo de resistencia a la compresión

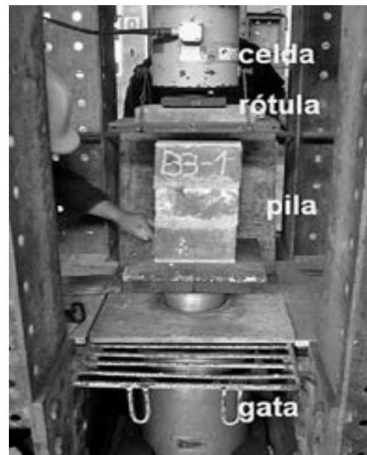


Fuente : [23]

Ensayo de compresión axial

Se emplea para determinar la capacidad de resistencia a la compresión axial “ f'_m ”. Este valor se calcula dividiendo la carga de máxima soportada por el área bruta de la sección transversal . Este método se aplica tanto en unidades de mampostería huecas como macizas, como ladrillos o bloques. Para ajustar este valor, se utiliza el factor de esbeltes establecido en la norma E.070 [20] . Si el ensayo se realiza a una diferente de los 28 días estándar, se aplicará un factor de corrección según lo especificado en la normativa E.070 [39].

Ilustración 11: Ensayo de compresión axial



Fuente: [23]

Ensayo de compresión diagonal

El objetivo de este ensayo es evaluar la resistencia a compresión diagonal. Para ello, se aplica una carga en las esquinas de forma que se someta a la diagonal vertical a una compresión máxima y se genere tensión en dirección perpendicular a la diagonal [40]

Cálculo del esfuerzo Cortante

$$V_m = \frac{0.707 P}{A_b}$$

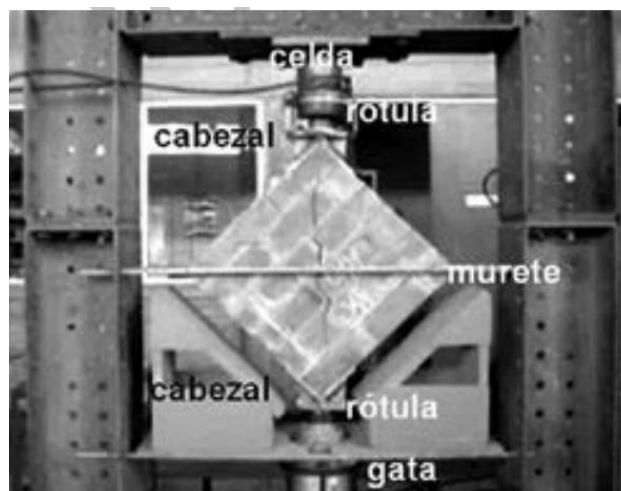
V_m = esfuerzo cortante sobre el área bruta, en Mpa.

P = carga aplicada. en N.

A_b = Área bruta del espécimen, en mm^2 .

Fuente: [23]

Ilustración 12: Ensayo de compresión diagonal



Fuente: [23]

Bases Normativas

Norma E.070: Albañilería [20]

Establece estándares y lineamientos técnicos para el análisis, y diseño, asegurando la calidad y seguridad de las estructuras de albañilería en la construcción de edificaciones [20].

NTP 339.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería [39]

Esta norma establece el procedimiento para la fabricación y ensayo de prismas de concreto, donde obtendremos el "f'm". Los prismas deben tener una longitud mínima de 10 centímetros, y se deben fabricar al menos 2 unidades para su ensayo [39].

NTP 339.621 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería [40]

Tiene como objetivo establecer los lineamientos para realizar el ensayo para determinar el "v'm", las dimensiones mínimas de los muretes para este ensayo deben ser de 60 cm por 60 cm, y se aplican cargas en una dirección diagonal para evaluar su resistencia [40].

NTP 399.604. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto [33]

Nos dará los lineamientos acerca de cómo se debe desarrollar el muestreo y los ensayos para obtener la resistencia a la compresión, densidad y la variación dimensional [33].

NTP 394.009. CEMENTOS. Cemento Pórtland [24]

Nos establece los criterios y especificaciones que deben ser cumplidos por los tipos de cemento Pórtland [24].

NTP 400.037 AGREGADOS. Agregados para concreto [24]

Esta normativa nos establece las especificaciones y criterios relacionados con la granulometría y calidad de los agregados utilizados en la elaboración del concreto [28].

NTP 399.088 CONCRETO. Agua de mezcla utiliza en la producción de concreto de cemento Pórtland [25]

Esta norma establece los criterios y requisitos que deben cumplir las aguas utilizadas en la preparación del concreto [25].

ASTM-C177-13: “Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus” [41].

Esta norma establece los criterios y pautas para la construcción y uso de un dispositivo de placa caliente protegida, que se utiliza para medir el flujo de calor en muestras planas y homogéneas en estado estacionario. Aunque no proporciona un diseño detallado, establece las limitaciones en las que debe desarrollarse el dispositivo [41].

Materiales y métodos

Tipo de estudio

La presente investigación se clasifica como aplicada, ya que busca dar una solución para una problemática mediante la introducción de una propuesta [42]. El problema abordado se centra en el impacto del aumento de la temperatura a nivel global en el confort térmico de las edificaciones, particularmente en lo que respecta al aislamiento térmico de la mampostería. En el contexto nacional, los materiales comúnmente utilizados en la construcción de mampostería son los ladrillos y bloques de concreto. Por lo tanto, se sugiere la inclusión de vermiculita expandida durante elaboración de bloques de concreto como una medida para mejorar su capacidad de aislamiento térmico, al mismo tiempo que se busca preservar sus propiedades físico-mecánicas

Diseño de investigación

Esta investigación se clasifica como experimental, ya que se realizará la manipulación de la variable independiente con el fin de observar su impacto en las variables dependiente [42]. Además, tendrá un enfoque cuantitativo, puesto se obtendrá datos numéricos que estarán relacionados con la manipulación de las variables independientes [42].

Población, muestra y muestreo

La población se refiere a un conjunto de casos relacionados al objeto de estudiado en determinadas características.

Población

Esta comprendido por bloques de concreto con adición de vermiculita expandida.

Muestra

La muestra corresponde a un total de 254 bloques de concreto, donde 72 bloques serán para determinar la resistencia a la compresión, 24 bloques para la elaboración de 12 pilas, 56 bloques para la elaboración de 12 muretes, 24 bloques serán para determinar la variación dimensional, 24 bloques serán para determinar el alabeo, 12 bloques para determinar la densidad, 12 bloques para determinar la absorción y 30 bloques para determinar el coeficiente de conductividad térmica.

Tabla 11: Total de muestras para ensayos de sus propiedades físicas

Bloques para propiedades físicas				
Ensayos	Bloque patrón	% de vermiculita		
		5%	10%	15%
variación dimensional	6	6	6	6
Alabeo	6	6	6	6
Densidad	3	3	3	3
Absorción	3	3	3	3
Subtotal	18	18	18	18
Total		72		

Fuente propia

Tabla 12: Total de muestras para ensayos de sus propiedades mecánicas

Bloques para propiedades mecánicas				
Ensayos	Bloque Patrón	% de vermiculita		
		5%	10%	15%
Resistencia a la compresión (NTP 399.604)	7 días	6	6	6
	14 días	6	6	6
	28 días	6	6	6
Resistencia a la compresión en pilas (2 bloques/pilas) -NTP 399.605	3	3	3	3
Resistencia a la compresión en muretes (4.5 bloques/muretes) - NTP 399.621)	3	3	3	3
Subtotal	38	38	38	38
Total		152		

Fuente propia

Tabla 13: Total de muestras para el ensayo de conductividad térmica

Bloques para conductividad térmica					
<i>Ensayos</i>	<i>Bloque comercial</i>	<i>Bloque patrón</i>	<i>% de vermiculita</i>		
			5%	10%	15%
Conductividad térmica	6	6	6	6	6
Subtotal	6	6	6	6	6
Total	30				

Fuente propia

Hipótesis y Variables

Formulación de hipótesis

Se plantea la hipótesis de que los bloques de concreto con adición de vermiculita expandida logran mejorar el coeficiente de conductividad térmica y que además logran cumplir con las exigencias físico-mecánicas para bloques portantes .

Operacionalización de Variables

Variable dependiente:

están ligadas y guardan conexión directa con la modificación de las variables independientes. En esta investigación se consignan las siguientes variables dependientes.

- Resistencia a la compresión de los bloques
- Densidad y absorción de los bloques
- Resistencia a la compresión en pilas
- Resistencia a la compresión diagonal en muretes
- Conductividad térmica.

Variable independiente:

Su manejo está condicionado con el propósito de la investigación, en el estudio se reconoce la siguiente variable independiente:

- Vermiculita expandida

Tabla 14: Tabla de operacionalización de variables

Variable independiente	Indicador	Unidad de medida	Rango de aplicación	Método de medición
Adición de vermiculita expandida	Cantidad de vermiculita expandida	% volumen	5%, 10%, 15%	Balanza elect. Aproximación de 0.1g

Variable dependiente	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Método de medición
Conductividad térmica	-	Coefficiente conductividad térmica " λ "	W/m ^{°k}	ASTM C177-13
Propiedades Física y mecánicas de bloques de concreto	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	kg/cm ²	NTP 399.604
		Resistencia a la compresión en pilas	kg/cm ²	NTP 399.605
		Resistencia a la compresión diagonal	kg/cm ²	NTP 399.621
	Propiedades Físicas	Variación dimensional	%	NTP 399.604
		Alabeo	mm	NTP 399.604
		Absorción	%	NTP 399.604
		Densidad	Peso / Volumen (kg/m ³)	NTP 399.604
Costo unitario	-	Precios de materiales, equipos y mano de obra	S/	APU

Fuente propia

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Observación directa:

Se toman datos directamente de la vista con el objetivo de capturar los resultados de la investigación

Análisis de Documentos:

Revisión de la normativa técnica peruana, así como revistas, fichas técnicas y artículos pertinentes relacionados con el tema de la investigación.

Fuentes y Programas

Fuentes

Los antecedentes internacionales sobre el tema de investigación fueron obtenidos de la base de datos SCOPUS, incluyendo artículos científicos recopilados. Los métodos y pruebas propuestas se fundamentan en:

NTP: Normas Técnicas Peruanas.

Norma E.070: albañilería.

ASTM C: Normas internacionales.

Programas

Sketchup 2023

Microsoft Office: Word, Excel

Google Chrome: Herramientas para sistematizar la información.

Instrumento

- ✓ Guías de laboratorio: se emplean para garantizar la correcta ejecución de los ensayos en el laboratorio
- ✓ Hojas de registro de datos, donde se anotará toda la información obtenida durante el estudio.
- ✓ Hojas de cálculo

Procedimientos

Granulometría

Normativa

N.T.P 400.012 [43]

Equipos

- ✓ Horno de secado
- ✓ Taras
- ✓ Brocha
- ✓ Escobilla
- ✓ Balanza
- ✓ Tamices

Procedimiento

Se siguieron las directrices establecidas en la NTP 400.012 [43], utilizando tamices regulados y organizados de manera escalonada según el tamaño del agregado a ensayar.

Para el agregado fino, se extrajo una muestra representativa del material y se procedió con el cuarteo, seleccionando dos muestras. Estas muestras se lavaron a través de la malla N°200 y se secaron en el horno. Una vez secas, se pesaron y se tamizaron utilizando mallas desde la 3/8 hasta la N°200, se pesaron las cantidades retenidas en cada tamiz.

En el caso del agregado grueso, también se realizó el cuarteo y se seleccionaron dos muestras. Estas muestras se pesaron y se tamizaron usando mallas desde la N°16 hasta la 3/8". Posteriormente, se pesaron las cantidades retenidas en cada tamiz.

Todos los datos obtenidos serán cruciales para calcular el tamaño máximo nominal y el módulo de fineza, lo cuales serán esenciales para el diseño de nuestra mezcla.

Ecuación 1: Fórmula para el M.F

$$M.F = \frac{\sum \%Ret. Acum. en mallas(3/8", \#4, \#8, \#16, \#30, \#50, \#100)}{100}$$

Ilustración 13: granulometría del agregado grueso



Fuente: Propia

Ilustración 14: granulometría del agregado fino



Fuente: Propia

Peso específico y absorción del agregado fino

Normativa

N.T.P 400.022 [44]

Equipos

- ✓ Taras
- ✓ Horno de secado
- ✓ Fiola de 500 ml
- ✓ Balanza

Procedimiento

Se toma una muestra representativa del material que pasa por la malla N°4, de aproximadamente 500 gramos. Luego, se coloca esta muestra en una fiola a la que se añade agua destilada, habiendo pesado previamente la fiola vacía. La muestra se deja en reposo durante 24 horas. Pasado ese tiempo, se elimina el exceso de agua hasta la marca de la fiola y se pesa nuevamente la fiola con su contenido. Posteriormente, la muestra se transfiere a un recipiente y se coloca en un horno durante 24 horas [44].

Calculo

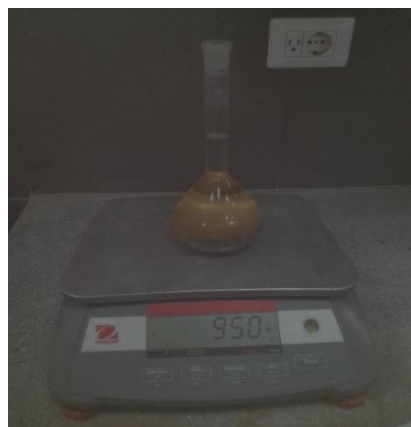
Ecuación 2: Formula para hallar el peso específico-Agregado Fino

$$\gamma = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso saturado superficialmente seco} - \text{Peso aparente}} * 100$$

Ecuación 3: Formula para hallar la absorción-Agregado Fino

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{\text{Peso Humedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

Ilustración 15: Realización del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino



Fuente: Propia

Peso específico y absorción del confitillo

Normativa

N.T.P 400.021 [45]

Equipos

- ✓ Taras
- ✓ Balanza
- ✓ Matraz
- ✓ Horno de secado

Procedimiento

El agregado debe ser lavado para eliminar todas las impurezas. A continuación, se dejará saturando durante 24 horas. Luego, se tomará una muestra y se secará superficialmente. Esta muestra se colocará en un matraz y se llenará con agua hasta los 500 ml. Después de reposar durante 24 horas, se registrará su peso. Finalmente, la muestra se colocará en un tara y se dejará secar completamente [45].

Calculo

Ecuación 4: Formula para hallar el peso específico-Confitillo

$$\gamma = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso saturado superficialmente seco} - \text{Peso aparante}} * 100$$

Ecuación 5: Formula para hallar la absorción-Confitillo

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{\text{Peso Humedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

Humedad

Normativa

N.T.P 339.185 [46]

Equipos

- ✓ Taras
- ✓ Balanza

Procedimiento

Se deberá seleccionar una muestra representativa y registrar su peso inicial. Luego se colocará la muestra en un horno durante 24 horas. Finalmente, se registrará su peso nuevamente.

Calculo

Ecuación 6: Porcentaje de humedad

$$\text{Humedad [\%]} = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

Ilustración 16: Ensayo de % de humedad para agregado fino y grueso



Fuente: Propia

Peso Unitario de los agregados

Normativa

N.T.P 400.017 [47]

Equipos

- ✓ Molde metálico cilíndrico.
- ✓ Varilla compactadora de acero liso (5/8”).
- ✓ Cucharón metálico y martillo de goma.
- ✓ Balanza

Procedimiento

Para el peso seco suelto:

Se mide el volumen y el peso del molde metálico. A continuación, se llena el molde con un cucharón hasta que se desborde, nivelando la superficie con una espátula o varilla. Por último, se pesa el molde lleno [47].

Para el peso seco compactado:

Se mide el volumen y el peso del molde metálico. Luego, se llena hasta un tercio de su capacidad y se compacta con 25 golpes. Posteriormente, se llena hasta dos tercios de su capacidad y se repite la compactación. Finalmente, se llena el recipiente completamente, se nivela la superficie y se pesa el recipiente lleno [47].

Cálculos

Ecuación 7: Peso Unitario Suelto

$$PUS = \frac{\text{Peso de la muestra sin compactar}}{\text{Volumen del molde}}$$

Ecuación 8: Peso Unitario Compactado

$$PUS = \frac{\text{Peso de la muestra compactada}}{\text{Volumen del molde}}$$

Ilustración 17: Realización del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso



Fuente: Propia

Elaboración de los bloques de concreto.

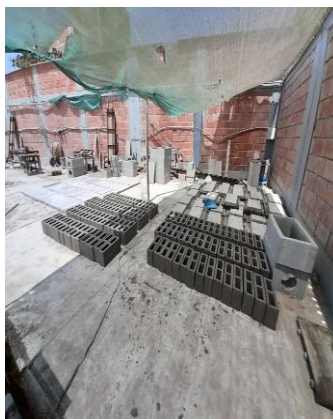
Equipos

- ✓ Mezcladora de eje vertical.
- ✓ Baldes
- ✓ Mesa vibratoria
- ✓ Pala

Procedimiento

Los componentes, incluyendo agregados, cemento, agua y vermiculita expandida, se prepararon de acuerdo con la dosificación específica en nuestro diseño de mezcla. Estos elementos fueron colocados en una mezcladora de eje vertical. Después, se añadió agua a la mezcla seca y se agitó durante un periodo breve. La mezcla obtenida se vertió en moldes de acero y se activó la mesa vibratoria para compactarla. Una vez completado este proceso, se retiraron los bloques para que fraguara. Finalmente, se dispusieron los bloques de forma que pudieran ser curados mediante riego.

Ilustración 18: : Elaboración de bloques de concreto



Fuente: Propia

Ensayo en bloques de concreto

Variación dimensional

Norma

N.T.P 399.604

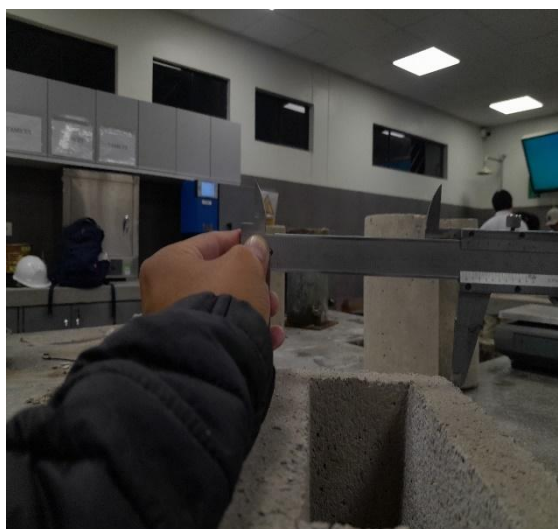
Equipos

✓ Vernier

Procedimiento

Se medirán todas las dimensiones empleando un vernier graduado. Para garantizar una correcta precisión, se realizaron tres mediciones de cada dimensión de las unidades. Posteriormente, se registraron estas dimensiones y se procesaron los datos [33].

Ilustración 19: Realización del ensayo de variación dimensional



Fuente: Propia

Alabeo

Norma

N.T.P 399.604

Equipos

- ✓ Vernier electrónico.
- ✓ Regla metálica.

Procedimiento

Se colocó una regla metálica a lo largo de la superficie a medir, eligiendo la orientación que generara la mayor desviación de una línea recta. Utilizando un vernier electrónica, se midió la distancia y se registró como

Ilustración 20: Realización del ensayo de alabeo



Fuente: Propia

Densidad y absorción

Norma

N.T.P 399.604 [33]

Equipos

- ✓ Balanza.
- ✓ Recipiente de plástico.
- ✓ Horno de secado a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ C}^\circ$.

Procedimiento

Los especímenes a ensayar se sumergen en agua durante un período de 24 horas. Luego de este tiempo, se retirarán del agua, se secarán superficialmente y se registrará su peso saturado. Posteriormente, se colocarán en un horno durante 24 horas, hasta que estén completamente secos, y se anotará este peso. Finalmente, se medirá su peso suspendido en agua [33] .

Ecuación 9: Formula para determinar la densidad

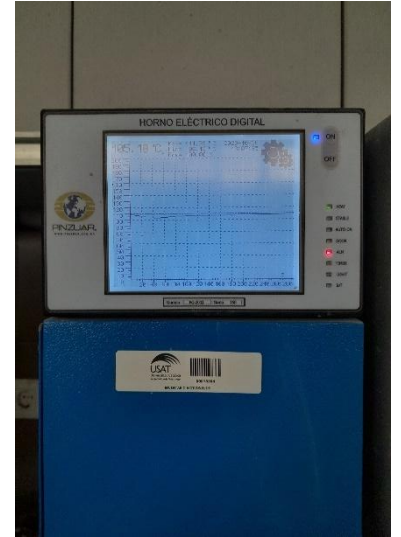
$$\text{Densidad} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \left[\frac{\text{Peso Seco}}{\text{Peso Saturado} - \text{Peso Sumergido}} \right] * 1000$$

Ecuación 10: Formula para determinar la absorción

$$\text{Absorción (\%)} = \left[\frac{\text{Peso Saturado} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \right] * 100$$

Ilustración 21: Realización del ensayo de densidad y Absorción





Fuente: Propia

Resistencia a la compresión

Norma

N.T.P 399.604 [33]

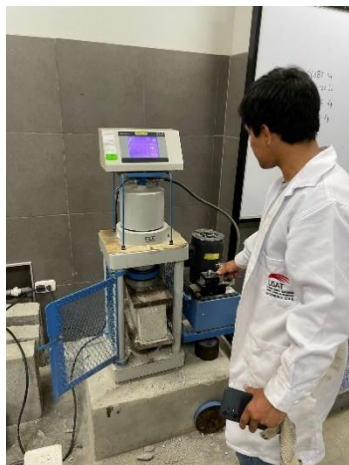
Equipos

- ✓ Equipo de compresión
- ✓ Placas de acero

Procedimiento

Se iniciará el proceso verificando el buen estado de las unidades a ensayar. Luego, se registrarán sus dimensiones. Una vez completado este paso, se procederá a alinearlas verticalmente y centrarlas con el punto de rotura del equipo de compresión. Por último, se aplicará gradualmente la carga sobre el espécimen utilizando el equipo de compresión [33].

Ilustración 22: Realización del ensayo de resistencia a la compresión



Fuente: Propia

Conductividad térmica

Norma

ASTMC 177-13 [41]

Equipos

- ✓ Termómetro digital con termocupla tipo K-TM-902
- ✓ Multímetro Digital UT-33C UNI-T
- ✓ Vernier , graduado en divisiones de 0.5 mm

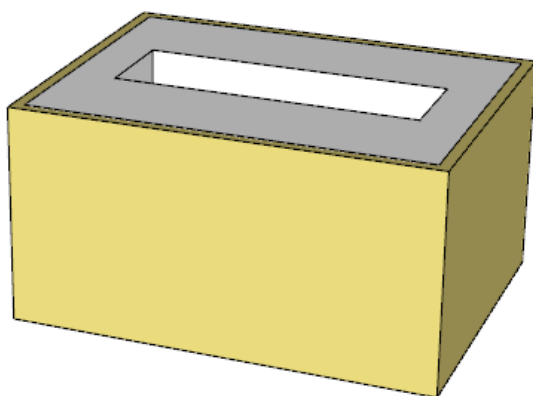
Procedimiento

Siguiendo los lineamientos establecidos en la normativa ASTM C177-13, se fabricará una caja hermética de poliestireno expandido (Tecnopor) para albergar la muestra a ensayar. Se utilizarán placas de aluminio de 2mm de espesor, y en una de ellas se instalará una resistencia conectada a una fuente de corriente alterna para su calentamiento. Se emplearán dos termómetros digitales TM-902 para medir las temperaturas de la placa fría y caliente. Además, se registrarán datos como la resistencia de la placa caliente y el voltaje aplicado durante el ensayo para determinar la potencia (W) empleada. También se medirán el espesor atravesado por el calor (m) y el área de la placa caliente (m²). Con estos datos, se calculará el coeficiente de conductividad térmica en unidades de W/m.°k [41] .

Ecuación 11: Fórmula para determinar el coeficiente de conductividad térmica

$$\lambda = \frac{\text{Pot} * L}{A[T(\text{caliente}) - T(\text{fria})]}$$

Ilustración 23: Elaboración del ensayo de conductividad térmica



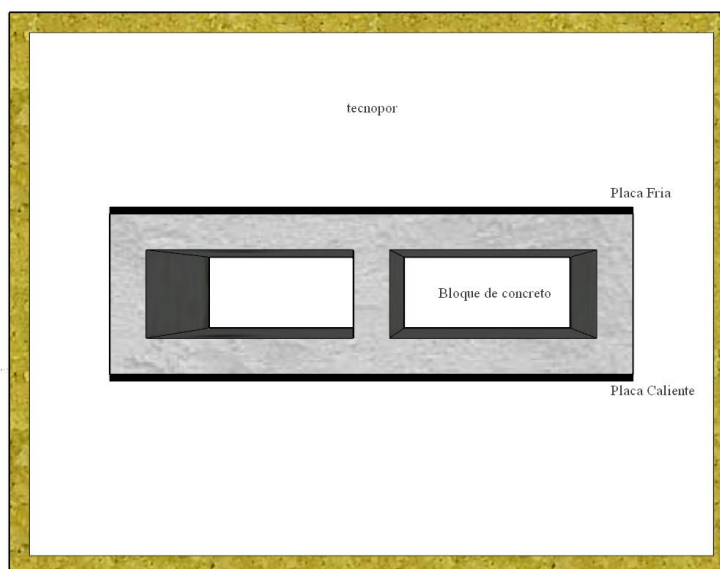
Fuente: Propia

Acondicionamiento del equipo utilizado para evaluar la conductividad térmica

Para medir la conductividad térmica nos basaremos en la norma ASTM C 177-13, la cual describe el método de la placa caliente para realizar mediciones de flujo de calor, con el fin de obtener el coeficiente de conductividad térmica [41].

Para garantizar la precisión del ensayo, es fundamental aislar las unidades a evaluar de la temperatura ambiente, evitando así cualquier influencia externa de los resultados. Para ello, se utilizará un material aislante como el Tecnopor, que protegerá las unidades de la temperatura ambiente. Las unidades a ensayar se colocarán dentro del compartimiento en un orden específico, primero, la placa caliente; luego, la muestra a evaluar; y, finalmente, la placa fría de aluminio [41].

Ilustración 24: Adecuación del equipo empleado para evaluar la conductividad térmica



Fuente: Propia

Posteriormente, comenzaremos a calentar de manera gradual la temperatura de la placa caliente, permitiendo que el calor se transfiera a la unidad en evaluación. Con el paso del tiempo, se observará un aumento en la lectura de los sensores de la placa fría de aluminio. En este punto, registraremos las lecturas obtenidas por los sensores. Estos datos se utilizarán luego para calcular el coeficiente de conductividad térmica " λ " [37], [41].

Unidad Calefactora

El mecanismo de la unidad calefactora consta de una placa de aluminio equipada con una resistencia, lo que permite su calentamiento mediante la provisión de energía eléctrica. De acuerdo con la norma ASTM C177-13, se aconseja emplear una placa metálica de aluminio, dado que este material presenta una alta conductividad térmica y una notable sensibilidad al calor [41].

Para asegurar una óptima transmisión del flujo de calor, es fundamental que la placa de aluminio y la muestra a ensayar tengan dimensiones idénticas, garantizando así un contacto directo. La placa de aluminio estará provista de un resistor conectado a una fuente de voltaje alterna y regulable, permitiendo la transmisión eficiente del calor a través de nuestra muestra a ensayar [37].

Ilustración 25: Placa Caliente con su fuente de voltaje



Fuente: Propia

Es fundamental verificar la resistencia del resistor instalado en la placa caliente. Luego, se establecerá el voltaje de trabajo, el cual, mediante la ley de Ohm, permitirá determinar la potencia eléctrica suministrada. Esta energía eléctrica se convierte en calor en la placa de aluminio debido al efecto joule. El calor generado se transfiere a través de la muestra mediante conducción térmica, y las temperaturas en ambas caras de la muestra medirán con los termómetros digitales [37].

Ilustración 26: Medición de la resistencia y voltaje de la placa caliente



Fuente: Propia

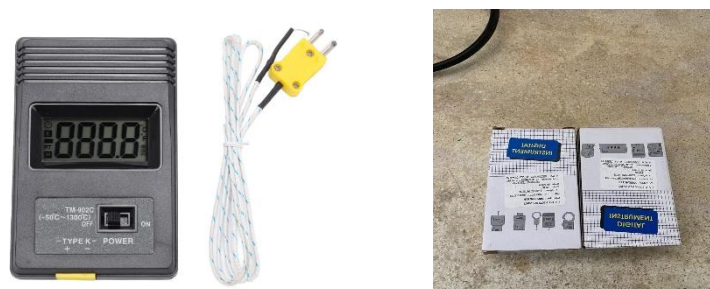
$$\text{Potencia} = \frac{V^2}{R} = \frac{85.1^2}{71.6} = 60 \text{ Watts}$$

Multímetro Digital Termocupla tipo K-TM 902

Son sensores de temperatura ampliamente empleados en diversos sectores industriales. Están formadas por dos alambres de materiales diferentes que se unen en un extremo, generalmente soldados. Cuando se aplica temperatura en el punto de unión de los metales, se produce un voltaje muy bajo, del orden de los milivoltios, es un fenómeno conocido como efecto Seebeck, el cual aumenta la temperatura [37].

Este dispositivo tiene la capacidad de medir temperaturas en un rango de -50°C a 1300°C , con una precisión muy alta y una resistencia efectiva contra la oxidación.

Ilustración 27: Termómetro digital con termocupla tipo K-TM-902



Fuente: Propia

Resistencia a la compresión axial en pilas

Norma

N.T.P 399.605 [39]

Equipos

- ✓ Maquina compresión
- ✓ Planchas de acero

Procedimiento

Se iniciarán los preparativos para el ensayo mediante la preparación de las muestras, siguiendo las pautas establecidas por la normativa E.070 [20], que dicta una proporción de 1:4 de cemento y arena para el mortero. Se aplicará una capa de mortero de aproximadamente 10 mm de espesor sobre la superficie del primer bloque y se procederá a colocar la segunda hilada. Las muestras se dejarán reposar durante 28 días antes de proceder con el ensayo de las pilas. Posteriormente, las pilas se ubicarán en el equipo de compresión, prestando especial atención para asegurar que su centro esté alineado verticalmente con el punto de ruptura del equipo. Finalmente, se registrarán los valores de la carga máxima aplicada a cada prisma durante el ensayo [39].

El valor f'_m se determina teniendo en cuenta los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que se encuentra [20].

Tabla 15: Factores de corrección por esbeltez

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.91	0.98	1.00

Fuente: [20]

Ilustración 28: Realización de las pilas





Fuente: Propia

Resistencia a la compresión diagonal

Norma

N.T.P 399.621 [40]

Equipos

- ✓ Equipo de compresión diagonal
- ✓ Amoladora.

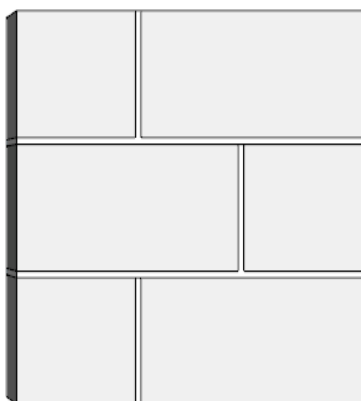
Procedimiento

Las hiladas se iniciarán utilizando un mortero con un proporción de 1:4 de cemento y arena, aplicado en capas de aproximadamente 10 mm de espesor, repitiendo este proceso hasta alcanzar las dimensiones mínimas requeridas para un murete. Los muretes se dejaron reposar durante 28 días antes de proceder con el ensayo. Se tomaron medidas precisas de largo, alto y ancho del murete a ensayar para garantizar la exactitud de las dimensiones. El murete se colocará en un posición de manera que su esquina estuviera perfectamente alineada con el centro de superficie donde se aplica la carga la máquina de compresión diagonal. Se registraron los valores de la carga máxima para cada espécimen sometido al ensayo para su posterior análisis [40].

Ecuación 12: Esfuerzo cortante

$$V_m = \frac{0.707 * P}{A_b}$$

Ilustración 29: Realización de muretes



Fuente: Propia

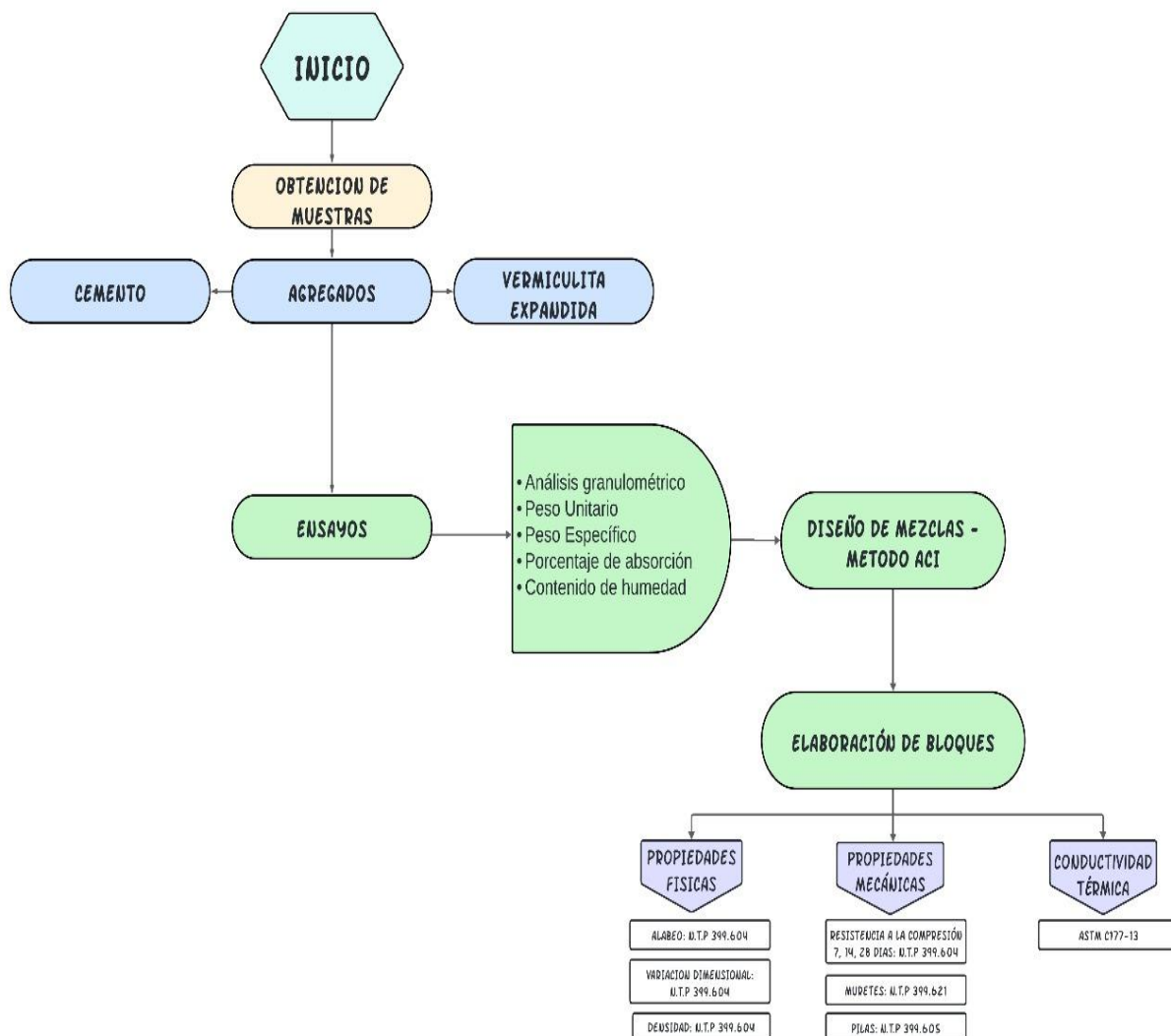
Matriz de Consistencia

Tabla 16: Matriz de Consistencia

Planteamiento del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
Problema	O.General		V.Independiente		
¿Cuál es el impacto de la inclusión de la vermiculita expandida sobre el coeficiente de conductividad térmica y sus propiedades físico-mecánicas en bloque de concreto portantes?	evaluar el coeficiente de conductividad térmica y sus propiedades físico-mecánicas al incorporar vermiculita expandida en bloques de concreto portantes.	los bloques de concreto con adición de vermiculita expandida lograran mejorar el coeficiente de conductividad térmica y que además lograran cumplir con las exigencias físico-mecánicas para bloques portantes	Vermiculita Expandida	Adición del 5%,10% y 15%	Tipo de Investigación De acuerdo al fin que persigue es: Aplicativa
	O.Específicos		V.Dependiente		
	Diseñar la mezcla para bloques de concreto adicionando vermiculita expandida en porcentajes con respecto al agregado fino.		Resistencia a la compresión	Ensayo de resistencia de compresión	De acuerdo a la metodología: Experimental
	Comparar el coeficiente de conductividad térmica entre un bloque de concreto comercial y los bloques de concreto con las adiciones de vermiculita expandida, mediante el aparato de placa caliente.		Densidad y Absorción	Ensayo de Variación dimensional	De acuerdo a los tipos de datos analizados:
	Comparar la resistencia a la compresión de la muestra patrón y de los bloque con adiciones de vermiculita expandida		Resistencia a la compresión en pilas	Ensayo de alabeo	Diseño de investigación
	Determinar la variación dimensional y alabeo de la muestra patrón y los bloques con adiciones de vermiculita expandida		Resistencia a la compresión diagonal en muretes	Ensayo de resistencia a la compresión en pilas	Diseño de investigación experimental debido a que se pretende manipular,
	Comparar la variación de la densidad entre el bloque de muestra patrón y los bloques con adiciones de vermiculita expandida.		Coefficiente de Conductividad térmica	Ensayo de resistencia compresión diagonal en muretes	intencionalmente, los
	Evaluar la resistencia a la compresión en pilas (f'm) y muretes (v'm), de los bloques de concreto con adiciones de vermiculita expandida.			Ensayo para determinar el coeficiente de conductividad térmica.	parametros de las variables independientes con el fin de analizar las consecuencias sobre las
	análisis de precios unitario de la muestra patrón y de los bloque con diferentes porcentajes de vermiculita expandida.				

Fuente: Propia

Diagrama de Flujo



Resultados y discusión

Análisis Granulométrico-Agregado Fino

El agregado fino empleado en este estudio se obtuvo de la cantera “La Victoria-Pátapo”. Los resultados del ensayo fueron los siguientes:

Tabla 17: Datos obtenidos del ensayo de granulometría del agregado fino

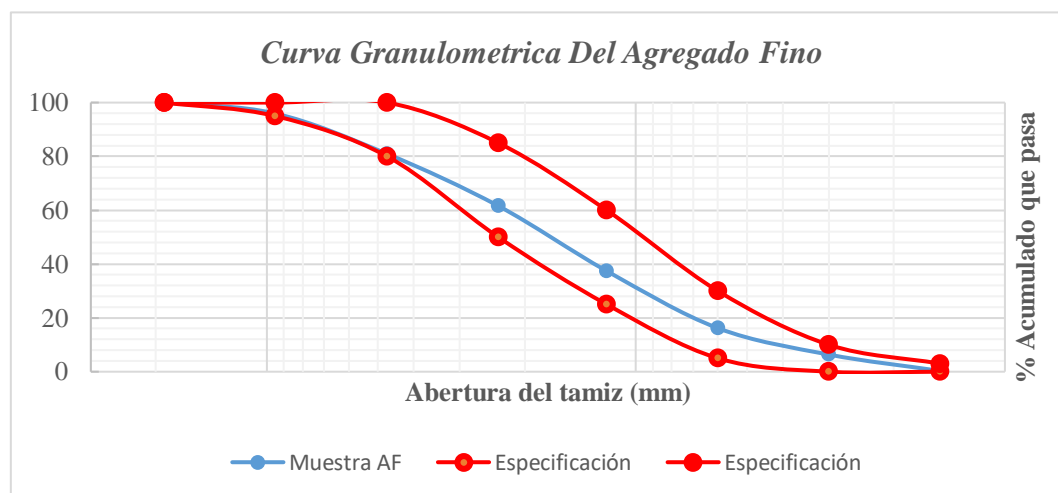
N° de malla	Abertura	Peso retenido	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa	Especificaciones tamaño nominal	
	mm	gr	%	%	%		
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.75	27.15	5.07	5.07	94.93	95	100
N° 8	2.36	63.75	11.91	16.99	83.01	80	100
N° 16	1.18	84.45	15.78	32.77	67.23	50	85
N° 30	0.6	109.12	20.39	53.16	46.84	25	60
N° 50	0.3	165.34	30.89	84.05	15.95	5	30
N° 100	0.15	50.13	9.37	93.42	6.58	0	10
N° 200	0.075	32.02	5.98	99.40	0.60	0	3
Fondo	-	3.21	0.60	94.02			
Total		535.17					

MF =	2.85
-------------	-------------

Fuente: Propia

En la tabla N°17, se observa que el módulo de finura del agregado fino es de 2.85, una información vital para la formulación del diseño de mezcla. También se ilustra en el gráfico 2 la distribución granulométrica del agregado fino, demostrando su conformidad con los criterios definidos por la normativa NTP 400.037 [28].

Gráfico 2: Curva granulométrica- Agregado Fino



Fuente: Propia

Contenido de humedad-Agregado Fino

Se evaluó la humedad presente en el agregado fino, obteniendo un resultado de 0.60%. La información se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 18: Contenido de humedad -Agregado Fino

Peso de muestra húmeda	1000.00 gr
Peso de muestra Seca	994.00 gr
Peso de recipiente	68.00 gr
Contenido de humedad	0.60%

Fuente: Propia

Peso Unitario suelto y compactado – Agregado Fino

Se nota que las mediciones registradas para el peso unitario suelto y compactado del agregado fino son de 1692.87 kg/m^3 y 1878.11 kg/m^3 , respectivamente. Toda esta información detallada está presente en la Tabla N°19:

Tabla 19: Peso unitario suelto y compactado-Agregado Fino

Peso Unitario Suelto

Muestra	Peso muestra + molde	Peso muestra		Peso Unitario
	gr	gr	kg	kg/m^3
N° 1	19092	8974	8.974	1692.75
N° 2	19088	8970	8.97	1691.99
N° 3	19098	8980	8.98	1693.88
Promedio =				1692.87

Fuente: Propia

Peso Unitario Compactado

Muestra	Peso muestra + molde	Peso muestra		Peso Unitario
	gr	gr	kg	kg/m^3
N° 1	20087	9969	9.969	1880.43
N° 2	20062	9944	9.944	1875.72
N° 3	20075	9957	9.957	1878.17
Promedio =				1878.11

Fuente: Propia

Índice de absorción y peso específico-Agregado Fino

Se determinó que el peso específico del A.F es de 2.59 gr/cm^3 y su índice de absorción es de 0.71%. Estos resultados están presentados en la Tabla N°20:

Tabla 20: Absorción y peso específico - Agregado fino

1. Peso de la arena sup. seca	502.80 gr
2. Peso de la arena sup. seca + peso del frasco + peso del agua	950.00 gr
3. Peso de la arena sup. seca + peso del frasco	642.80 gr
4. Peso del agua	307.20 gr
5. Peso de la arena secada al horno + peso del frasco	639.25 gr
6. Peso del frasco	140.00 gr
7. Peso de la arena secada al horno	499.25 gr
8. Volumen del frasco	500.00 cm ³
A. Peso específico de la masa	2.59 g/cm ³
B. Peso esp. de masa sat. sup. seco	2.59 g/cm ³
C. Peso específico aparente	2.60 g/cm ³
D. Porcentaje de absorción	0.71 %

Fuente: Propia

Análisis Granulométrico-Agregado Grueso

El agregado grueso empleado en este análisis fue obtenido de la cantera “La Victoria-Pátapo”. Los resultados derivados de las pruebas realizadas son los siguientes:

Tabla 21: Datos obtenidos del ensayo de granulometría del agregado grueso

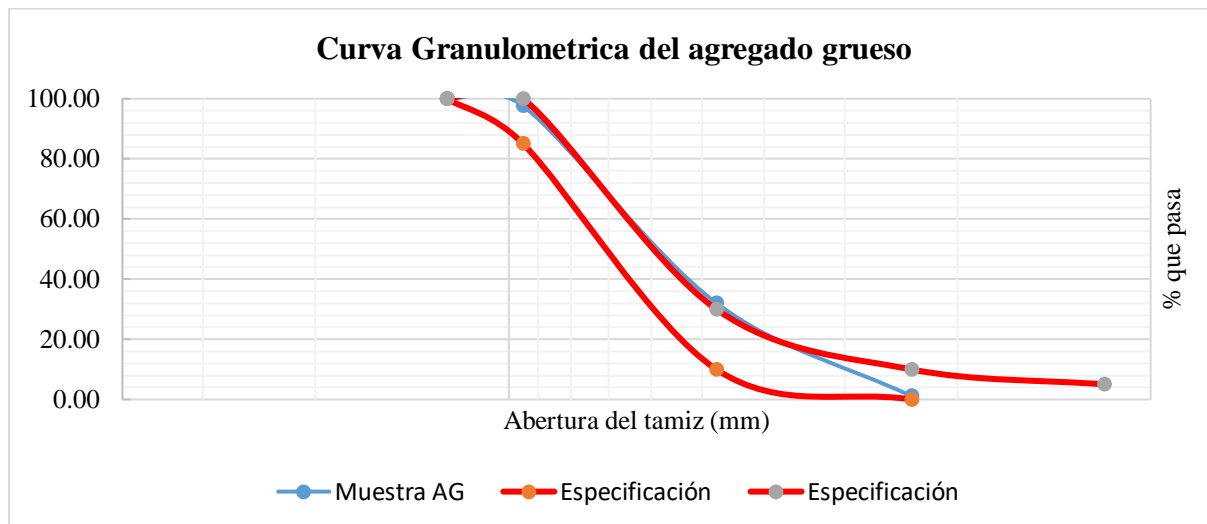
N° de malla	Abertura	Peso retenido	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa	Especificaciones tamaño nominal	
	mm	gr	%	%	%		
1"	25	0	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.5	0	0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.5	24.17	2.42	2.42	97.58	85	100
N° 4	4.75	655.38	65.54	67.96	32.05	10	30
N° 8	2.36	309.33	30.93	98.89	1.11	0	10
N° 16	1.18	2.73	0.27	99.16	0.84	0	5
Fondo	-	8.39	0.84	100.00			
Total		1000					

TM =	1/2"
TMN =	3/8"

Fuente: Propia

La tabla N°21 indica que el tamaño máximo nominal del A.G fue de 3/8", información relevante para la formulación del diseño de la mezcla. también se presenta la curva granulométrica del A.G en el gráfico 3.

Gráfico 3: Curva granulométrica - Agregado Grueso



Fuente: Propia

Contenido de humedad-Agregado Grueso

Se evaluó la humedad presente del agregado grueso, obteniendo un resultado de 0.62%. la información se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 22: Contenido de humedad -Agregado Grueso

Peso de muestra húmeda	1000.12 gr
Peso de muestra Seca	994.00 gr
Peso de recipiente	78.00 gr
Contenido de humedad	0.62%

Fuente: Propia

Peso Unitario suelto y compactado del agregado grueso

Se nota que las mediciones registradas para el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso son de 1372.74 kg/m^3 y 1633.77 kg/m^3 , respectivamente. Toda esta información esta detallada está presente en la Tabla N°23:

Tabla 23: Peso unitario suelto y compactado - Agregado Grueso

Muestra	Peso muestra + molde	Peso muestra		Peso Unitario
	gr	gr	kg	kg/m^3
N° 1	17430	7330	7.33	1382.64
N° 2	17310	7210	7.21	1360.01

N° 3	17370	7270	7.27	1371.33
N° 4	17400	7300	7.3	1376.98
Promedio =				1372.74

Muestra	Peso muestra + molde	Peso muestra		Peso Unitario
	gr	gr	kg	kg/m ³
N° 1	18722	8622	8.622	1626.35
N° 2	18780	8680	8.68	1637.29
N° 3	18782	8682	8.682	1637.67
N° 4	18776	8676	8.676	1636.54
Promedio =				1633.77

Fuente: Propia

Peso específico y porcentaje de absorción-Agregado Grueso

Los resultados revelaron que el peso específico del A.G es de 2.71 gr/ cm³ y su índice de absorción es del 1.21%, todos estos datos se visualizan en la tabla N°24:

Tabla 24: Absorción y peso específico - Agregado Grueso

1.- Peso de la muestra sat sup sec	500.00 gr
2.- Peso del Agreg. Seco+ Peso Matraz + Peso agua	955.00 gr
3.- Peso de Agreg. Sup Seco + Peso frasco	642.20 gr
4.- Peso de agua	311.90 gr
5.- Peso del Matraz	142.20 gr
6.- Peso del confitillo seco al horno	494.00 gr
7.- Peso del confitillo al horno+ Peso de la tara	562.60 gr
8.- Peso de la tara	68.80 gr

A. Peso específico de la masa	2.63 g/cm ³
B. Peso esp. de masa sat. sup. Seco	2.66 g/cm ³
C. Peso específico aparente	2.71 g/cm ³
D. Porcentaje de absorción	1.21 %

Fuente: Propia

Diseño de mezcla del concreto

El diseño de mezcla se llevó a cabo siguiendo las directrices del ACI 211 [27], tomando en consideración los resultados obtenidos de los ensayos de los agregados

Resistencia de diseño

$$\frac{f'c \text{ especificado}}{f'c} = \frac{50}{50} \quad \text{kg/cm}^2$$

Dosificación en Volumen (m³)

$$\frac{\underline{\mathbf{C}}}{5.80} \quad \frac{\underline{\mathbf{AF}}}{0.61} \quad \frac{\underline{\mathbf{AG}}}{0.54} \quad / \quad \frac{\underline{\mathbf{AGUA}}}{212.5 \text{ lt por m}^3}$$

Dosificación con adición de vermiculita

La V.E se añadió en nuestra mezcla en porcentajes de 5%,10% y 15% respecto al volumen del agregado fino. Para esto, se utilizó la densidad de V.E (0.315 gr/ cm³) para calcular la dosificación necesaria en peso.

Tabla 25: Dosificación de materiales para 1 m³ de concreto con incorporación de V.E

	Diseño patrón	5% de V.E	10% de V.E	15% de V.E
Cemento (kg/m ³)	246.43	246.43	246.43	246.43
A.F (m ³)	0.61	0.61	0.61	0.61
A.G (m ³)	0.54	0.54	0.54	0.54
Agua (lt/m ³)	212.53	212.53	212.53	212.53
Vermiculita Expandida (kg)	-	9.65	19.31	28.96

Fuente: Propia

después de realizar el diseño correspondiente, se determinan las proporciones necesarias para alcanzar una resistencia a la compresión de $f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$. Además, se especificó la cantidad de vermiculita expandida requerida por metro cúbico de mezcla de concreto, siendo 9.65 kg para una adición del 5%, 19.31 kg para el 10%, y 28.96 kg para el 15%. Todos estos datos se encuentran en la Tabla N°25.

Ensayo para determinar el coeficiente de conductividad térmica

Tabla 26: Coeficiente de conductividad Térmica-Bloque comercial

Conductividad Térmica-Bloque Comercial							
Datos del ensayo	Und	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Potencia de energía eléctrica (pot)	W	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Altura del Bloque (H)	m	0.180	0.181	0.182	0.180	0.182	0.181
Largo del Bloque (L)	m	0.390	0.391	0.390	0.390	0.391	0.39
Ancho del Bloque (A)	m	0.117	0.117	0.118	0.118	0.117	0.116
Área del Bloque	m ²	0.070	0.071	0.071	0.070	0.071	0.071
Temperatura de la Placa Caliente	°C	246.00	247.40	243.90	253.00	247.60	244.00
Temperatura de la Placa Caliente	°K	519.15	520.55	517.05	526.15	520.75	517.15
Temperatura de la Placa Fria	°C	55.00	54.90	50.60	52.50	54.80	50.60
Temperatura de la Placa Fria	°K	328.15	328.05	323.75	325.65	327.95	323.75
Conductividad Térmica (λ)	W/m°k	0.521	0.513	0.516	0.503	0.512	0.510
Promedio	W/m°k	0.513					

Fuente: Propia

En la tabla N° 26 se visualizan los resultados pertinentes del λ del bloque comercial evaluado, de lo cual se observa que el resultado promedio del λ es de 0.513 W/m°k.

Tabla 27: Coeficiente de conductividad Térmica-Bloque patrón

Conductividad Térmica-Bloque Patron							
Datos del ensayo	Und	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Potencia de energía eléctrica (pot)	W	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Altura del Bloque (H)	m	0.183	0.179	0.182	0.18	0.183	0.184
Largo del Bloque (L)	m	0.390	0.391	0.390	0.390	0.392	0.391
Ancho del Bloque (A)	m	0.117	0.117	0.120	0.118	0.116	0.115
Área del Bloque	m ²	0.071	0.070	0.071	0.070	0.072	0.072
Temperatura de la Placa Caliente	°C	252.10	252.80	249.30	251.10	249.20	252.80
Temperatura de la Placa Caliente	°K	525.25	525.95	522.45	524.25	522.35	525.95
Temperatura de la Placa Fria	°C	50.40	50.70	50.10	50.30	50.20	51.10
Temperatura de la Placa Fria	°K	323.55	323.85	323.25	323.45	323.35	324.25
Conductividad Térmica (λ)	W/m°k	0.489	0.494	0.507	0.502	0.488	0.475
Promedio	W/m°k	0.493					

Fuente: Propia

En la tabla N°27 se visualizan los resultados pertinentes del λ del bloque Patrón evaluado, observándose que el valor promedio del λ es de 0.493 W/m°k.

Tabla 28: Coeficiente de conductividad Térmica-Bloque + 5% de V.E

<i>Conductividad Térmica-Bloque Adicionando 5% de V.E</i>							
<i>Datos del ensayo</i>	Und	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Potencia de energía eléctrica (pot)	W	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Altura del Bloque (H)	m	0.180	0.180	0.181	0.183	0.183	0.182
Largo del Bloque (L)	m	0.391	0.390	0.392	0.390	0.390	0.391
Ancho del Bloque (A)	m	0.118	0.116	0.115	0.117	0.116	0.116
Área del Bloque	m ²	0.071	0.070	0.071	0.071	0.071	0.071
Temperatura de la Placa Caliente	°C	251.10	250.40	250.80	247.90	249.20	249.20
Temperatura de la Placa Caliente	°K	524.25	523.55	523.95	521.05	522.35	522.35
Temperatura de la Placa Fria	°C	47.50	47.90	47.30	47.90	48.00	47.90
Temperatura de la Placa Fria	°K	320.65	321.05	320.45	321.05	321.15	321.05
Conductividad Térmica (λ)	W/m°k	0.487	0.498	0.478	0.493	0.486	0.486
Promedio	W/m°k	0.488					

Fuente: Propia

En la tabla N°28 se visualizan los resultados pertinentes del λ del bloque con adición del 5% de V.E, observándose un valor promedio del λ de 0.488 W/m°k.

Tabla 29: Coeficiente de conductividad Térmica-Bloque + 10% de V.E

<i>Conductividad Térmica-Bloque Adicionando 10% de V.E</i>							
<i>Datos del ensayo</i>	Und	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Potencia de energía eléctrica (pot)	W	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Altura del Bloque (H)	m	0.1825	0.179	0.182	0.18	0.183	0.184
Largo del Bloque (L)	m	0.390	0.391	0.390	0.390	0.392	0.391
Ancho del Bloque (A)	m	0.117	0.1165	0.1195	0.118	0.116	0.115
Área del Bloque	m ²	0.071	0.070	0.071	0.070	0.072	0.072
Temperatura de la Placa Caliente	°C	249.20	249.00	249.40	250.40	250.20	249.30
Temperatura de la Placa Caliente	°K	522.35	522.15	522.55	523.55	523.35	522.45
Temperatura de la Placa Fria	°C	43.20	42.80	42.80	42.00	42.40	42.10
Temperatura de la Placa Fria	°K	316.35	315.95	315.95	315.15	315.55	315.25
Conductividad Térmica (λ)	W/m°k	0.479	0.484	0.489	0.484	0.467	0.463
Promedio	W/m°k	0.478					

Fuente: Propia

En la tabla N°29 se visualizan los resultados pertinentes del λ del bloque con un 10% de adición de V.E, mostrando un valor promedio del λ de 0.478 W/m°k.

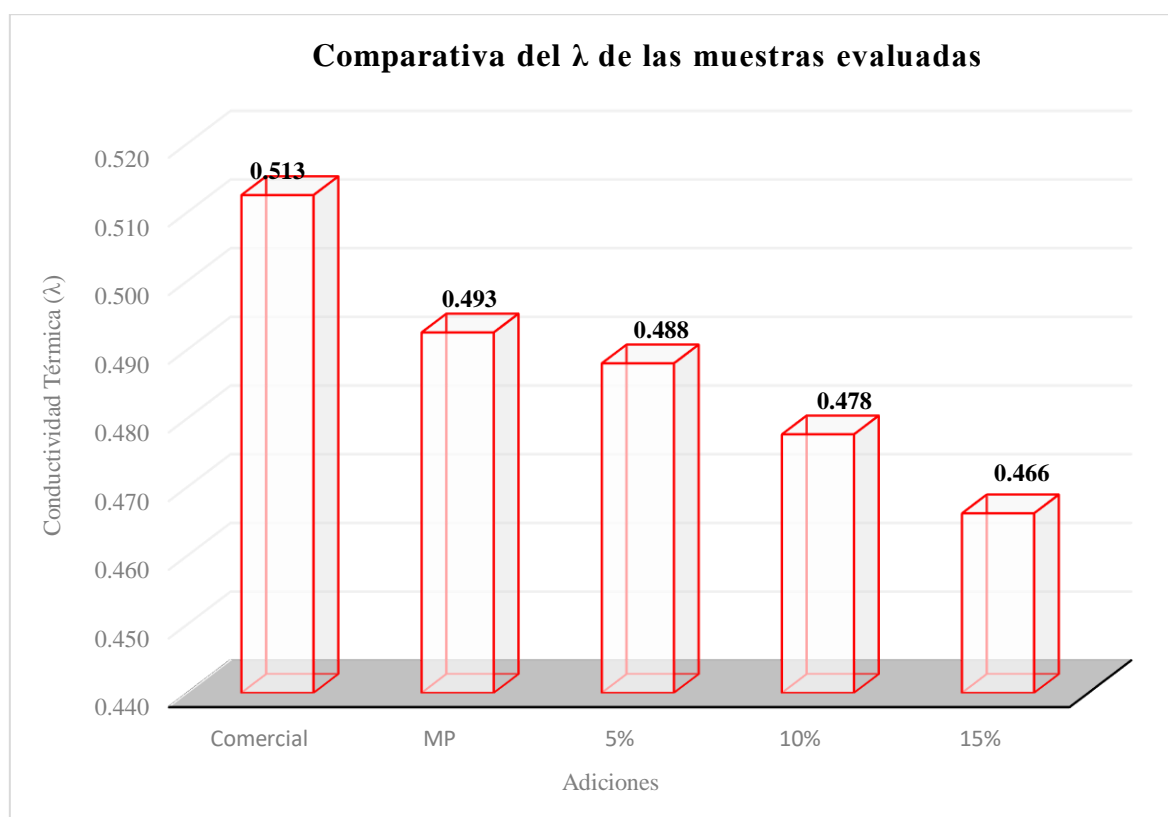
Tabla 30: Coeficiente de conductividad Térmica-Bloque + 15% de V.E

Conductividad Térmica-Bloque Adicionando 15% de V.E							
Datos del ensayo	Und	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Potencia de energía eléctrica (pot)	W	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Altura del Bloque (H)	m	0.1825	0.179	0.182	0.18	0.183	0.184
Largo del Bloque (L)	m	0.390	0.391	0.390	0.390	0.392	0.391
Ancho del Bloque (A)	m	0.117	0.1165	0.1195	0.118	0.116	0.115
Área del Bloque	m ²	0.071	0.070	0.071	0.070	0.072	0.072
Temperatura de la Placa Caliente	°C	251.40	256.20	253.80	254.20	250.00	250.20
Temperatura de la Placa Caliente	°K	524.55	529.35	526.95	527.35	523.15	523.35
Temperatura de la Placa Fria	°C	38.70	41.30	41.50	41.70	38.20	41.20
Temperatura de la Placa Fria	°K	311.85	314.45	314.65	314.85	311.35	314.35
Conductividad Térmica (λ)	W/m^{°k}	0.464	0.465	0.476	0.475	0.458	0.459
Promedio	W/m^{°k}				0.466		

Fuente: Propia

En la tabla N°30 se visualizan los resultados pertinentes del λ del bloque con un 15% de adición de V.E, observándose un valor promedio del λ de 0.466 W/m°k.

Gráfico 4: Comparativa del λ de las diferentes muestras evaluadas



Fuente: Propia

Además, en el Gráfico N°4 se presenta la comparativa del λ de las unidades ensayas, se evidencia la tendencia a disminuir el λ según se adicione mayor porcentaje de V.E.

Ensayo de resistencia a la compresión

Se llevó a cabo el ensayo para determinar f'_{cb} de las muestras, tanto sin adición (patrón) como con adiciones del 5%,10%,15% de V.E. Los resultados fueron analizados a los 7,14 y 28 días, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 31:Resultados del f'_{cb} a los 7 días

Espécimen	Área Bruta (cm ²)	Carga Máxima (kgf)				Resistencia a la compresión (kg/cm ²)				
		Patron	5%	10%	15%	Patron	5%	10%	15%	
P1	468	18385.20	16930.40	13225.40	14797.20	39.28	36.18	28.26	31.62	
P2	468	15450.20	16664.70	15140.80	15600.00	33.01	35.61	32.35	33.33	
P3	468	15074.10	15101.20	16272.20	15250.00	32.21	32.27	34.77	32.59	
P4	468	17248.40	18334.60	19225.00	15922.70	36.86	39.18	41.08	34.02	
P5	468	20919.20	17106.40	16161.40	13962.30	44.70	36.55	34.53	29.83	
P6	468	24601.20	18924.10	18808.00	14890.00	52.57	40.44	40.19	31.82	
Promedio	468.00	18613.05	17176.90	16472.13	15070.37	39.77	36.70	35.20	32.20	
						f_b	39.85	36.79	36.35	32.30
						σ	7.74	2.86	3.47	1.45
						f_b	32.12	33.93	32.88	30.85

Fuente: Propia

En la tabla N°31 se presentan los valores promedios de la resistencia a la compresión a los 7 días. Los resultados obtenidos fueron 32.12 kg/cm^2 , 33.93 kg/cm^2 , 32.88 kg/cm^2 y 30.85 kg/cm^2 para la muestra sin adición y con sus respectivos porcentajes de adición.

Tabla 32:Resultados del f'_{cb} a los 14 días

Espécimen	Área Bruta (cm ²)	Carga Máxima (kgf)				Resistencia a la compresión (kg/cm ²)				
		Patron	5%	10%	15%	Patron	5%	10%	15%	
P1	468	19827.90	16690.50	18460.00	16797.20	42.37	35.66	39.44	35.89	
P2	468	21532.90	16135.40	18663.90	17960.30	46.01	34.48	39.88	38.38	
P3	468	22111.40	18165.40	18702.30	17500.00	47.25	38.81	39.96	37.39	
P4	468	20135.10	21663.90	19850.60	17922.70	43.02	46.29	42.42	38.30	
P5	468	20826.80	20586.40	15189.70	16868.00	44.50	43.99	32.46	36.04	
P6	468	20771.70	21042.50	17937.60	16345.00	44.38	44.96	38.33	34.93	
Promedio	468.00	20886.82	18648.32	18173.30	17409.64	44.59	40.70	38.75	36.82	
						f_b	44.96	41.54	38.63	36.98
						σ	1.47	4.43	3.34	1.34
						f_b	43.49	37.11	35.29	35.64

Fuente: Propia

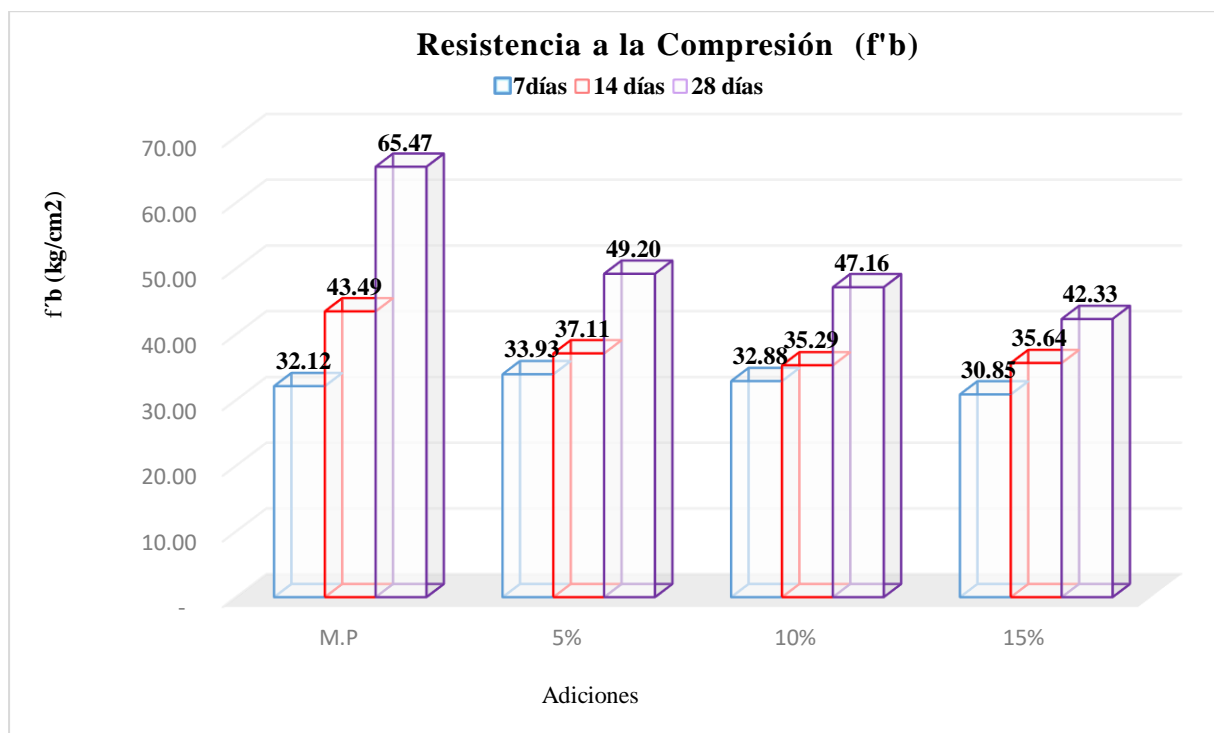
En la tabla N°32 se consignaron los valores promedios de la resistencia a la compresión a los 14 días. Los resultados observados fueron 43.49 kg/cm^2 , 37.11 kg/cm^2 , 35.29 kg/cm^2 y 35.64 kg/cm^2 para la muestra sin adición y con sus respectivos porcentajes de adición.

Tabla 33: Resultados del $f'b$ a los 28 días

Especimen	Área Bruta (cm ²)	Carga Máxima (kgf)			Resistencia a la compresión (kg/cm ²)				
		Patron	5%	10%	15%	Patron	5%	10%	15%
P1	468	36265.10	23931.40	22387.40	21609.10	77.49	51.14	47.84	46.17
P2	468	31403.80	24228.00	23093.30	21102.30	67.10	51.77	49.34	45.09
P3	468	35085.40	26271.50	22774.10	20511.60	74.97	56.14	48.66	43.83
P4	468	36525.80	24182.80	22299.80	19949.40	78.05	51.67	47.65	42.63
P5	468	29878.20	23088.00	22455.90	21102.30	63.84	49.33	47.98	45.09
P6	468	31676.00	23276.00	21890.30	19445.30	67.68	49.74	46.77	41.55
f_b					71.52	51.63	48.04	44.06	
σ					6.05	2.43	0.88	1.73	
$f'b$					65.47	49.20	47.16	42.33	

Fuente: Propia

En la tabla N°33 se registran los valores promedios de la resistencia a la compresión a los 28 días, los resultados obtenidos fueron 65.47 kg/cm^2 , 49.20 kg/cm^2 , 47.16 kg/cm^2 y 42.33 kg/cm^2 para la muestra sin adición y con sus respectivos porcentajes de adición.

Gráfico 5: Comparativa de los $f'b$ según su edad y porcentaje de adición

Fuente: Propia

Además, en el gráfico N°5, se muestra los resultados obtenidos del $f'b$ a diferentes edades de los bloques sin adición y aquellos con adiciones de V.E al 5%, 10% y 15%. El diseño se realizó para un $f'b = 50 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, los resultados muestran demuestran que los bloques si adición alcanzan un 130.93% y aquellos con adición alcanzan 98.41%, 94.32% y 84.66% respecto a la resistencia diseñada.

Ensayo de variación dimensional

Este ensayo fue realizado siguiendo el procedimiento descrito en la NTP 399.604[33]
Los resultados se exhiben en las tablas siguiente.

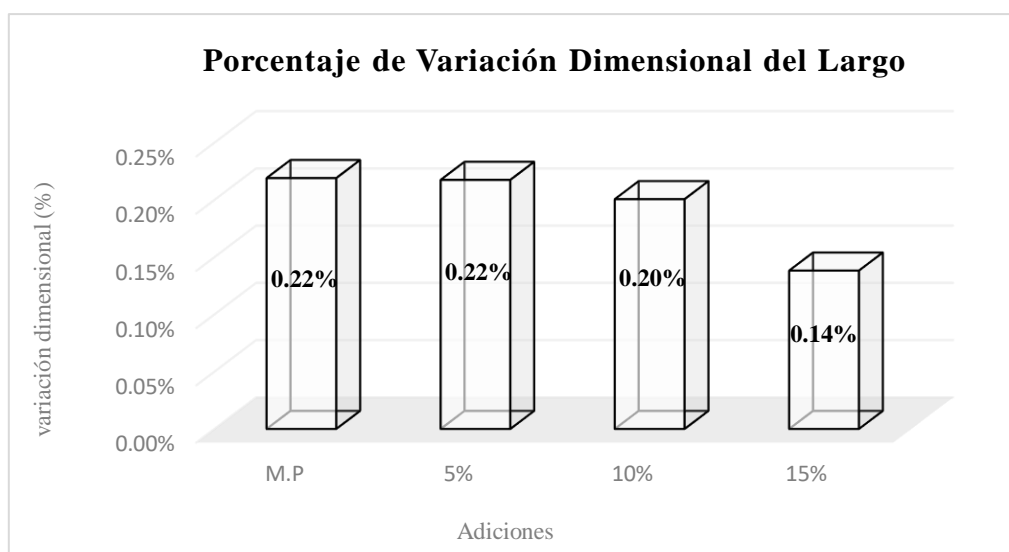
Tabla 34: Variación dimensional de la Longitud

Variación Dimensional de la Longitud												
ESPÉ CIME N	Patrón			5%			10%			15%		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
CM												
P1	39.00	39.10	39.00	39.00	39.00	39.00	39.10	39.20	39.20	39.10	39.00	39.00
P2	38.90	39.00	39.00	39.00	39.10	39.20	39.00	39.00	39.10	39.00	38.90	38.90
P3	39.00	39.00	39.10	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00	39.10	39.00	39.00	39.10
P4	39.00	39.00	39.00	39.00	39.10	39.20	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00
P5	39.00	39.10	39.20	39.00	39.20	39.20	39.00	39.20	39.10	38.90	39.00	39.00
P6	39.00	39.20	39.20	39.00	39.00	39.10	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00
Prom.	39.04			39.06			39.06			38.99		
M.E	39			39			39			39		
V.D	0.22%			0.22%			0.20%			0.14%		

Fuente: Propia

En la tabla N°34 se exhiben los resultados de la variación dimensional respecto a la longitud. Según la norma E.070, establece que se permitirá una variación de $\pm 2\%$ para dimensiones mayores a 150 mm [20]. Por lo tanto, se observa que las variaciones de la longitud en las muestras analizadas cumplen con lo establecido en la normativa.

Gráfico 6: Porcentaje de variación dimensional del largo de los bloques



Fuente: Propia

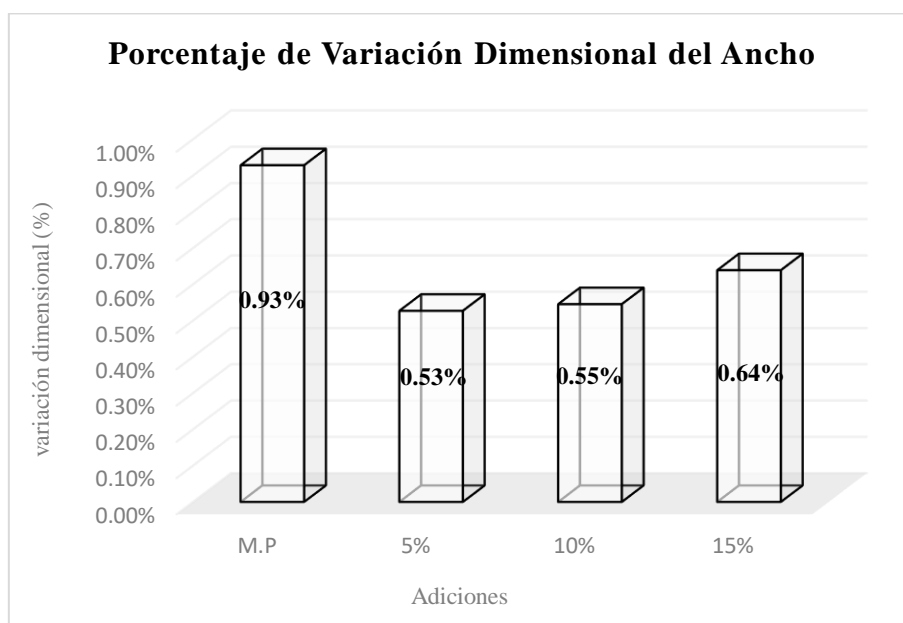
Tabla 35: Variación dimensional del Ancho

Variación Dimensional del Ancho												
ESPÉ CIME N	Patrón			5%			10%			15%		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
CM												
P1	11.65	11.70	11.95	11.70	11.80	11.75	11.60	11.70	11.75	11.70	11.65	11.70
P2	11.75	11.80	11.70	11.70	11.60	11.60	11.65	11.70	11.65	11.75	11.80	11.80
P3	11.70	11.80	11.70	11.75	11.75	11.80	11.60	11.60	11.70	11.80	11.90	11.80
P4	11.65	11.75	11.65	11.70	11.70	11.70	11.70	11.80	11.75	11.70	11.65	11.80
P5	11.60	11.50	11.50	11.75	11.80	11.75	11.60	11.65	11.70	11.85	11.90	11.75
P6	11.70	11.60	11.60	11.75	11.80	11.80	11.70	11.80	11.70	11.80	11.85	11.75
Prom.	11.68			11.73			11.69			11.78		
M.E	12			12			12			12		
V.D	0.93%			0.53%			0.55%			0.64%		

Fuente: Propia

En la tabla N°35 se muestran los resultados de la variación dimensional respecto del ancho. según la norma E.070, establece que se permite una variación de $\pm 3\%$ para dimensiones menores a 150 mm [20]. Por lo tanto, se observa que las variaciones del ancho de las muestras analizadas cumplen con lo establecido con la normativa.

Gráfico 7: Porcentaje de variación dimensional del ancho de los bloques



Fuente: Propia

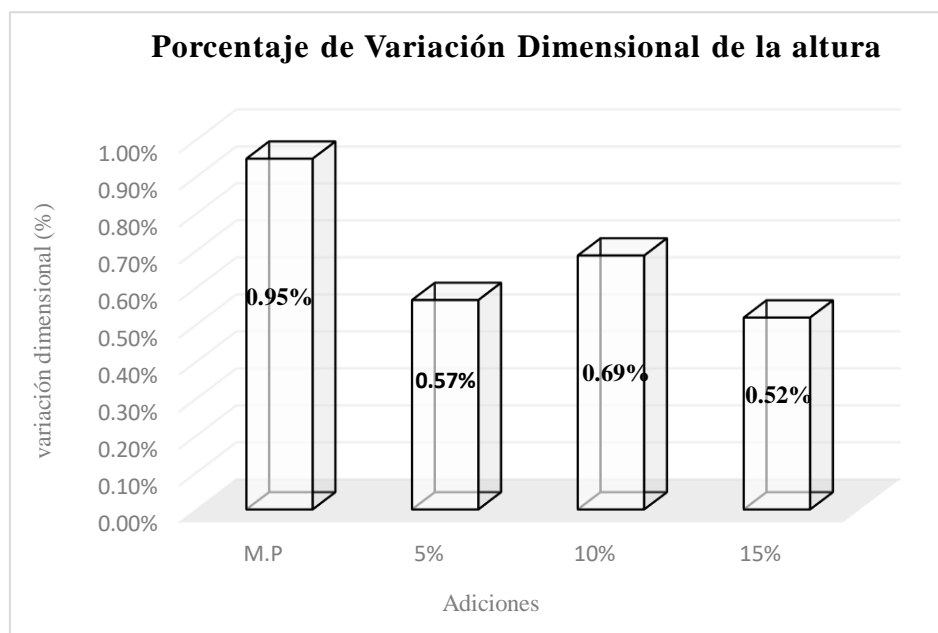
Tabla 36: Variación dimensional de la Altura

Variación Dimensional de la Altura												
ESPÉ CIME N	Patrón			5%			10%			15%		
	H1	H2	H3	H1	H2	H3	H1	H2	H3	H1	H2	H3
	CM											
P1	18.30	18.25	18.20	18.15	18.25	18.30	18.30	18.15	18.30	18.10	18.40	18.40
P2	18.20	18.10	17.90	18.25	18.15	18.35	18.30	18.30	18.45	18.15	18.20	18.30
P3	18.45	18.40	18.35	18.30	18.30	18.35	18.10	18.20	18.30	18.20	18.15	18.15
P4	18.35	18.40	18.45	18.35	18.10	18.40	18.10	18.20	18.30	18.25	18.30	18.40
P5	18.40	18.10	18.00	18.20	18.00	18.20	18.15	18.20	18.10	18.35	18.30	18.20
P6	18.30	18.45	18.00	18.15	18.30	18.25	18.05	18.10	18.50	18.20	18.20	18.30
Prom.	18.26			18.24			18.23			18.25		
M.E	19			19			19			19		
V.D	0.95%			0.57%			0.69%			0.52%		

Fuente: Propia

En la tabla N°36, se observan los resultados de la variación dimensional respecto a la altura. Según la norma E.070, establece que se permite una variación del $\pm 2\%$ para dimensiones mayores a 150 mm [20]. Por lo tanto, se observa que las variaciones de la altura en las muestras analizadas cumplen con lo establecido en la normativa.

Gráfico 8: Porcentaje de variación dimensional de la altura de los bloques



Fuente: Propia

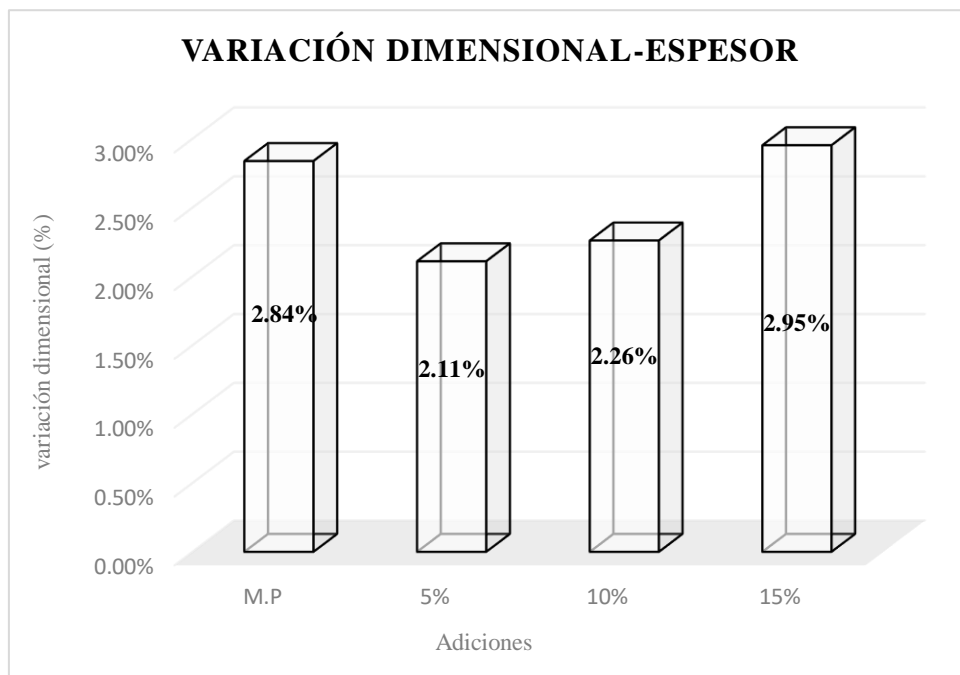
Tabla 37: Variación dimensional del Espesor

Variación Dimensional del Espesor												
ESPÉ CIME N	Patrón			5%			10%			15%		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
	CM											
P1	2.75	2.65	2.75	2.70	2.80	2.75	2.75	2.60	2.70	2.70	2.70	2.80
P2	2.60	2.90	2.70	2.75	2.70	2.75	2.80	2.70	2.75	2.75	2.90	2.80
P3	2.65	2.65	2.80	2.70	2.75	2.65	2.75	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
P4	2.65	2.70	2.75	2.60	2.75	2.80	2.75	2.75	2.70	2.70	2.65	2.70
P5	2.70	2.65	2.70	2.65	2.75	2.80	2.70	2.80	2.70	2.70	2.70	2.60
P6	2.60	2.70	2.60	2.70	2.65	2.75	2.65	2.80	2.60	2.75	2.90	2.80
Prom.	2.69			2.72			2.71			2.75		
M.E	19			19			19			19		
V.D	2.84%			2.11%			2.26%			2.95%		

Fuente: Propia

En la tabla N°37, se observan los resultados de la variación dimensional respecto al espesor. Según la norma E.070, establece que se permite una variación de $\pm 3\%$ para dimensiones menores a 150 mm[20]. Por lo tanto, se observa que la variación dimensional del espesor en las muestras analizadas cumple con lo establecido en la normativa.

Gráfico 9: Porcentaje de variación dimensional del espesor de los bloques



Fuente: Propia

Ensayo de alabeo

Este ensayo fue realizado siguiendo el procedimiento descrito en la NTP 399.604 [33]. Los datos se visualizan en las tablas continuación.

Tabla 38: Registro de datos del alabeo -Bloque patrón

Alabeo-Bloque Patrón				
Muestra	Lado Cóncavo (mm)		Lado convexo (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
P1	1.00	-	3.00	-
P2	2.00	1.00	2.00	1.50
P3	1.00	-	1.00	2.00
P4	2.50	1.00	-	1.00
P5	-	1.00	3.50	1.00
P6	2.00	1.00	2.00	1.00
Promedio	1.70	1.00	2.30	1.30
Resultado	Cóncavo	1.35	Convexo	1.80

Fuente: Propia

En la tabla N°38 se evidencia los resultados con respecto al alabeo del bloque patrón, tanto en su superficie cóncava como en la convexa. Se corrobora que los resultados promedios satisfacen los estándares establecidos en la normativa E.070[20], la cual establece que el alabeo debe ser menor o igual a 4mm.

Tabla 39: Registro de datos del alabeo -Bloque Adicionando 5% de V.E

Alabeo- Bloque adicionando 5% de V.E				
Muestra	Lado Convexo (mm)		Lado Concavo (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
B1-5% V.E	1.00	1.00	1.00	2.00
B2-5%V.E	2.00	2.00	2.50	3.00
B3-5% V.E	2.00	1.00	1.50	1.50
B4-5% V.E	1.00	2.00	1.00	1.50
B5-5% V.E	1.00	1.00	1.00	1.50
B6-5% V.E	1.00	2.00	1.50	3.00
Promedio	1.33	1.50	1.42	2.08
Resultado	Cóncavo	1.42	Convexo	1.75

Fuente: Propia

En la tabla N°39 se evidencia los resultados con respecto al alabeo de los bloques con adición de vermiculita expandida al 5%, tanto en su superficie cóncava como en la convexa. Se

corroborar que los resultados promedios satisfacen los estándares establecidos en la normativa E.070 [20], la cual establece que el alabeo debe ser menor o igual a 4mm.

Tabla 40: Registro de datos del alabeo -Bloque Adicionando 10% de V.E

<i>Alabeo- Bloque adicionando 10% de V.E</i>				
Muestra	Lado Convexo (mm)		Lado Concavo (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
C1-10% V.E	0.50	-	-	1.00
C2-10%V.E	0.50	0.50	0.50	1.00
C3-10% V.E	-	1.00	-	1.00
C4-10% V.E	1.00	-	3.00	2.00
C5-10% V.E	1.00	3.00	2.50	-
C6-10% V.E	1.00	1.50	2.00	-
Promedio	0.80	1.50	2.00	1.25
Resultado	Convexo	1.15	Concavo	1.63

Fuente: Propia

En la tabla N°40 se evidencia los resultados con respecto al alabeo de los bloques con adición de vermiculita expandida al 10%, tanto en su superficie cóncava como en la convexa. Se corrobora que los resultados promedios satisfacen los estándares establecidos en la normativa E.070 [20], la cual establece que el alabeo debe ser menor o igual a 4mm.

Tabla 41: Registro de datos del alabeo -Bloque Adicionando 15% de V.E

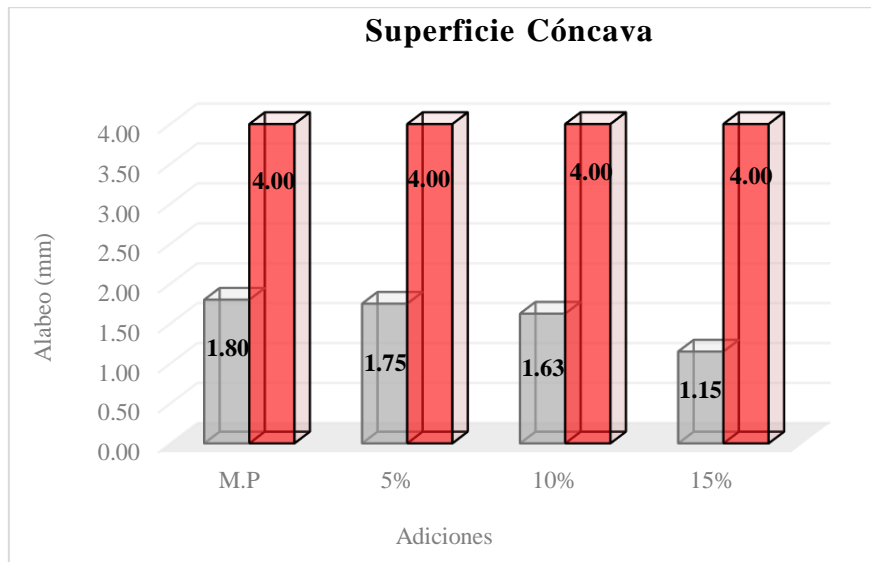
<i>Alabeo- Bloque adicionando 15% de V.E</i>				
Muestra	Lado Convexo (mm)		Lado Concavo (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
D1-15% V.E	3.00	0.50	2.00	1.00
D2-15%V.E	3.00	1.00	1.00	0.50
D3-15% V.E	3.50	2.00	2.00	1.00
D4-15% V.E	2.00	1.00	-	1.00
D5-15% V.E	-	0.50	1.00	-
D6-15% V.E	2.00	-	-	0.50
Promedio	2.70	1.00	1.50	0.80
Resultado	Convexo	1.85	Concavo	1.15

Fuente: Propia

En la tabla N°41 se evidencia los resultados con respecto al alabeo de los bloques con adición de vermiculita expandida al 15%, tanto en su superficie cóncava como en la convexa. Se

corroborar que los resultados promedios satisfacen los estándares establecidos en la normativa E.070 [20], la cual establece que el alabeo debe ser menor o igual a 4mm.

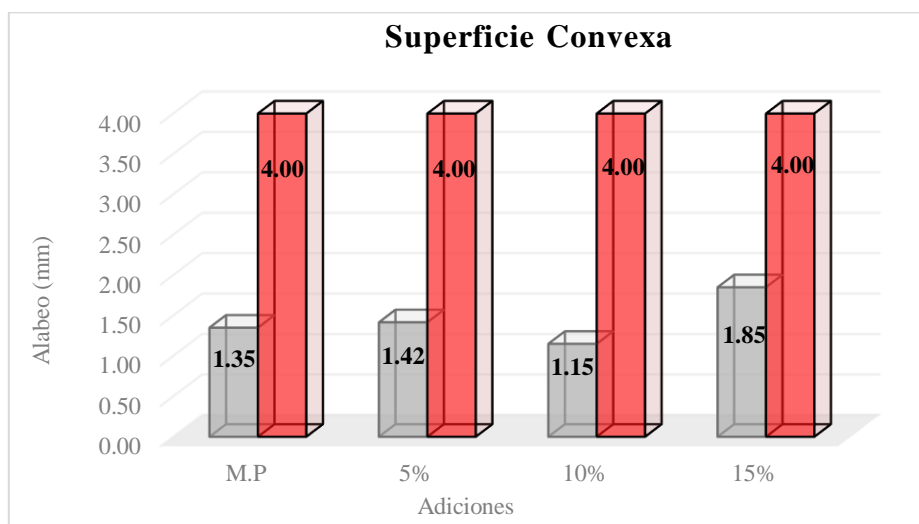
Gráfico 10: : Resultado del ensayo de alabeo en la superficie cóncava de cada bloque, con su respectivo % de adición



Fuente: Propia

En el gráfico N°10, se evidencia que los resultados con respecto al alabeo de la superficie cóncava en comparación con lo establecido en la normativa E.070 [20], cumplen los estándares.

Gráfico 11: Resumen del alabeo en la superficie convexa en cada bloque con su respectivo % de adición



Fuente: Propia

En el gráfico N°10, se evidencia que los resultados con respecto al alabeo de la superficie convexa en comparación con lo establecido en la normativa E.070 [20], cumplen los estándares.

Ensayo de densidad y absorción

Estos ensayos se realizaron conforme el procedimiento en la NTP 399.604[33] . La información se muestra en las siguientes tablas

Tabla 42: Registro de datos de densidad y absorción-Bloque Patrón

<i>Densidad y absorción - Bloque patrón</i>					
Muestra	Ws (kg)	Wd (kg)	Wi (kg)	Densidad (kg/m³)	Absorción %
P1	12.88	11.74	7.55	2202.63	9.71
P2	12.91	11.8	7.75	2286.82	9.41
P3	12.94	11.76	7.8	2287.94	10.03
Promedio				2259.13	9.72

Fuente: Propia

La tabla N°42 registra valores para la densidad promedio de los bloques sin adición es de 2259 kg/m³ y su absorción de 9.72%. Este valor de absorción cumple con lo estipulado por la normativa E.070[20] , que establece que el límite máximo del 12% para bloques portantes.

Tabla 43: Registro de datos de densidad y absorción-Bloque Adicionando 5% de V.E

<i>Densidad y absorción - Bloque Adicionando 5% de V.E</i>					
Muestra	Ws (kg)	Wd (kg)	Wi (kg)	Densidad (kg/m³)	Absorción %
B1-5% V.E	12.53	11.37	7.15	2113.38	10.20
B2-5%V.E	12.04	10.94	7.1	2215.47	10.04
B3-5% V.E	12.38	11.19	7.3	2202.76	10.63
Promedio				2177.20	10.29

Fuente: Propia

En la tabla N°43 se visualiza que la densidad presenta un descenso y la absorción aumenta para los bloques de concreto adicionando vermiculita expandida al 5%. Se presenta una densidad y absorción promedio de 2177 kg/m³ y de 10.29%. La absorción registrada sigue dentro de los valores establecidos por la normativa E.070 [20], la cual indica que no debe superar el 12% para bloques portantes.

Tabla 44: Registro de datos de densidad y absorción-Bloque Adicionando 10% de V.E

Densidad y absorción - Bloque Adicionando 10% de V.E					
Espécimen	Ws (kg)	Wd (kg)	Wi (kg)	Densidad (kg/m ³)	Absorción %
C1-10% V.E	12.28	11.04	6.57	1933.45	11.23
C2-10%V.E	12.27	11	6.63	1950.35	11.55
C3-10% V.E	12.28	11.034	6.66	1963.35	11.29
Promedio				1949.05	11.36

Fuente: Propia

En la tabla N°44 se evidencia que la densidad continúa disminuyendo y la absorción aumenta en los bloques con una adición del 10% de vermiculita expandida. La densidad promedio es de 1949.05 kg/m³ y la absorción promedio es de 11.36%. Este valor sigue estando dentro de los parámetros establecidos en la E.070[20], la cual indica que la absorción para bloques portantes no debe superar el 12%.

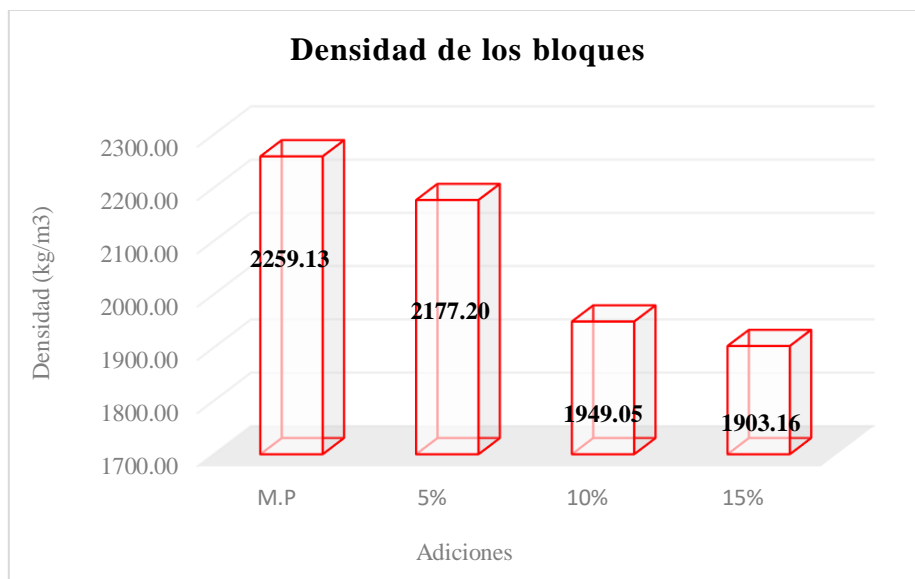
Tabla 45:: Registro de datos de densidad y absorción-Bloque Adicionando 15% de V.E

Densidad y absorción - Bloque Adicionando 15% de V.E					
Espécimen	Ws (kg)	Wd (kg)	Wi (kg)	Densidad (kg/m ³)	Absorción %
D1-15% V.E	12.01	10.74	6.36	1901.59	11.78
D2-15%V.E	11.53	10.29	6.09	1891.54	12.05
D3-15% V.E	11.5	10.31	6.12	1916.36	11.54
Promedio				1903.16	11.79

Fuente: Propia

En la tabla N°45 revela la tendencia notable hacia la reducción de la densidad y un incremento en la capacidad de absorción de las muestras que contienen un 15% de vermiculita expandida. Se registra una densidad promedio de 1903.05 kg/m³ y una absorción promedio de 11.79%. Este último valor continúa estando dentro del rango establecido por la normativa E.070[20], que especifica que la absorción para bloques portantes no debe superar el 12%.

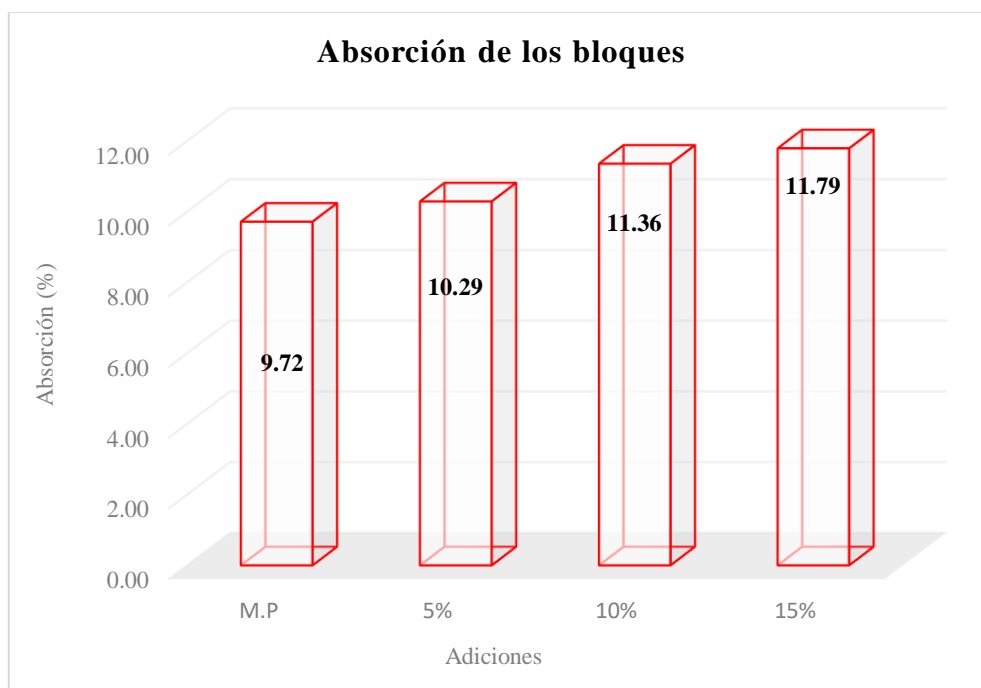
Gráfico 12: Comparativa de densidad de los bloques analizados



Fuente: Propia

En el gráfico N°12 muestra claramente cómo la densidad disminuye gradualmente a medida que se incrementa el porcentaje de incorporación de vermiculita expandida en relación con los bloques sin adición. Se aprecia una reducción de 81.93 kg/m³, 310 kg/m³ y 355.97 kg/m³ para los porcentajes de 5%, 10% y 15%, respectivamente.

Gráfico 13: Comparativa de la absorción de los bloques analizados



Fuente: Propia

En el gráfico N°13, se observa un aumento en el valor de la absorción a medida que aumenta el porcentaje de adición de vermiculita expandida en comparación al bloque sin adición. Se registra un incremento del 0.57%, 1.64% y 2.07% para los porcentajes de 5%,10% y 15%.

Resistencia a la compresión axial en pilas ($f'm$)

Este ensayo se realizó conforme a lo indicado en la NTP 399.605[39] . Registrando los siguientes datos expresados en las tablas a continuación.

Tabla 46: Registro de datos del ensayo de compresión axial en prismas patrón

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)	
01	Prisma - Bloque Patrón	391	118	378	46138	3.20	389820	8.45	1.086	9.18	93.56	
02	Prisma - Bloque Patrón	391	118	380	45884	3.23	380870	8.30	1.088	9.03	92.13	
03	Prisma - Bloque Patrón	390	119	379	46215	3.19	390200	8.44	1.086	9.17	93.46	
										Promedio	9.12	93.05
										σ	0.08	0.80
										f'm	9.05	92.25

Fuente: Propia

En la tabla N°46 expone que la resistencia a la compresión axial promedio de los primas sin adiciones es de 92.25 kg/ cm². De acuerdo con lo estipulado en la E.070 [20], se demanda una resistencia mínima de 74 kg/ cm². Al examinar estos resultados, se registró un f'm promedio excedente del 24.66% en relación al estándar requerido.

Tabla 47: Registro de datos del ensayo de compresión axial en primas con 5% de V.E

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)	
01	Prisma - Bloque 5%VERMICULITA EXPANDIDA	391	118	379	45884	3.23	309800	6.75	1.088	7.35	74.91	
02	Prisma - Bloque 5%VERMICULITA EXPANDIDA	392	117	380	45806	3.25	300840	6.57	1.090	7.16	72.99	
03	Prisma - Bloque 5%VERMICULITA EXPANDIDA	391	118	382	46079	3.23	285380	6.19	1.089	6.74	68.75	
										Promedio	7.08	72.22
										σ	0.31	3.15
										f'm	6.77	69.07

Fuente: Propia

En la tabla N°47 se anota que la resistencia promedio a la compresión axial de los prismas con un 5% de V.E es de 69.07 kg/ cm². Según lo estipulado en la E.070 [20], se exige una resistencia mínima 74 kg/ cm². Al comparar estos datos, se evidencia que la resistencia promedio disminuyo en 6.77% con respecto a la resistencia estándar.

Tabla 48: Registro de datos del ensayo de compresión axial en primas con 10% de V.E

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)
01	Prisma - Bloque 10%VERMICULITA EXPANDIDA	391	118	383	45943	3.26	282750	6.15	1.090	6.71	68.43
02	Prisma - Bloque 10%VERMICULITA EXPANDIDA	392	118	384	46197	3.25	251180	5.44	1.090	5.93	60.43
03	Prisma - Bloque 10%VERMICULITA EXPANDIDA	391	117	386	45689	3.30	222220	4.86	1.094	5.32	54.26
Promedio										5.99	61.04
σ										0.70	7.11
f_m										5.29	53.93

Fuente: Propia

La tabla N°48 muestra que la resistencia promedio a la compresión axial en primas con un 10% de V.E 53.93 kg/ cm². De acuerdo con lo establecido en la E.070, se requiere una resistencia mínima de 74 kg/ cm². Al contrastar estos resultados, se observa que la resistencia promedio ha disminuido en un 27.12% en comparación con la resistencia estándar.

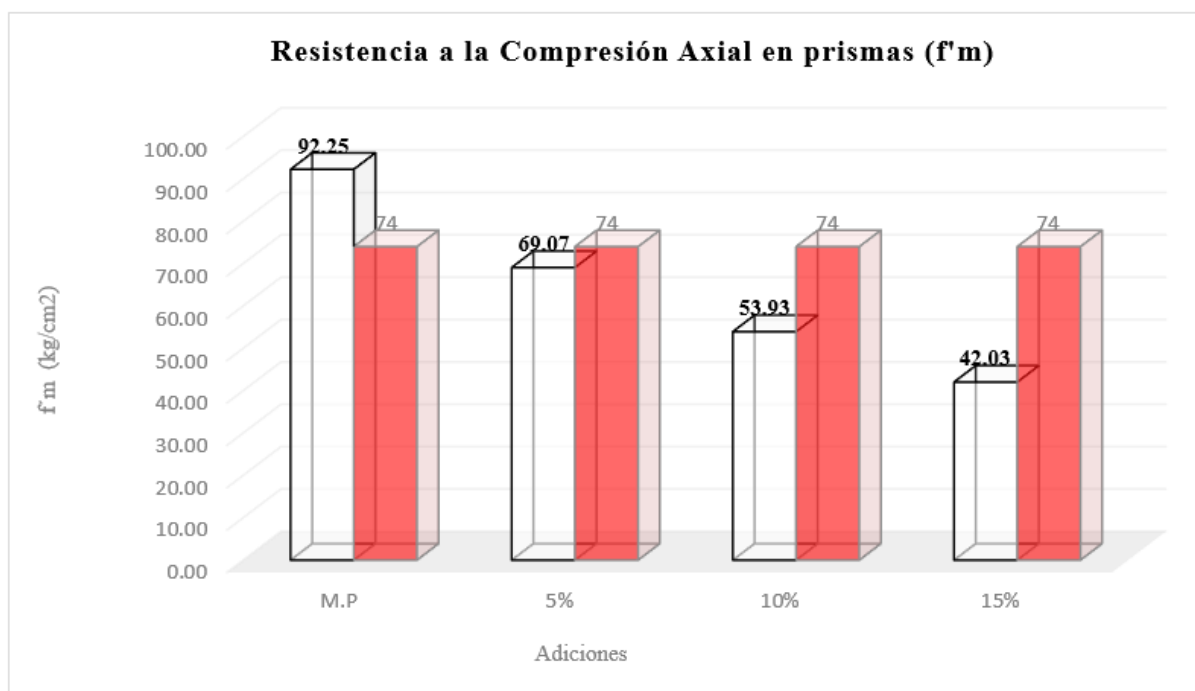
Tabla 49: Registro de datos del ensayo de compresión axial en primas con 15% de V.E

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)
01	Prisma - Bloque 15%VERMICULITA EXPANDIDA	391	118	381	45943	3.24	197960	4.31	1.089	4.69	47.85
02	Prisma - Bloque 15%VERMICULITA EXPANDIDA	391	117	384	45689	3.28	198650	4.35	1.093	4.75	48.44
03	Prisma - Bloque 15%VERMICULITA EXPANDIDA	392	118	382	46197	3.23	172460	3.73	1.089	4.06	41.44
Promedio										4.50	45.91
σ										0.38	3.88
f_m										4.12	42.03

Fuente: Propia

La tabla N°49 detalla que la resistencia media a la compresión axial en prismas con 15% de V.E es de 42.03 kg/ cm². De acuerdo con lo establecido en la E.070, se exige una resistencia mínima de 74 kg/ cm². Al contrastar estos datos, observamos que el f_m promedio disminuye en un 43.20% en comparación con la resistencia estándar.

Gráfico 14: Comparativa de la resistencia a la compresión axial en pilas



Fuente: Propia

En el gráfico N°14 se evidencia la tendencia a disminuir la resistencia a la compresión axial en pilas conforme se adicione un mayor porcentaje de vermiculita expandida. Teniendo valores de 92.25 kg/cm², 69.07 kg/cm², 53.93 kg/cm² y 42.03 kg/cm², para la muestra sin adición y con 5%,10% y 15% de vermiculita expandida.

Resistencia a la compresión diagonal (v'm)

El procedimiento del ensayo se llevó a cabo siguiendo las directrices establecidas en la NTP 399.621[40] , con los resultados registrados que se presentan en las tablas a continuación

Tabla 50: Registro de datos del ensayo de compresión diagonal en muretes patrón

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	Murete - Bloque Patrón	28	618	610	119	72700	102004	0.99	10.12
02	Murete - Bloque Patrón	28	621	610	117	71984	92018	0.90	9.22
03	Murete - Bloque Patrón	28	621	609	119	72818	86142	0.84	8.53
Promedio								0.91	9.29
σ								0.08	0.80
f m								0.83	8.49

Fuente: Propia

En la tabla N°50 indica que la resistencia media a la compresión diagonal en muretes fue de 8.49 kg/cm². De acuerdo con lo estipulado en la normativa E.070 [20] , la capacidad de resistencia debe de ser de 8.6 kg/cm². Al comparara estos datos, se nota que la resistencia obtenida se sitúa por debajo en un 1.27%.

Tabla 51: Registro de datos del ensayo de compresión diagonal en muretes con 5% de V.E

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	Murete - Bloque 5% VERMICULITA EXPANDIDA	28	623	611	118	72439	84974	0.83	8.46
02	Murete - Bloque 5% VERMICULITA EXPANDIDA	28	622	610	118	72351	76361	0.75	7.61
03	Murete - Bloque 5% VERMICULITA EXPANDIDA	28	623	611	118	72777	75655	0.73	7.49
Promedio								0.77	7.85
σ								0.05	0.53
f m								0.72	7.33

Fuente: Propia

En la tabla N°51 se exhibe que la resistencia promedio a la compresión diagonal en muretes fue de 7.33 kg/ cm². Conforme a lo estipulado en la normativa E.070 [20], la resistencia requerida es de 8.6 kg/cm². Por consiguiente, se verifica que la resistencia obtenida es inferior en un 14.79%.

Tabla 52: Registro de datos del ensayo de compresión diagonal en muretes con 10% de V.E

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	Murete - Bloque 10% VERMICULITA EXPANDIDA	28	623	611	119	73364	75331	0.73	7.40
02	Murete - Bloque 10% VERMICULITA EXPANDIDA	28	621	609	118	72263	63294	0.62	6.31
03	Murete - Bloque 10% VERMICULITA EXPANDIDA	28	623	610	118	72718	74173	0.72	7.35
Promedio								0.69	7.02
σ								0.06	0.61
f m								0.63	6.41

Fuente: Propia

En la tabla N°52 se exhibe que la resistencia promedio a la compresión diagonal en muretes alcanzo un 6.41 kg/ cm². Conforme a lo estipulado en la norma E.070, la capacidad de resistencia requerida es de 8.6 kg/ cm². Por lo tanto, se constata que la resistencia obtenida está por debajo en un 25.48%.

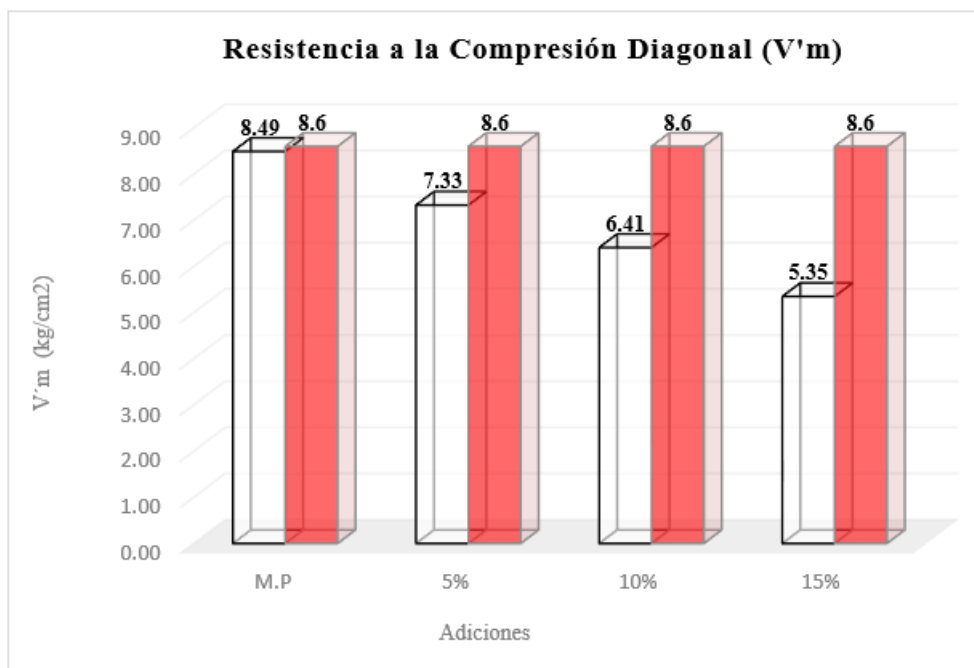
Tabla 53: Registro de datos del ensayo de compresión diagonal en muretes con 15% de V.E

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	Murete - Bloque 15% VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	625	610	117	71939	57320	0.56	5.74
02	Murete - Bloque 15% VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	630	611	118	72909	57428	0.56	5.68
03	Murete - Bloque 15% VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	623	611	118	72747	72614	0.71	7.20
Promedio										0.61	6.21
σ										0.08	0.86
f m										0.52	5.35

Fuente: Propia

En la tabla N°53 se observa que la resistencia promedio a la compresión diagonal en muretes alcanzo un 5.35 kg/ cm². Conforme a lo estipulado en la norma E.070, la resistencia requerida es de 8.6 kg/ cm². Por lo tanto, se constata que la resistencia obtenida está por debajo en un 37.81%.

Gráfico 15: Comparativa de la resistencia a la compresión diagonal en muretes



Fuente: Propia

En el gráfico N°15 se evidencia la tendencia a disminuir la resistencia a la compresión diagonal en muretes conforme se adicione un mayor porcentaje de vermiculita expandida. Se registraron valores de 8.49 kg/cm², 7.33 kg/cm², 6.41 kg/cm² y 5.35 kg/cm², para la muestra sin adición y con 5%,10% y 15% de vermiculita expandida.

Análisis de precios unitarios

Se desarrollo un análisis referentes a los costos para la elaboración de los bloques, tanto los que no presentan adiciones y aquellos que presentan adición del 5%,10%y 15% de vermiculita expandida,

Tabla 54: Análisis de precios-Bloque Patrón

APU-BLOQUE DE CONCRETO PATRON					
und/día	300	EQ.	300	Costo unitario	2.51
1.Mano de obra					
Descripcion del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Operario	hh	2	0.0533	21.93	1.17
Subtotal					1.17
2.Materiales					
Descripcion del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Cemento	bls	.....	0.035	20.34	0.72
Arena Gruesa	m3	.....	0.0038	49.15	0.19
Confitillo	m3	.....	0.0033	46.61	0.16
Agua	m3	.....	0.0013	6.13	0.01
Sub total					1.07
3.Equipos					
Descripcion del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mezcladora de concreto	hh	1	0.0267	7.47	0.20
Mesa vibratoria	hh	1	0.0267	2.71	0.07
Subtotal					0.27

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 55:Análisis de precios-Bloque adicionando 5% de V.E

APU-BLOQUE DE CONCRETO ADICIONANDO 5% DE VERMICULITA EXPANDIDA					
und/día	300	EQ.	300	Costo unitario	2.77
1.Mano de obra					
Descripcion del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Operario	hh	2	0.0533	21.93	1.17
Subtotal					1.17
2.Materiales					
Descripcion del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Cemento	bls	.....	0.035	20.34	0.72
Arena Gruesa	m3	.....	0.0038	49.15	0.19
Confitillo	m3	.....	0.0033	46.61	0.16
Agua	m3	.....	0.0013	6.13	0.01
Vermiculita expandida	m3	.....	0.00014	1800.00	0.26
Sub total					1.33
3.Equipos					
Descripcion del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mezcladora de concreto	hh	1	0.0267	7.47	0.20
Mesa vibratoria	hh	1	0.0267	2.71	0.07
Subtotal					0.27

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 56: Análisis de precios-Bloque adicionando 10% de V.E

Fuente: Elaboración Propia

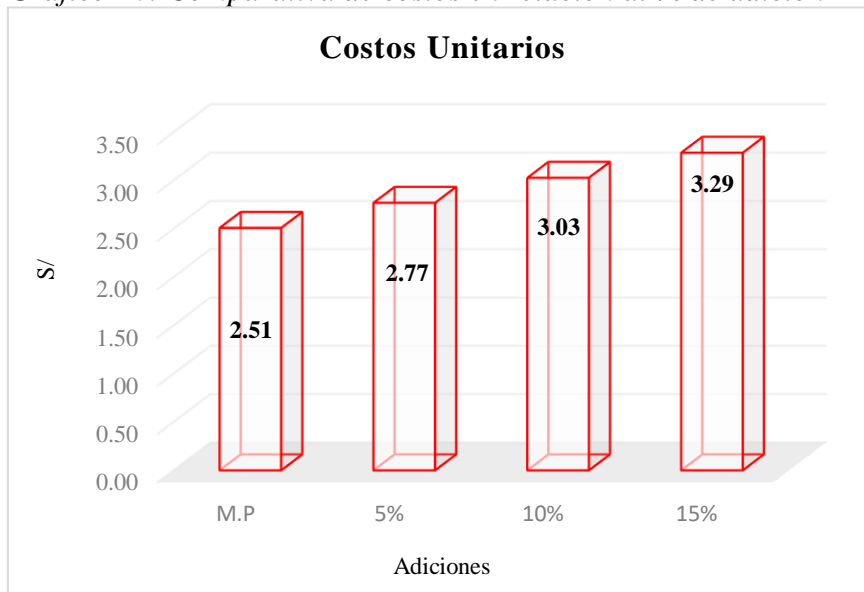
APU-BLOQUE DE CONCRETO ADICIONANDO 10% DE VERMICULITA EXPANDIDA					
und/día	300	EQ.	300	Costo unitario	3.03
1.Mano de obra					
Descripcion del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Operario	hh	2	0.0533	21.93	1.17
Subtotal					1.17
2.Materiales					
Descripcion del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Cemento	bls	.....	0.035	20.34	0.72
Arena Gruesa	m3	.....	0.0038	49.15	0.19
Confitillo	m3	.....	0.0033	46.61	0.16
Agua	m3	.....	0.0013	6.13	0.01
Vermiculita expandida	m3	.....	0.00029	1800.00	0.52
Sub total					1.59
3.Equipos					
Descripcion del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mezcladora de concreto	hh	1	0.0267	7.47	0.20
Mesa vibratoria	hh	1	0.0267	2.71	0.07
Subtotal					0.27

Tabla 57: Análisis de precios-Bloque adicionando 15% de V.E

Fuente: Elaboración Propia

APU-BLOQUE DE CONCRETO ADICIONANDO 15% DE VERMICULITA EXPANDIDA					
und/día	300	EQ.	300	Costo unitario	3.29
1.Mano de obra					
Descripcion del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Operario	hh	2	0.0533	21.93	1.17
Subtotal					1.17
2.Materiales					
Descripcion del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Cemento	bls	.....	0.035	20.34	0.72
Arena Gruesa	m3	.....	0.0038	49.15	0.19
Confitillo	m3	.....	0.0033	46.61	0.16
Agua	m3	.....	0.0013	6.13	0.01
Vermiculita expandida	m3	.....	0.00043	1800.000	0.78
Sub total					1.85
3.Equipos					
Descripcion del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mezcladora de concreto	hh	1	0.0267	7.47	0.20
Mesa vibratoria	hh	1	0.0267	2.71	0.07
Subtotal					0.27

Gráfico 16: Comparativa de costos en relación al % de adición



Fuente: Propia

En el gráfico N°16 que se presenta, se ilustra la fluctuación en los costos de producción de las muestras estudiadas según las adiciones respectivas del 5%,10% y 15%. Se registra un valor de S/2.51 para la muestra sin adición, mientras que para las adiciones se observan valores de S/2.77, S/ 3.03 y S/ 3.29, reflejando un incremento de S/0.26 para cada porcentaje añadido.

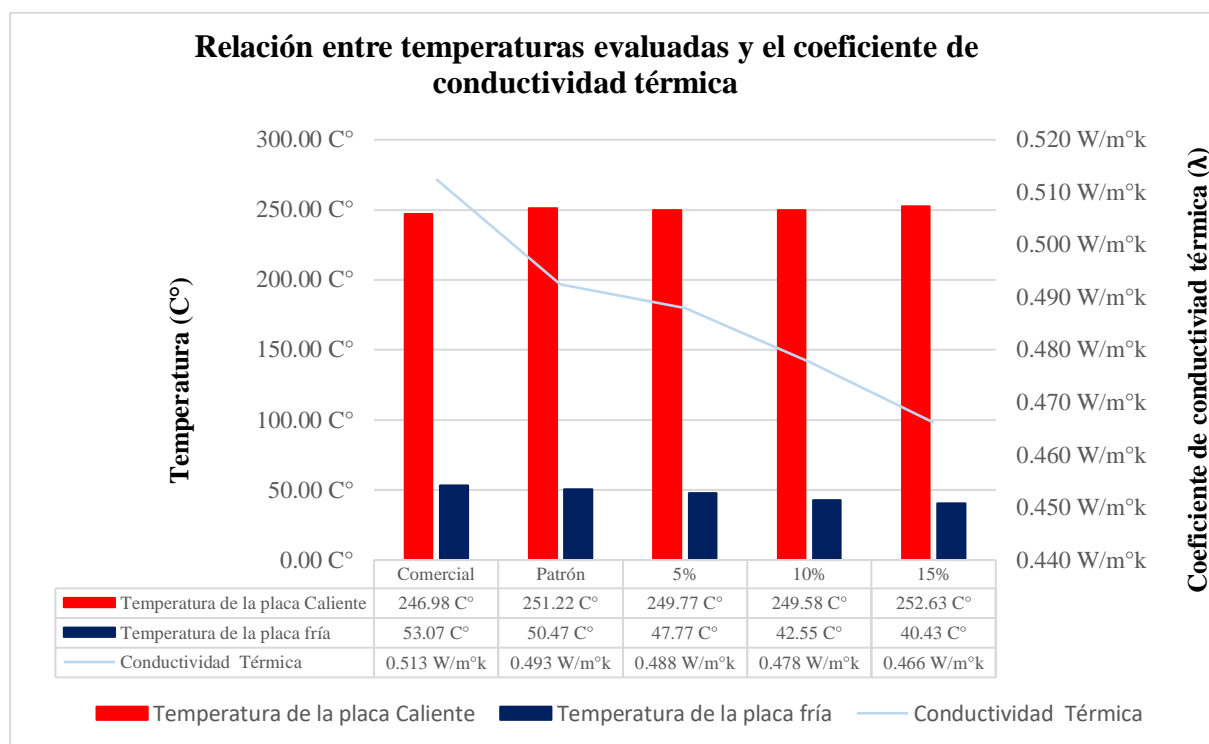
Discusión

Se realizaron una serie de pruebas con el fin de confirmar la hipótesis inicial. A partir de estos ensayos, podemos destacar los siguientes hallazgos.

Coefficiente de conductividad térmica

Después de realizar el ensayo de conductividad térmica siguiendo las directrices de la normativa ASTM C 177-13 [41], se nota una tendencia hacia la reducción del coeficiente de conductividad térmica en función de vermiculita expandida añadida. La mejora más significativa se obtuvo con una adición del 15% , registrando un valor de 0.467 W/m^{°k}, en comparación con los 0.513 W/m^{°k} de la muestra comercial y los 0.493 W/m^{°k} de la muestra estándar. Esto representa una reducción del 9.94% y 5.65% en comparación con la muestra comercial y la muestra sin adición, respectivamente. Estos resultados indican una mejora notable en el aislamiento térmico.

Gráfico 17: Relación entre las temperaturas evaluadas y el coeficiente de conductividad térmica



Fuente: Propia

De acuerdo con un estudio realizado por M. Al-Tarbi [7] , la sustitución del 5% del cemento por vermiculita expandida resultó en una reducción del 52.84% en el coeficiente de conductividad térmica en comparación con una muestra comercial. En otro estudio elaborado

por W. A. Al-Awsh [13], el remplazo del 13% del agregado grueso por vermiculita condujo a una disminución del 16.7% en el coeficiente de conductividad térmica respecto a la muestra patrón. Además, H. A. Mahmoud [15], investigó una sustitución del 25,50, 75 y 100% de agregado grueso por vermiculita, observando reducciones del coeficiente de conductividad térmica del 2.65%, 12.62%, 19.59% y 24.73% respectivamente, comparadas con la muestra patrón.

Propiedades mecánicas de los bloques de concreto

Según la normativa E.070 [20], los bloques portantes deben alcanzar una resistencia mínima a la compresión de 50 kg/cm². En este estudio, se evaluó la resistencia promedio de seis unidades ensayadas para cada porcentaje de adición de vermiculita expandida. Los resultados muestran que al incrementar el porcentaje de vermiculita expandida, la resistencia tiende a disminuir, siendo la mayor reducción del 15.29% con un 15% de adición. Para los porcentajes del 5% y 10%, las reducciones son del 1.59% y 5.58%, respectivamente, en comparación con la resistencia mínima requerida.

Un estudio de M. Al-Tarbi [7] evidenció que al reemplazar el 5% de cemento por vermiculita expandida, la resistencia se redujo en un 18.80% respecto a la muestra de control. Asimismo, W. A. Al-Awsh [13] encontró que sustituir el 13% del agregado grueso por vermiculita resultó en una disminución del 46.69% de la resistencia. Por otro lado, H. A. Mahmoud [15] reportó que al reemplazar 25%,50%,75% y 100% de agregado grueso por vermiculita, las reducciones en resistencia a la compresión fueron del 28.84%,40.42%,60% y 62.74%, respectivamente.

En cuanto a la resistencia a la compresión en primas, la normativa E.070 [20] establece que la resistencia mínima es de 74 kg/cm². En este estudio, se determinó esta resistencia promediando los resultados de tres primas para cada porcentaje de vermiculita expandida. Los datos muestran que, al aumentar el porcentaje de vermiculita expandida la resistencia axial disminuye. La mayor reducción es del 43.54% para un adición del 15%, en comparación con el mínimo establecido por la normativa. Para las adiciones del 5% y 10%, las reducciones fueron del 7.22% y 27.55% respectivamente.

De igual manera, se analizó la resistencia a la compresión diagonal, la cual debe ser de 8.6 kg/cm² según lo establecido en la normativa E.070 [20]. Esta resistencia se determinó promediando los resultados de tres muretes para cada porcentaje de adición. Los resultados nos

indican que, a medida que aumenta el contenido de vermiculita expandida, la resistencia a la compresión diagonal disminuye. La mayor reducción es del 34.44% para una adición del 15%, en comparación con el valor mínimo establecido por normativa. Para las adiciones del 5% y 10%, las reducciones fueron de 10.17% y 21.43% respectivamente.

Reducción de las propiedades mecánicas

La tendencia a disminuir las propiedades mecánicas del concreto al añadir vermiculita expandida se puede atribuir a varias características inherentes de este material. La vermiculita expandida tiene una estructura esponjosa y altamente porosa [48,51], lo que resulta en una menor densidad y rigidez. Esta estructura porosa es menos eficaz en la resistencia a la propagación de grietas, lo que reduce la capacidad de carga del concreto [48].

Otra causa importante es la alta capacidad de absorción que tiene la vermiculita expandida, lo que altera la relación agua-cemento. Esto genera la necesidad de una mayor cantidad de agua para completar la fase de hidratación de la mezcla, lo que resulta en una menor resistencia mecánica del concreto. Además, la estructura laminar y porosa disminuye la capacidad de formar una unión fuerte con la pasta de cemento. Esta pobre adherencia en la interfaz debilita el concreto, reduciendo su capacidad de soportar cargas [50].

Finalmente, la reducción de la densidad del concreto debido a la adición de vermiculita expandida también contribuye a la disminución de sus propiedades mecánicas. La menor densidad se correlaciona directamente con una menor resistencia. [51] .

Variación dimensional y alabeo

La variación dimensional observada en los bloques patrón y aquellos con adiciones de 5%, 10% y 15% de vermiculita expandida mostró cambios mínimos y máximos en las dimensiones específicamente, la variación en la longitud de al menos 0.14% y no más de 0.22%, mientras que en altura fluctuó entre un mínimo de 0.53% y un máximo de 0.93%. En cuanto al ancho, la variación fue de al menos de 0.52% y no excedió el 0.95%

Según los parámetros establecidos en la Norma E.070 [20], nos establece que se permitirá una variación de $\pm 3\%$ para dimensiones menores a 150 mm y $\pm 2\%$ para dimensiones mayores a 150 mm. Por lo tanto, se verifica que las variaciones en longitud, altura y ancho estén dentro de los parámetros aceptados por la normativa correspondiente.

El alabeo observado en los bloques patrón y en aquellos con adiciones de 5%,10% y 15% de vermiculita expandida mostraron variaciones en la superficie cóncava que oscilaron entre un mínimo de 1.15mm y un máximo de 1.80mm. En la superficie convexa, los valores de variaron desde un mínimo de 1.35 mm hasta un máximo de 1.85 mm.

Conforme a los criterios establecidos en la norma E.070 [20], se acepta una variación máxima de 4 mm. Al contrastar estos resultados con los requisitos normativos, se puede afirmar que la fluctuaciones observadas en los bloques cumplen con los parámetros establecidos.

Densidad y absorción

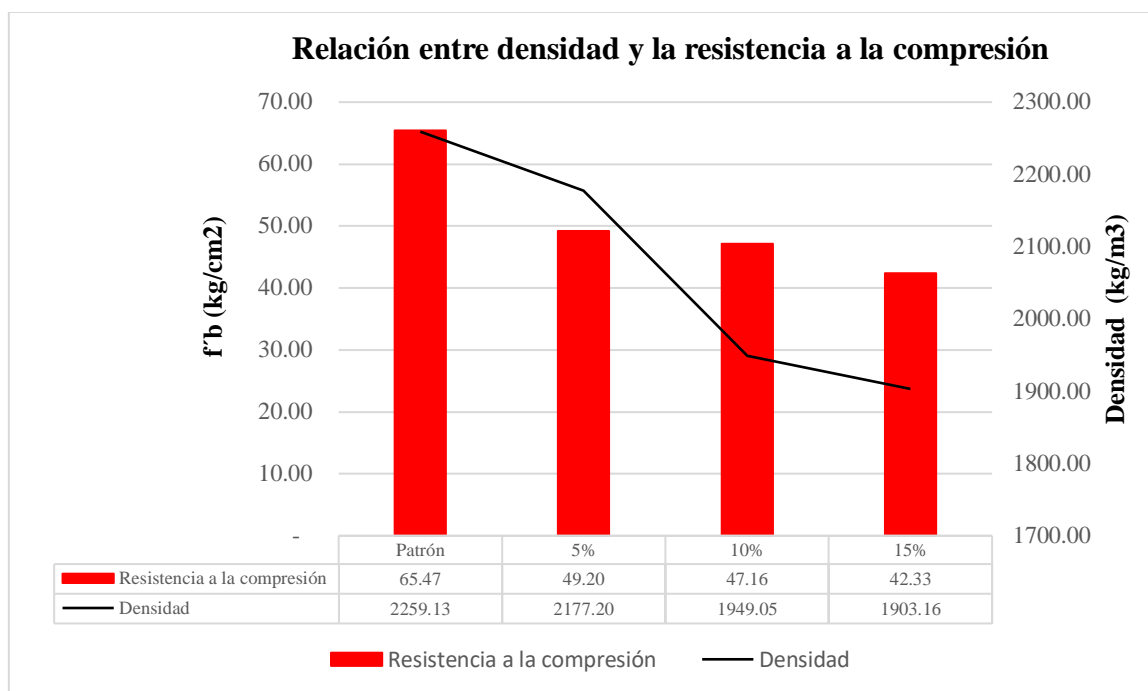
Después de revisar los datos sobre la densidad y absorción de las unidades sin adición y aquellas con adición de V.E; se observó una tendencia a la disminución de la densidad y un incremento de la absorción conforme se aumente el porcentaje de adición de V.E. Los resultados indican una reducción significativa de la densidad, con una disminución del 15.76% cuando se añade un 15% de vermiculita expandida en comparación con la muestra estándar. Asimismo, se observó un aumento máximo en la absorción del 20.43% en relación con la muestra sin adición. Cabe destacar que el valor máximo de absorción registrado fue del 11.79%, cumpliendo con los límites establecidos por la normativa E.070[20].

En un estudio elaborado por M. Al-Tarbi [7], examino una sustitución del 5% del cemento por vermiculita expandida, lo que resulto en un disminución del 5.24% de la densidad y un aumento de 25.93% en la absorción en comparación a su muestra control. Por otro lado, en la investigación realizada por H. A. Mahmoud [15] , se investigó una sustitución del 25,50, 75 y 100% de agregado grueso por vermiculita, lo que arrojó una reducción de la densidad del 9.96%,13.35%,24.49%26.61%, respectivamente en contraste con la muestra control, Además se visualizó un incremento del 62.7%.83.9%,86.3% y 102.4% respectivamente, en absorción.

Relación entre la densidad y la resistencia a la compresión

En el transcurso de este estudio, se ha identificado una relación entre la densidad y la capacidad de compresión de los bloques analizados. Al aumentar el porcentaje de adición de vermiculita expandida, se observa una tendencia a la disminución tanto en la densidad como en la capacidad de compresión. Este efecto es especialmente notable con una adición del 15%, donde la capacidad de compresión se reduce a 42.25 kg/cm² y la densidad a 1903.16 kg/m³, en comparación con los 65.47 kg/cm² de capacidad de compresión y 2259.13 kg/m³ de densidad de la muestra sin adición.

Gráfico 18: Relación entre la densidad y la resistencia a la compresión



Fuente: Propia

Tomando en cuenta una investigación realizada por M. Al-Tarbi [7], se encontró que al sustituir el 5% del cemento por vermiculita expandida, se obtuvo que la capacidad de compresión fue de 5.15 Mpa y una densidad de 1981.57, en contraste con los resultados de la muestra estándar, que fueron de 6.33 Mpa y 2091.15 kg/m³, respectivamente. Por otro lado, en una investigación realizada por W. A. Al-Awsh [13], al reemplazar el 13% del agregado grueso por vermiculita, se obtuvieron valores de 3.87 Mpa y 1855 kg/m³ para la capacidad de compresión y la densidad, mientras que la muestra control alcanzó 7.26 Mpa y 1882 kg/m³, respectivamente.

Análisis de Precios Unitarios

Durante el análisis de costos unitarios, se realizó una comparación económica entre la fabricación de bloques de concreto patrón y aquellos con las adiciones correspondientes de vermiculita expandida. Para la muestra patrón, el costo asciende a S/ 2.51, mientras que para las adiciones de 5%, 10% y 15%, los costos son de S/ 2.77, S/ 3.03 y S/ 3.29, respectivamente. Esto implica una diferencia de S/0.26, S/0.52 y S/0.78 con respecto de la muestra patrón. Según el suplemento técnico de la revista costos correspondiente al mes de octubre del 2023, fecha donde se elaboraron las muestras de nuestra investigación, el costo por unidad es de S/ 1.47, lo que representa una discrepancia de S/ 1.04 en comparación con la muestra patrón. Esta

disparidad se explica por tratarse de costos asociados a una producción industrializada, lo que conlleva a una reducción de costos en este contexto.

Conclusiones

- ✓ El diseño de mezcla obtenido para la elaboración de bloques de concreto patrón, cuya resistencia de diseño fue de 50 kg/cm^2 , consistió en una proporción de 5.80:0.61:0.54/212.5 litros por m^3 . Además para las adiciones de 5%, 10% y 15% de vermiculita expandida, se mantuvo la misma proporción de mezcla, variando únicamente en la cantidad añadida de vermiculita expandida: 9.65 kg, 19.31 kg y 28.96 kg, correspondientemente.
- ✓ Tras realizar y analizar los resultados del ensayo de conductividad térmica, se concluyó que un aumento en el porcentaje de vermiculita expandida reduce el coeficiente de conductividad térmica. Los datos muestran que, mientras que la muestra comercial y la muestra patrón registran coeficientes de conductividad térmica de $0.513 \text{ W/m}^\circ\text{k}$ y $0.494 \text{ W/m}^\circ\text{k}$, respectivamente, las adiciones de vermiculita expandida del 5%, 10% y 15% resultaron en coeficientes de $0.488 \text{ W/m}^\circ\text{k}$, $0.478 \text{ W/m}^\circ\text{k}$, y $0.466 \text{ W/m}^\circ\text{k}$, respectivamente. Esto indica que la vermiculita expandida contribuye efectivamente a la reducción de la transmisión térmica a través del material.
- ✓ En relación con la resistencia a la compresión, se observó que la muestra sin adición alcanzó una resistencia de 65.47 kg/cm^2 . Las adiciones de 5%, 10% y 15% de vermiculita expandida resultaron en resistencias de 49.20 kg/cm^2 , 47.16 kg/cm^2 y 42.33 kg/cm^2 , respectivamente. Se concluye que a medida que aumenta el porcentaje de vermiculita expandida, la resistencia a la compresión disminuye proporcionalmente.
- ✓ En relación a la variación dimensional y alabeo de las muestras sin adición y aquellas con adiciones de 5%, 10% y 15% de vermiculita expandida, se obtuvo que la variación máxima con respecto a la longitud fue de 0.22%, a la altura fue de 0.93%, y al ancho fue de 0.95%. Respecto al alabeo, se registraron valores máximo de 1.80 mm en la superficie cóncava y de 1.85 mm en la superficie convexa. Por consiguiente, se puede concluir que los resultados obtenidos en términos de variación dimensional y alabeo cumplen con los límites establecidos en la normativa E.070.
- ✓ Los bloques de concreto que incorporan vermiculita expandida, en proporciones del 5%, 10% y 15%, exhiben una reducción en su densidad del 3.63%, 13.73% y 15.76%,

respectivamente, en comparación con la muestra sin adición. Por lo tanto, se puede concluir que a medida que se incrementa el contenido de vermiculita expandida, la densidad disminuye proporcionalmente.

- ✓ Se observó que la resistencia a la compresión axial en pilas alcanzó un valor de 92.25 kg/ cm² para la muestra sin adición. En contraste, las muestras con adiciones del 5%,10% y 15% de vermiculita expandida registraron valores de 69.07 kg/ cm², 53.93 kg/ cm² y 42.03 kg/ cm², respectivamente. Respecto a la resistencia a la compresión diagonal, la muestra sin adición obtuvo un valor de 8.49 kg/cm² mientras que las muestras con adiciones del 5%,10% y 15% de vermiculita expandida presentaron valores de 7.33 kg/cm²,6.41 kg/cm² y 5.35 kg/cm², respectivamente. En síntesis, se concluye que a medida que aumenta el porcentaje de vermiculita expandida, la resistencia a la compresión en pilas y en muretes de vera más afectada, disminuyendo proporcionalmente.
- ✓ Después de analizar los costos unitarios, se evidencia un incremento en los costos de producción partiendo del bloque sin adición, que tiene un precio de S /2.51, hacia los bloques con adiciones de vermiculita expandida del 5%,10% y 15%, cuyos precios son de S /2.77, S /3.03 y S /3.29, respectivamente. En conclusión, existe un incremento proporcional de S /0.26 por cada adición correspondiente.
- ✓ Tras evaluar los resultados de los ensayos, se concluye que la hipótesis planteada, la cual sugería que “los bloques de concreto con adición de vermiculita expandida logran mejorar el coeficiente de conductividad térmica y que además logran cumplir con las exigencias físico-mecánicas para bloques portantes”, es solo parcialmente correcta. Si bien se evidencio una mejora en el coeficiente de conductividad térmica y se logra cumplir con la exigencias físicas estipuladas por la normativa, las propiedades mecánicas se vieron afectadas, no cumpliendo con los requisitos establecidos en los estándares normativos para bloques portantes.

Recomendaciones

- ✓ Si se requiere emplear el aparato de placa caliente para medir el coeficiente de conductividad térmica en otras unidades de albañilería, será necesario ajustar las dimensiones de la placa de acuerdo a las dimensiones de la unidad a ensayar.
- ✓ Tomando como referencia esta investigación, se recomienda encontrar una proporción óptima que permita una disminución del coeficiente de conductividad térmica mientras que la resistencia a la compresión cumpla con los parámetros mínimo-establecidos en la normativa.
- ✓ Para obtener un análisis más completo con los costos y beneficios, se sugiere un software especializado que permita examinar las variaciones obtenidas en los parámetros de densidad y coeficiente de conductividad térmica en situaciones reales.

Referencias Bibliográficas

- [1] A. Ustaoglu, K. Kurtoglu, O. Gencel, y F. Kocyigit, «Impact of a low thermal conductive lightweight concrete in building: Energy and fuel performance evaluation for different climate region», *J Environ Manage*, vol. 268, ago. 2020, doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110732.
- [2] NORMA TECNICA, «NORMA EM.110 CONFORT TÉRMICO Y LUMÍNICO CON EFICIENCIA ENERGÉTICA», 2016.
- [3] «Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), “Summary for Policymakers,” in Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change», en *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis*, Cambridge University Press, 2023, pp. 3-32. doi: 10.1017/9781009157896.001.
- [4] S. Bitar, «GESTIÓN PÚBLICA Las tendencias mundiales y el futuro de América Latina», 2014, Accedido: 20 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11362/35890.1>
- [5] D. General *et al.*, «Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2023», 2023.
- [6] A. Llacza Rodríguez y D. Acuña, «Escenarios climáticos al 2050 en el Perú: Cambios en el clima promedio». [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1470>
- [7] S. M. Al-Tarbi, O. S. Baghabra Al-Amoudi, M. A. Al-Osta, W. A. Al-Awsh, M. Shameem, y M. Sharif Zami, «Development of energy-efficient hollow concrete blocks using perlite, vermiculite, volcanic scoria, and expanded polystyrene», *Constr Build Mater*, vol. 371, mar. 2023, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2023.130723.
- [8] M. Wieser Rey, «CONSIDERACIONES BIOCLIMÁTICAS EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO: EL CASO PERUANO», 2011. [En línea]. Disponible en: <http://ciac.pucp.edu.pe/>
- [9] M. P. Cano, «AISLANTES TÉRMICOS. CRITERIOS DE SELECCIÓN POR REQUISITOS ENERGETICOS», 2010.
- [10] Cirila Gutiérrez Espino, «Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares.», 2018.

- [11] M. I. ALEGRÍA PAVÉZ, «INNOVAR EN EL DESARROLLO DE UN BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE VERMICULITA PARA MEJORAR SU RESISTENCIA TERMICA, LOGRANDO SER UTILIZADO EN ZONA TERMICA N°4», 2018. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11673/46037>
- [12] J. Liu *et al.*, «Physical and mechanical properties of expanded vermiculite (EV) embedded foam concrete subjected to elevated temperatures», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 16, jun. 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01038.
- [13] W. A. Al-Awsh, O. S. Baghabra Al-Amoudi, M. A. Al-Osta, A. Ahmad, y T. A. Saleh, «Experimental assessment of the thermal and mechanical performance of insulated concrete blocks», *J Clean Prod*, vol. 283, feb. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124624.
- [14] N. Ganasen, A. Bahrami, y K. Loganathan, «Experimental investigation and optimization of lightweight concrete bricks developed using vermiculite», *Front Mater*, vol. 10, 2023, doi: 10.3389/fmats.2023.1117138.
- [15] H. A. Mahmoud, T. A. Tawfik, M. M. Abd El-razik, y A. S. Faried, «Mechanical and acoustic absorption properties of lightweight fly ash/slag-based geopolymer concrete with various aggregates», *Ceram Int*, vol. 49, n.º 13, pp. 21142-21154, jul. 2023, doi: 10.1016/j.ceramint.2023.03.244.
- [16] A. Ustaoglu, K. Kurtoglu, O. Gencel, y F. Kocyigit, «Impact of a low thermal conductive lightweight concrete in building: Energy and fuel performance evaluation for different climate region», *J Environ Manage*, vol. 268, ago. 2020, doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110732.
- [17] J. C. Paulino Fierro y R. A. Espino Almeyda, «Análisis comparativo de la utilización del concreto simple y el concreto liviano con perlitas de poliestireno como aislante térmico y acústico aplicado a unidades de albañilería en el Perú», 2017.
- [18] M. J. Caspino Jara y A. cecilia Serrano Quintanilla, «EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO SUSTITUYENDO EL CONFITILLO POR POLIESTIRENO EXPANDIDO TIPO PERLA», 2020.

- [19] H. Gallegos y C. Casabonne, «ALBANILERIA ESTRUCTURAL», 2005.
- [20] «NORMA E.070», 2006. [En línea]. Disponible en: www.construccion.org
- [21] J. Arrieta Freyre y E. Peñaherrera Deza, «FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO CON UNA MESA VIBRADORA», Lima, 2001.
- [22] «NTP 400.006 Bloques Huecos de concreto para muros y tabiques-Medidas Modulares», *INACAL*, 2016.
- [23] Á. San Bartolomé, D. Quiun, y W. Silva, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES DE ALBAÑILERÍA Segunda edición», 2018.
- [24] «NTP 334.009 Cemento Pórtland-Requisitos», *INACAL*, 2016.
- [25] «NTP 339.088 Agua de mezcla utilizada en la producción de cemento Pórtland-Requisitos», *INACAL*, 2019.
- [26] F. Abanto Castillo, «TECNOLOGIA DEL CONCRETO (TEORIA Y PROBLEMAS)», Lima, 2009.
- [27] D. Sánchez de Guzman, «Tecnología del concreto y del mortero», *Biblioteca de la construcción*.
- [28] «NTP 400.037 Agregados para concreto-requisitos», 2018. [En línea]. Disponible en: www.inacal.gob.pe
- [29] T. V. Esquerdo Lloret, «DESARROLLO DE MODELOS DE COMPORTAMIENTO ACÚSTICO Y CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DE MATERIALES ELABORADOS CON ALIGERANTES PARA LA CONSTRUCCIÓN. APLICACIÓN A SISTEMAS DE CONTROL DE RUIDO», 2015.
- [30] F. J. Castellón Guillén, «EXPOSICIÓN A FUEGO Y CARACTERIZACIÓN DE REVESTIMIENTOS DE YESO CONVENCIONALES Y REVESTIMIENTOS DE YESO DESARROLLADOS CON RESIDUOS», 2021.
- [31] P. Jiménez Madrid, «COMPORTAMIENTO DEL HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA FRENTE AL FUEGO», 2013. Accedido: 28 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10317/3795>
- [32] INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO-ICPC, «FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO», BOGOTAZyxwvutsrqponmlkjihgfedcbaZYXWVUTSR, 1999.

- [33] *NTP 399.604 UNIDADES DE ALBAÑILERIA Métodos de muestreo y ensayos de unidades de albañilería de concreto*. 2022.
- [34] INACAL, «NTP 399.600-UNIDADES DE ALBAÑILERÍA-bloques de concreto para uso no estructural», 2017.
- [35] Yunus A. ÇENGEL y AFSHIN J. GHAJAR, «Transferencia de calor y masa», 2011.
- [36] R. Sastre Sastre y F. Muñoz Salinas, «PROPIEDADES DE LOS MATERIALES Y ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN», 2010.
- [37] R. Camino Quispe y R. Camino Quispe, «EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL LADRILLO KING-KONG 18 HUECOS ADICIONADO CON PUZOLANA DE LA CANTERA RAQCHI EN DIFERENTES PORCENTAJES, CON RESPECTO A UN LADRILLO TRADICIONAL», 2017.
- [38] INTERNATIONAL STANDARD, «ISO 7730 Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria», 2005.
- [39] INDECOPI, «NTP 399.605- UNIDADES DE ALBAÑILERIA- Resistencia a la compresión de primas de albañilería», 2013.
- [40] INDECOPI, «NTP 399.621 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA-Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería», 2004.
- [41] «ASTM-C177-13 Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus».
- [42] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, y P. Baptista Lucio, «METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN», *McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.*, 2014.
- [43] INDECOPI, «NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global», 2001.
- [44] INDECOPI, «NTP 400.022 AGREGADOS. Método para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino», 2013.

- [45] INDECOPI, «NTP 400.021 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso», 2013.
- [46] INDECOPI, «NTP 339.185 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido humedad total evaporable de agregados por secado», 2002.
- [47] INDECOPI, «NTP 400.017-2011 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados», 2011.
- [48] F. Koksal, E. Mutluay, and O. Gencil, “Characteristics of isolation mortars produced with expanded vermiculite and waste expanded polystyrene,” *Constr Build Mater*, vol. 236, p. 117789, Mar. 2020, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.117789.
- [49] K. H. Mo, H. J. Lee, M. Y. J. Liu, and T. C. Ling, “Incorporation of expanded vermiculite lightweight aggregate in cement mortar,” *Constr Build Mater*, vol. 179, pp. 302–306, Aug. 2018, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2018.05.219.
- [50] A. Benli, M. Karatas, and H. Anil Toprak, “Mechanical characteristics of self-compacting mortars with raw and expanded vermiculite as partial cement replacement at elevated temperatures,” *Constr Build Mater*, vol. 239, p. 117895, Apr. 2020, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.117895.
- [51] M. Karatas, A. Benli, and H. A. Toprak, “Effect of incorporation of raw vermiculite as partial sand replacement on the properties of self-compacting mortars at elevated temperature,” *Constr Build Mater*, vol. 221, pp. 163–176, oct. 2019, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.06.077.

Anexos

Anexo 1: Ficha Técnica de la vermiculita expandida



FICHA TÉCNICA

VERMITEK

Vermiculita agrícola

Revisado: 16/08/2022

IMPORTANCIA:

La vermiculita agrícola *VERMITEK* ofrece una alta absorción y retención de agua, incluyendo el intercambio de cationes. Proporciona las mejores condiciones para el rápido crecimiento de raíces fuertes y saludables, homogeniza el crecimiento y se obtiene plantas de alto rendimiento.

DESCRIPCIÓN:

Es un mineral micáceo que comprende de silicatos de aluminio hidratados de magnesio y hierro que, sometido a temperaturas entre 650-1050°C, se expande hasta 4 veces su volumen. Es resistente a los agentes de descomposición, no se modifican por la exposición al aire o humedad. Provee de una excelente ventilación al sustrato y buen drenaje.

APLICACIONES:

En la horticultura, jardinería, semi leñosas o arbóreas. Puede mezclarse con fibra de coco, turba, humus, etc.

CARACTERÍSTICAS		DETALLES			MÉTODO DE PRUEBA
Procedencia		BRASIL			
Composición química	SiO ₂	30-45%		Fusión con piro sulfito de potasio y determinación por EAA	
	Al ₂ O ₃	5-15%			
	Fe ₂ O ₃	4-17%			
	TiO	Max 2%			
	CaO	0-1.5%			
	MgO	15-30%			
	NaO	1-1.5%			
	K ₂ O	0-0.4%			
Apariencia	Gránulos en estado sólido, de color beage a dorado.				
Densidad aparente (kg/m ³)	Super-fino	Fino	Medio	TVA 107-99	
	100- 140	90-130	90-110		
Humedad límite a 110°C	Max. 8%			TVA 114-00	
Granulometría	Tamices (mm)	% Retenido simples			TVA 105-99
	Promedio	0.3- 1.2 mm	0.3- 2.4 mm	0.3- 4.0 mm	
	8.0	0	0	0-1	
	4.0	0	0-1	5-30	
	2.4	0-1	8-30	40-65	
	1.2	20-60	45-75	10-35	
	0.6	35-65	5-30	1-10	
	0.3	5-18	1-10	1-5	
	<0.3/ 0.15	1-5	1-5	0.5	
<0.15	0-3	0-3	-		
pH	7				
Salinidad	No salino				
Solubilidad	No soluble en disolventes orgánicos.				
Presencia de asbestos	No presenta asbestos				
Perdida de ignición	Max. 10% de su peso				
Combustibilidad	Incombustible				
Presentación	Saco 100L				

* EAA: Espectroscopia por Absorción Atómica.

Recomendaciones: Esta información se suministra de buena fe, es precisa y confiable según mejor conocimiento, pero debe considerarse solo como una guía en la selección del producto no como garantía de funcionamiento.

MARUPLAST INTERNACIONAL EIRLTDA
Departamento Técnico

Anexo 2 : *Peso Específico de la vermiculita expandida*



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Pimentel – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

INFORME

Solicitud de Ensayo : **2821A-23/ LEMS W&C**
Solicitante : Prado Guevara Cristopher

Proyecto / Obra : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de Apertura : Miércoles, 20 de setiembre del 2023
Inicio de ensayo : Miércoles, 23 de setiembre del 2023
Fin de ensayo : Miércoles, 26 de setiembre del 2023

NORMA : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : N.T.P. 334.005-2011

INSTRUMENTOS : Botella de Le Chatelier
Termómetro digital
Balanza digital

MATERIAL : Vermiculita Expandida

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm ³)	0.315
-----------------------------	-----------------------	-------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- El líquido utilizado es Kerosene.
- Se realizó ciclos de baño maría con agua regulada a temperatura de 20°C .
- La lectura inicial se tomó luego de estabilizar el volumen del líquido .


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Anexo 3: Ficha Técnica de Termómetro Digital TM-902C

TM-902C

Termómetro para termocuplas tipo K

Rango de -50 a 1300°C

 kusitest




 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica del Perú
 Facultad de Ingeniería

Especificaciones:

- Lee todas las termocuplas tipo K
- Bajo consumo
- Pantalla LCD
- Resistente y durable
- Alta precisión
- Rango de medición: -50°C a 1300°C
- Resolución: 0.1°C
- Precisión:
- 0°C a 500°C: +(0.75%+1°C)
- 500°C a 750°C: +(1%+1°C)
- 0°C a 20°C: +2°C
- -20°C a -40°C: +3°C
- -40°C a -50°C: +4°C
- Temperatura de trabajo: 0 a 50°C
- Temperatura de almacenamiento: -30°C a 60°C
- Humedad: 80%RH
- Fuente de poder: 2 x AAA (Incluidas)
- Dimensiones: 24 x 72 x 108 mm



Incluye:

- 1 x Termómetro
- 1 x Termocupla de hilo K -50 a 250°C



Kusitest S.A.C.

ventas@kusitest.pe / 941 265 845 / Fijo: 968 329 426

www.kusitest.pe

Anexo 4: Certificado de calibración de Termómetro Digital TM-902C-TM-01



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.: 000740169


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 | |
| Precedencia : 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

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



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.



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 SEGUN ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LTA-0167-2024

N°.Id.: 0000740169

Página 2 de 2

7. Condiciones de calibración

	Inicio	Final
Temperatura ambiental (°C):	22,5	23,0
Humedad relativa (% h.r.):	44,6	55,0

Tiempo de estabilización : 10 min

Profundidad de inmersión : 30 cm

8. Resultados de la calibración

Indicación del termómetro	Temperatura convencionalment e verdadera	Corrección	Incertidumbre
101,4	100,00	-1,40	0,25
155,8	150,02	-5,78	0,25
202,9	200,03	-2,87	0,25

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:
TCV = Indicación del termómetro + corrección

9. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO N°: IM-04760.
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- (**) El código del sensor fue asignado por el laboratorio.

FIN DEL DOCUMENTO



Henry
Rivadeneira
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

Anexo 5: Certificado de calibración de Termómetro Digital TM-902C-TM-02



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 : HOB RAMA S.A.C

Dirección : CAL. MARISCAL DOMINGO NIETO NRO. 480 INT. L-11
CERCADO DE CHICLAYO LAMBAYEQUE - CHICLAYO2. 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.

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAAT
USAT
Universidad Católica
Luzern - Facultad de Ingeniería

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

Brián Juan Espejo Campos
Responsable de laboratorio



SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista - Callao
Tel.: (+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-0168-2024

N°.Id.: 0000740170

Página 2 de 2

7. Condiciones de calibración

	Inicio	Final
Temperatura ambiental (°C):	22,5	23,0
Humedad relativa (% h.r.):	44,6	55,0

Tiempo de estabilización : 10 min

Profundidad de inmersión : 30 cm

8. Resultados de la calibración

Indicación del termómetro	Temperatura convencionalmente verdadera	Corrección	Incertidumbre
100,0	100,00	0,00	0,21
149,9	150,02	0,12	0,21
201,1	200,03	-1,07	0,22

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:

$$TCV = \text{Indicación del termómetro} + \text{corrección}$$

9. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO N°: IM-04761.
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- (**) El código del sensor fue asignado por el laboratorio.

FIN DEL DOCUMENTO


 Henry Rivadeneyra 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

Anexo 6: Hoja técnica del bloque comercial utilizada para la comparación de conductividad térmica.

**FICHA TECNICA Y CERTIFICADO DE CALIDAD
LADRILLO CONCRETO**



IDEAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALBAÑILERÍA ARMADA



TIPO DE UNIDAD	Bloque de concreto definido como unidad hueca o perforada para albañilería armada: sistema constructivo en el cual el refuerzo de acero se coloca dentro de los alvéolos de los bloques.					
USOS	Muros portantes en general, cercos, tabiques y parapetos puede ser usado en su forma de acabado cara- vista o por lo contrario si se requiere el tarrajeo (enlucido) este sería de espesor mínimo, dada la uniformidad dimensional de la unidad y su rugosidad aparente.					
VENTAJAS	Menos consumo de mortero de asentado y de tarrajeo o enlucido.					
SERIE		M09	M12	M14	M19	Norma de Referencia
DIMENSIONES	ANCHO (CM)	9	12	14	19	NTP 399.604
	ALTO (CM)	19 CM				NTP 399.604
	LARGO (CM)	39 CM				NTP 399.604
PESO DE LA UNIDAD	KG.	9	12	14	17	NTP 399.604
RESISTENCIA A LA COMPRESION	Kg/Cm2 DEL AREA BRUTA	70.5	71.2	71.3	71.5	NTP 399.604
NIVEL DE ABSORCION	PESO SECO	<12%	<14%	<14%	<14%	NTP 399.604
RENDIMIENTO		12.5 Unid/m2				NTP 399.604
COLORES		GRIS				NTP 399.604

Anexo 7: Validación de ensayos de laboratorio



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

INFORME N° LEM USAT 006-2024-I

FECHA: 17 de Mayo 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Prado Guevara Cristopher

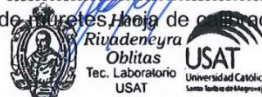
TITULO DE LA TESIS: Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida

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:

- Granulometría
- Peso Unitario
- Contenido de humedad
- Peso específico
- Resistencia a la compresión
- Variación dimensional y alabeo
- Densidad y Absorción
- Resistencia a la compresión en Pilas (Laboratorio LEMS W&C)
- Resistencia a la compresión diagonal en Muretes (Laboratorio LEMS W&C)
- Conductividad térmica

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Certificados de ensayos de laboratorio de la USAT, certificado de ensayo de laboratorio del laboratorio LEMS W&C, constancia de realización de ensayos en laboratorio LEMS W&C, hoja de calibración de prensa de muretes, hoja de calibración de termómetros digital TM-902C, Panel Fotográfico.



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

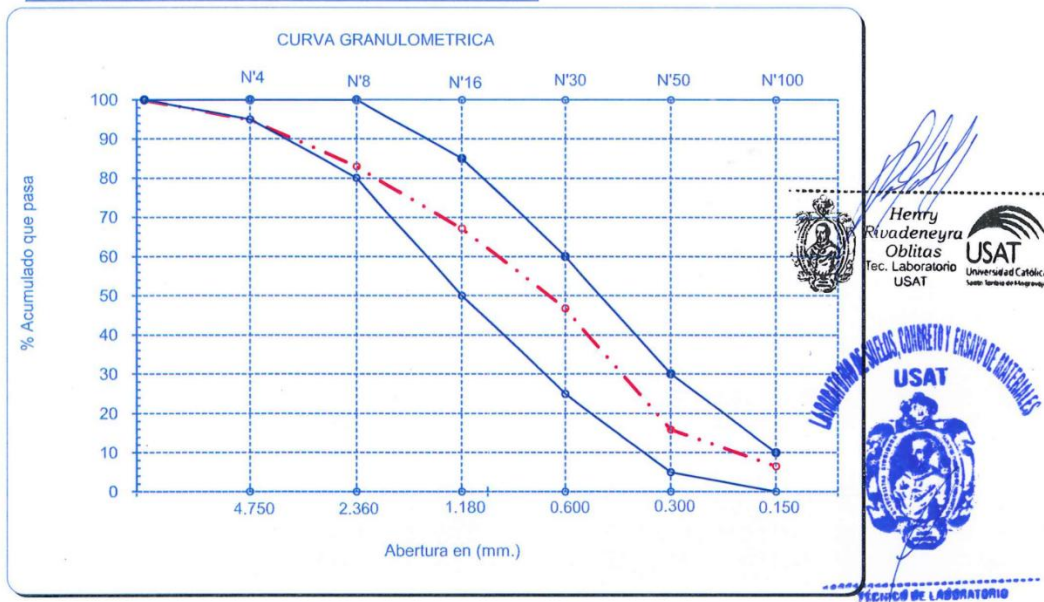


Tesista : Prado Guevara Christopher
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-136 6 N.T.P. 400.012

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.
P. Inicial S. 535.17

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	27.15	5.1	5.1	94.9	95	100
Nº 08	2.360	63.75	11.9	17.0	83.0	80	100
Nº 16	1.180	84.45	15.8	32.8	67.2	50	85
Nº 30	0.600	109.12	20.4	53.2	46.8	25	60
Nº 50	0.300	165.34	30.9	84.0	16.0	5	30
Nº 100	0.150	50.13	9.4	93.4	6.6	0	10
Nº 200	0.075	32.02	6.0	99.4	0.6	0	3
Fondo		3.21	0.6	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.85			
Abertura de malla de referencia				9.500			



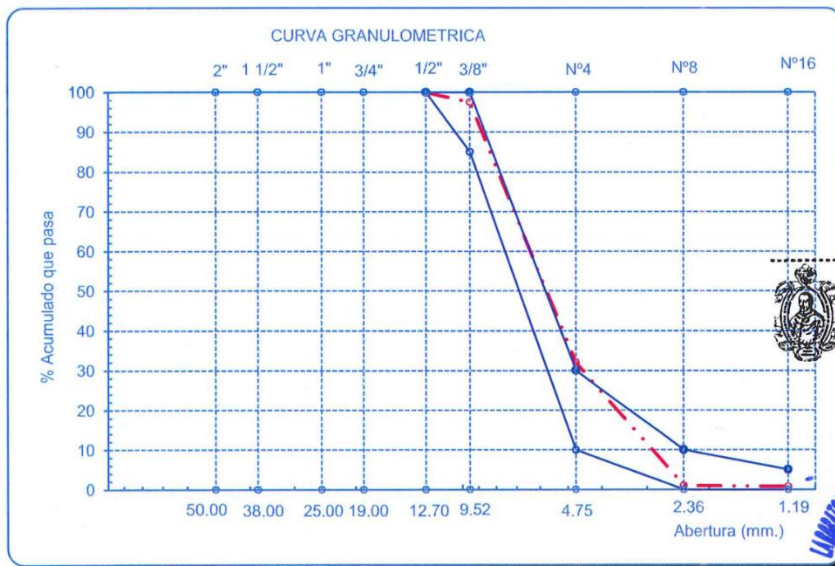
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERILES



Tesista : Prado Guevara Christopher
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 17 de Mayo del 2024
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 6 N.T.P. 400.012

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo. **P. Inicial H.** 1000 **% de Humedad =** 0.00
P. Inicial S. 1000

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones USO 56	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.70	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.52	24.2	2.4	2.4	97.6	85.0	100.0
Nº 04	4.75	655.4	65.5	68.0	32.0	10.0	30.0
Nº 08	2.36	309.3	30.9	98.9	1.1	0.0	10.0
Nº 16	1.19	2.7	0.3	99.2	0.8	0.0	5.0
Fondo		8.4	0.8	100.0	0.0		
Tamaño Maximo			1/2"	38.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/8"	25.00			



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Prado Guevara Christopher
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Canetra : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8980	8970
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8980	8970
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00530	0.00530
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1694	1692
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1693.40	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9969	9957
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		9969	9957
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00530	0.00530
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1881	1879
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1880	


 Henry Ribadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT




UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Prado Guevara Cristopher
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7300	7270
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7300	7270
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00530	0.00530
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1377	1372
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1375	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8680	8676
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8680.0	8676.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00530	0.00530
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1638	1637
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1637	



Henry
Rivas Obilias
Tec. Laboratorio
USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista Prado Guevara Cristopher
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

Fecha de emisión Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + P _i	(g)	950.0	950.0
2.- Pest Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	642.8	642.8
3.- Peso del Agua	(g)	307.2	307.2
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasc	(g)	639.25	639.25
5.- Peso del Frasco	(g)	140	140
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	499	499
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.59
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.59
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.60
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.71

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021


Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra sat sup sec	(g)	500.00	500.00
2.- Peso del Agreg. Seco+ Peso Matraz + Peso agua	(g)	954.00	955.00
3.- Peso de Agre, Sup Seco + Peso frasco	(g)	642.20	642.20
4.- Peso de agua	(g)	311.80	311.90
5.- Peso del Matraz	(g)	142.20	142.20
6.- Peso del confitillo seco al horno	(g)	494.00	494.00
7.- Peso del confitillo al horno+ Peso de la tara	(g)	562.60	562.60
8- Peso de la tara	(g)	68.80	68.80
Volumen del matraz		500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.62
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.66
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.71
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.21


Henry Rivasdeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista Prado Guevara Christopher
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1000.12	1000.12
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	994	994
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.62	0.62
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.62	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1000	1000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	994	994
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.60	0.60
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.60	

Observaciones :


 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesisla : Prado Guevara Cristopher
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
Fecha : Chiclayo 18 de Mayo 2024

ENSAYO CONDUCTIVIDAD TÉRMICA
REFERENCIA ASTM-C177-13

Conductividad Térmica-Bloque Comercial								
Datos del ensayo	Und	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Potencia de energía eléctrica (pot)	W	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	
Altura del Bloque (H)	m	0.180	0.181	0.182	0.180	0.182	0.181	
Largo del Bloque (L)	m	0.390	0.391	0.390	0.390	0.391	0.39	
Ancho del Bloque (A)	m	0.117	0.117	0.118	0.118	0.117	0.116	
Área del Bloque	m ²	0.070	0.071	0.071	0.070	0.071	0.071	
Temperatura de la Placa Caliente	°C	246.00	247.40	243.90	253.00	247.60	244.00	
Temperatura de la Placa Caliente	°K	519.15	520.55	517.05	526.15	520.75	517.15	
Temperatura de la Placa Fría	°C	55.00	54.90	50.60	52.50	54.80	50.60	
Temperatura de la Placa Fría	°K	328.15	328.05	323.75	325.65	327.95	323.75	
Conductividad Térmica (λ)	W/m ² k	0.521	0.513	0.516	0.503	0.512	0.510	
Promedio	W/m ² k	0.513						

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesis : Prado Guevara Cristopher
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
Fecha : Chiclayo 18 de Mayo 202

ENSAYO CONDUCTIVIDAD TÉRMICA
REFERENCIA ASTM-C177-13

Conductividad Térmica-Bloque Patron							
Datos del ensayo	Und	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Potencia de energía eléctrica (pot)	W	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Altura del Bloque (H)	m	0.183	0.179	0.182	0.18	0.183	0.184
Largo del Bloque (L)	m	0.390	0.391	0.390	0.390	0.392	0.391
Ancho del Bloque (A)	m	0.117	0.117	0.120	0.118	0.116	0.115
Área del Bloque	m ²	0.071	0.070	0.071	0.070	0.072	0.072
Temperatura de la Placa Caliente	°C	252.10	252.80	249.30	251.10	249.20	252.80
Temperatura de la Placa Fría	°K	525.25	525.95	522.45	524.25	522.35	525.95
Temperatura de la Placa Fría	°C	50.40	50.70	50.10	50.30	50.20	51.10
Temperatura de la Placa Fría	°K	323.55	323.85	323.25	323.45	323.35	324.25
Conductividad Térmica (λ)	W/m ² ·K	0.489	0.494	0.507	0.502	0.488	0.475
Promedio	W/m ² ·K	0.493					

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Prado Guevara Cristopher
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Región de Lambayeque
Fecha : Chiclayo 18 de Mayo 202

ENSAYO CONDUCTIVIDAD TÉRMICA
REFERENCIA ASTM-C177-13

Conductividad Térmica-Bloque Adicionado 5% de V.E								
Datos del ensayo	Und	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Potencia de energía eléctrica (pot)	W	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	
Altura del Bloque (H)	m	0.180	0.180	0.181	0.183	0.183	0.182	
Largo del Bloque (L)	m	0.391	0.390	0.392	0.390	0.390	0.391	
Ancho del Bloque (A)	m	0.118	0.116	0.115	0.117	0.116	0.116	
Área del Bloque	m ²	0.071	0.070	0.071	0.071	0.071	0.071	
Temperatura de la Placa Caliente	°C	251.10	250.40	250.80	247.90	249.20	249.20	
Temperatura de la Placa Caliente	°K	524.25	523.55	523.95	521.05	522.35	522.35	
Temperatura de la Placa Fría	°C	47.50	47.90	47.30	47.90	48.00	47.90	
Temperatura de la Placa Fría	°K	320.65	321.05	320.45	321.05	321.15	321.05	
Conductividad Térmica (λ)	W/m ² °k	0.487	0.498	0.478	0.493	0.486	0.486	
Promedio	W/m ² °k	0.488						

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Prado Guevara Christopher
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
Fecha : Chiclayo 18 de Mayo 202

ENSAYO CONDUCTIVIDAD TÉRMICA
REFERENCIA ASTM-C177-13

Conductividad Térmica-Bloque Adicionado 10% de V.E								
Datos del ensayo	Und	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Potencia de energía eléctrica (pot)	W	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	
Altura del Bloque (H)	m	0.1825	0.179	0.182	0.18	0.183	0.184	
Largo del Bloque (L)	m	0.390	0.391	0.390	0.390	0.392	0.391	
Ancho del Bloque (A)	m	0.117	0.1165	0.1195	0.118	0.116	0.115	
Área del Bloque	m ²	0.071	0.070	0.071	0.070	0.072	0.072	
Temperatura de la Placa Caliente	°C	249.20	249.00	249.40	250.40	250.20	249.30	
Temperatura de la Placa Caliente	*K	522.35	522.15	522.55	523.55	523.35	522.45	
Temperatura de la Placa Fría	°C	43.20	42.80	42.80	42.00	42.40	42.10	
Temperatura de la Placa Fría	*K	316.35	315.95	315.95	315.15	315.55	315.25	
Conductividad Térmica (λ)	W/m ² *k	0.479	0.484	0.489	0.484	0.467	0.463	
Promedio	W/m ² *k	0.478						

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


Henry Rivadeneyra Obilias
Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Prado Guevara Cristopher
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
Fecha : Chiclayo 18 de Mayo 202

ENSAYO CONDUCTIVIDAD TÉRMICA
REFERENCIA ASTM-C177-13

Conductividad Térmica-Bloque Adicionando 15% de V.E							
Datos del ensayo	Und	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Potencia de energía eléctrica (pot)	W	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Altura del Bloque (H)	m	0.1825	0.179	0.182	0.18	0.183	0.184
Largo del Bloque (L)	m	0.390	0.391	0.390	0.390	0.392	0.391
Ancho del Bloque (A)	m	0.117	0.1165	0.1195	0.118	0.116	0.115
Área del Bloque	m ²	0.071	0.070	0.071	0.070	0.072	0.072
Temperatura de la Placa Caliente	°C	251.40	256.20	253.80	254.20	250.00	250.20
Temperatura de la Placa Caliente	°K	524.55	529.35	526.95	527.35	523.15	523.35
Temperatura de la Placa Fría	°C	38.70	41.30	41.50	41.70	38.20	41.20
Temperatura de la Placa Fría	°K	311.85	314.45	314.65	314.85	311.35	314.35
Conductividad Térmica (k)	W/m²°K	0.464	0.465	0.476	0.475	0.458	0.459
Promedio	W/m ² °K			0.466			

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Prado Guevara Cristopher
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
 Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
 Fecha : Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
01	Bloque Patron	468	36265	77.49	71.52
02	Bloque Patron	468	31404	67.10	
03	Bloque Patron	468	35085	74.97	
04	Bloque Patron	468	36526	78.05	
05	Bloque Patron	468	29878	63.84	
06	Bloque Patron	468	31676	67.68	
07	Bloque + 5% de vermiculita expandida	468	23931	51.14	51.63
08	Bloque + 5% de vermiculita expandida	468	24228	51.77	
09	Bloque + 5% de vermiculita expandida	468	26272	56.14	
10	Bloque + 5% de vermiculita expandida	468	24183	51.67	
11	Bloque + 5% de vermiculita expandida	468	23088	49.33	
12	Bloque + 5% de vermiculita expandida	468	23276	49.74	
13	Bloque + 10% de vermiculita expandida	468	22387	47.84	48.04
14	Bloque + 10% de vermiculita expandida	468	23093	49.34	
15	Bloque + 10% de vermiculita expandida	468	22774	48.66	
16	Bloque + 10% de vermiculita expandida	468	22300	47.65	
17	Bloque + 10% de vermiculita expandida	468	22456	47.98	
18	Bloque + 10% de vermiculita expandida	468	21890	46.77	
19	Bloque +15% de vermiculita expandida	468	21609	46.17	44.06
20	Bloque +15% de vermiculita expandida	468	21102	45.09	
21	Bloque +15% de vermiculita expandida	468	20512	43.83	
22	Bloque +15% de vermiculita expandida	468	19949	42.63	
23	Bloque +15% de vermiculita expandida	468	21102	45.09	
24	Bloque +15% de vermiculita expandida	468	19445	41.55	

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Prado Guevara Christopher
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
 Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
 Fecha : Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Bloque Patron	39.03	11.77	18.25
02		38.97	11.75	18.07
03		39.03	11.73	18.40
04		39.00	11.68	18.40
05		39.10	11.53	18.17
06		39.13	11.63	18.25
	PROMEDIO	39.04	11.68	18.26
	C.V.	0.22%	0.93%	0.95%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 06 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIRÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Prado Guevara Cristopher
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Bloque + 5% de vermiculita expandida	39.00	11.75	18.23
02		39.10	11.63	18.25
03		39.00	11.77	18.32
04		39.10	11.70	18.28
05		39.13	11.77	18.13
06		39.03	11.78	18.23
PROMEDIO		39.06	11.73	18.24
C.V.		0.22%	0.53%	0.57%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 06 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Prado Guevara Cristopher
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
 Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
 Fecha : Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Bloque + 10% de vermiculita expandida	39.03	11.68	18.30
02		38.93	11.78	18.22
03		39.03	11.83	18.17
04		39.00	11.72	18.32
05		38.97	11.83	18.28
06		39.00	11.80	18.23
	PROMEDIO	38.99	11.78	18.25
	C.V.	0.14%	0.64%	0.52%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 06 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Prado Guevara Christopher
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
 Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
 Fecha : Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Bloque + 15% de vermiculita expandida	39.17	11.68	18.25
02		39.03	11.67	18.35
03		39.03	11.63	18.20
04		39.00	11.75	18.20
05		39.10	11.65	18.15
06		39.00	11.73	18.22
	PROMEDIO	39.06	11.69	18.23
	C.V.	0.20%	0.55%	0.69%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 06 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Henry Rivadeneira Obitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Solicitante : Prado Guevara Christopher
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
 Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
 Fecha : Chiclayo 18 de Mayo 2024

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

ALABEO EN BLOQUES DE CONCRETO							
BLOQUE PATRÓN							
Nº DE BLOQUES	TIPO	SUPERIOR	INFERIOR	ALABEO	SUPERIOR	INFERIOR	OBSERVACIÓN
		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	
M - 1	Bloque Patrón	3.00	-	(CONCAVIDAD)	1.00	-	(CONVEXIDAD)
M - 2	Bloque Patrón	2.00	1.50	(CONCAVIDAD)	2.00	1.0	(CONVEXIDAD)
M - 3	Bloque Patrón	1.00	2.00	(CONCAVIDAD)	1.00	-	(CONVEXIDAD)
M - 4	Bloque Patrón	-	1.00	(CONCAVIDAD)	2.50	1.0	(CONVEXIDAD)
M - 5	Bloque Patrón	3.50	1.00	(CONCAVIDAD)	-	1.0	(CONVEXIDAD)
M - 6	Bloque Patrón	2.00	1.00	(CONCAVIDAD)	2.00	1.0	(CONVEXIDAD)

PROMEDIO	2.3	1.3	1.7	1.0
RESULTADO FINAL ALABEO DEL BLOQUE =	1.8		1.35	

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henty
 Ryadeneyra
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Solicitante : Prado Guevara Christopher
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
Fecha : Chiclayo 18 de Mayo 202

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

ALABEO EN BLOQUES DE CONCRETO							
BLOQUE PATRÓN							
N° DE BLOQUES	TIPO	SUPERIOR	INFERIOR	ALABEO	SUPERIOR	INFERIOR	OBSERVACIÓN
		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	
M - 1	Bloque + 5% de Vermiculita Expandida	1.00	2.00	(CONCAVIDAD)	1.00	1.0	(CONVEXIDAD)
M - 2	Bloque + 5% de Vermiculita Expandida	2.50	3.00	(CONCAVIDAD)	2.00	2.0	(CONVEXIDAD)
M - 3	Bloque + 5% de Vermiculita Expandida	1.50	1.50	(CONCAVIDAD)	2.00	1.0	(CONVEXIDAD)
M - 4	Bloque + 5% de Vermiculita Expandida	1.00	1.50	(CONCAVIDAD)	1.00	2.0	(CONVEXIDAD)
M - 5	Bloque + 5% de Vermiculita Expandida	1.00	1.50	(CONCAVIDAD)	1.00	1.0	(CONVEXIDAD)
M - 6	Bloque + 5% de Vermiculita Expandida	1.50	3.00	(CONCAVIDAD)	1.00	2.0	(CONVEXIDAD)

PROMEDIO	1.42	2.08	1.33	1.50
RESULTADO FINAL ALABEO DEL BLOQUE =	1.75		1.42	

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Solicitante : Prado Guevara Christopher
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Región de Lambayeque
Fecha : Chiclayo 18 de Mayo 202

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

ALABEO EN BLOQUES DE CONCRETO							
BLOQUE PATRÓN							
Nº DE BLOQUES	TIPO	SUPERIOR	INFERIOR	ALABEO	SUPERIOR	INFERIOR	OBSERVACIÓN
		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	
M - 1	Bloque + 10% de Vermiculita Expandida	-	1.00	(CONCAVIDAD)	0.50	-	(CONVEXIDAD)
M - 2	Bloque + 10% de Vermiculita Expandida	0.50	1.00	(CONCAVIDAD)	0.50	0.5	(CONVEXIDAD)
M - 3	Bloque + 10% de Vermiculita Expandida	-	1.00	(CONCAVIDAD)	-	1.0	(CONVEXIDAD)
M - 4	Bloque + 10% de Vermiculita Expandida	3.00	2.00	(CONCAVIDAD)	1.00	-	(CONVEXIDAD)
M - 5	Bloque + 10% de Vermiculita Expandida	2.50	-	(CONCAVIDAD)	1.00	3.0	(CONVEXIDAD)
M - 6	Bloque + 10% de Vermiculita Expandida	2.00	-	(CONCAVIDAD)	1.00	1.5	(CONVEXIDAD)

PROMEDIO	2.00	1.25	0.80	1.50
RESULTADO FINAL ALABEO DEL BLOQUE =	1.63		1.15	

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Solicitante : Prado Guevara Christopher
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
 Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Región de Lambayeque
 Fecha : Chiclayo 18 de Mayo 202

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

ALABEO EN BLOQUES DE CONCRETO							
BLOQUE PATRÓN							
N° DE BLOQUES	TIPO	SUPERIOR	INFERIOR	ALABEO	SUPERIOR	INFERIOR	OBSERVACIÓN
		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	
M - 1	Bloque + 15% de Vermiculita Expandida	2.00	1.00	(CONCAVIDAD)	3.00	0.5	(CONVEXIDAD)
M - 2	Bloque + 15% de Vermiculita Expandida	1.00	0.50	(CONCAVIDAD)	3.00	1.0	(CONVEXIDAD)
M - 3	Bloque + 15% de Vermiculita Expandida	2.00	1.00	(CONCAVIDAD)	3.50	2.0	(CONVEXIDAD)
M - 4	Bloque + 15% de Vermiculita Expandida	-	1.00	(CONCAVIDAD)	2.00	1.0	(CONVEXIDAD)
M - 5	Bloque + 15% de Vermiculita Expandida	1.00	-	(CONCAVIDAD)	-	0.5	(CONVEXIDAD)
M - 6	Bloque + 15% de Vermiculita Expandida	-	0.50	(CONCAVIDAD)	2.00	-	(CONVEXIDAD)

PROMEDIO	1.50	0.80	2.70	1.00
RESULTADO FINAL ALABEO DEL BLOQUE =	1.15		1.85	

OBSERVACIONES :
 - Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
 - El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Prado Guevara Christopher
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
 Ubicación : Distrito de Chiclato, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
 Fecha : Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)	PROMEDIO (%)
01	Bloque Patron	12880	11740	9.71	9.72
02	Bloque Patron	12910	11800	9.41	
03	Bloque Patron	12940	11760	10.03	
04	Bloque + 5% de vermiculita expandida	12530	11370	10.20	10.29
05	Bloque + 5% de vermiculita expandida	12038	10940	10.04	
06	Bloque + 5% de vermiculita expandida	12380	11190	10.63	
07	Bloque + 10% de vermiculita expandida	12280	11040	11.23	11.36
08	Bloque + 10% de vermiculita expandida	12270	11000	11.55	
09	Bloque + 10% de vermiculita expandida	12280	11034	11.29	
10	Bloque + 15% de vermiculita expandida	12010	10744	11.78	11.8
11	Bloque + 15% de vermiculita expandida	11530	10290	12.05	
12	Bloque + 15% de vermiculita expandida	11500	10310	11.54	

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Prado Guevara Christopher
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque

Fecha : Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Densidad
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	Peso Sumergido (g)	Densidad kg/m3	PROMEDIO (%)
01	Bloque Patron	12880	11740	7550	2202.63	2259.13
02	Bloque Patron	12910	11800	7750	2286.82	
03	Bloque Patron	12940	11760	7800	2287.94	
04	Bloque + 5% de vermiculita expandida	12530	11370	7150	2113.38	2177.20
05	Bloque + 5% de vermiculita expandida	12038	10940	7100	2215.47	
06	Bloque + 5% de vermiculita expandida	12380	11190	7300	2202.76	
07	Bloque + 10% de vermiculita expandida	12280	11040	6570	1933.45	1949.05
08	Bloque + 10% de vermiculita expandida	12270	11000	6630	1950.35	
09	Bloque + 10% de vermiculita expandida	12280	11034	6660	1963.35	
10	Bloque + 15% de vermiculita expandida	12010	10744	6360	1901.59	1903.16
11	Bloque + 15% de vermiculita expandida	11530	10290	6090	1891.54	
12	Bloque + 15% de vermiculita expandida	11500	10310	6120	1916.36	

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.
G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 28 de marzo del 2024

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 “Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida”.

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** al estudiante Christopher Prado Guevara identificado con DNI N° 72609434 estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO y autor del trabajo de investigación denominado “Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida” 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 (12)
- Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería - N.T.P. 399.605 (12)

Atentamente,


Henry Roldenebra Oblitas
Téc. Laboratorio USAT




LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
GERENTE GENERAL





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

Solicitud de Ensayo : 1002A_24/ LEMS W&C
Solicitante : Prado Guevara Christopher

Proyecto / Obra : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Sábado, 10 de febrero del 2024
Inicio de ensayo : Sábado, 10 de febrero del 2024
Fin de ensayo : Sábado, 09 de marzo del 2024
Muestra : BLOQUE DE CONCRETO PATRÓN

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.
Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _n (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)
01	Prisma - Bloque Patrón	10/02/2024	09/03/2024	28	391	118	378	46138	3.20	389820	8.45	1.086	9.18	93.58
02	Prisma - Bloque Patrón	10/02/2024	09/03/2024	28	391	118	380	45884	3.23	380870	8.30	1.088	9.03	92.13
03	Prisma - Bloque Patrón	10/02/2024	09/03/2024	28	390	119	379	46215	3.19	390200	8.44	1.086	9.17	93.46

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronald Enrique Altamirano Llantop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP/ 246884

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica del Perú

LA UNIVERSIDAD DE SUZUKO, INGENIERIA Y EDUCACION DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO



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

Solicitud de Ensayo : 1002A_24/ LEMS W&C
Solicitante : Prado Guevara Christopher

Proyecto / Obra : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Sábado, 10 de febrero del 2024
Inicio de ensayo : Sábado, 10 de febrero del 2024
Fin de ensayo : Sábado, 09 de marzo del 2024
Muestra : BLOQUE DE CONCRETO_5% VERMICULITA EXPANDIDA

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.
Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _n (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mi} (kg/cm ²)
01	Prisma - Bloque 5%VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	391	118	379	45884	3.23	309800	6.75	1.088	7.35	74.91
02	Prisma - Bloque 5%VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	382	117	380	45806	3.25	300840	6.57	1.090	7.16	72.99
03	Prisma - Bloque 5%VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	391	118	382	46079	3.23	285380	6.19	1.089	6.74	68.75

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
RALPH
Ronald Enrique Altamirano Liontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
[Signature]
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 24812-114

[Signature]
Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica
Lambayeque

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y CEMENTO DE LAMBAYEQUE
USAT
[Signature]
TÉCNICO DE LABORATORIO



RNP Servicios S0608589

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

Solicitud de Ensayo : 1002A_24/ LEMS W&C
Solicitante : Prado Guevara Cristopher

Proyecto / Obra : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Sábado, 10 de febrero del 2024
Inicio de ensayo : Sábado, 10 de febrero del 2024
Fin de ensayo : Sábado, 09 de marzo del 2024
Muestra : BLOQUE DE CONCRETO _10% VERMICULITA EXPANDIDA

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.
Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)
01	Prisma - Bloque 10%VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	391	118	383	45943	3.26	282750	6.15	1.090	6.71	68.43
02	Prisma - Bloque 10%VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	392	118	384	46197	3.25	251180	5.44	1.090	5.93	60.43
03	Prisma - Bloque 10%VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	391	117	386	45689	3.30	222220	4.86	1.094	5.32	54.26

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronald Enrique Altamirano Lontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246904

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

LA COMISIÓN DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TECNICO DE LABORATORIO



Prolongación Bolognesi Km. 3,5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitud de Ensayo : 1002A_24/ LEMS W&C
Solicitante : Prado Guevara Christopher

Proyecto / Obra : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Sábado, 10 de febrero del 2024

Inicio de ensayo : Sábado, 10 de febrero del 2024

Fin de ensayo : Sábado, 09 de marzo del 2024

Muestra : BLOQUE DE CONCRETO _15% VERMICULITA EXPANDIDA

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.

Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mit} (kg/cm ²)
01	Prisma - Bloque 15%VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	391	118	381	45943	3.24	197960	4.31	1.089	4.69	47.85
02	Prisma - Bloque 15%VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	391	117	384	45689	3.28	198650	4.35	1.093	4.75	48.44
03	Prisma - Bloque 15%VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	392	118	382	46197	3.23	172460	3.73	1.089	4.06	41.44

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
R. M. P.
Ronald Enrique Alfamirano Llantop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
M. A. R. P.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246964

H. R. O.
Henry Rivadeneira Oblitas
TEC. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica
Sede Chiclayo - Lambayeque

LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
[Seal]
TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : **1002A_24/ LEMS W&C**
 Solicitante : Prado Guevara Christopher

 Proyecto / Obra : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida

 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de Apertura : Sábado, 10 de febrero del 2024
 Inicio de ensayo : Sábado, 10 de febrero del 2024
 Fin de ensayo : Sábado, 09 de marzo del 2024
 Muestra : BLOQUE DE CONCRETO _ PATRÓN

 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm2)
01	Murete - Bloque Patrón	10/02/2024	09/03/2024	28	618	610	119	72700	102004	0.99	10.12
02	Murete - Bloque Patrón	10/02/2024	09/03/2024	28	621	610	117	71984	92018	0.90	9.22
03	Murete - Bloque Patrón	10/02/2024	09/03/2024	28	621	609	119	72818	86142	0.84	8.53

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL.
 Ronal Enrique Allamirano Llontop
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246994



 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

 USAT
 Universidad Católica
 de Santa María


USAT
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y ENSAYOS DE SUELOS

 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : **1002A_24/ LEMS W&C**
Solicitante : Prado Guevara Cristopher

Proyecto / Obra : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida


Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Sábado, 10 de febrero del 2024
Inicio de ensayo : Sábado, 10 de febrero del 2024
Fin de ensayo : Sábado, 09 de marzo del 2024
Muestra : BLOQUE DE CONCRETO _5% VERMICULITA EXPANDIDA

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm2)
01	Murete - Bloque 5% VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	623	611	118	72439	84974	0.83	8.46
02	Murete - Bloque 5% VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	622	610	118	72351	76361	0.75	7.61
03	Murete - Bloque 5% VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	623	611	118	72777	75655	0.73	7.49

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Lintop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246964



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



USAT
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y ENSAYOS DE SUELOS

TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : **1002A_24/ LEMS W&C**
 Solicitante : Prado Guevara Christopher

Proyecto / Obra : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de Apertura : Sábado, 10 de febrero del 2024
 Inicio de ensayo : Sábado, 10 de febrero del 2024
 Fin de ensayo : Sábado, 09 de marzo del 2024
 Muestra : BLOQUE DE CONCRETO _10% VERMICULITA EXPANDIDA

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	Murete - Bloque 10% VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	623	611	119	73364	75331	0.73	7.40
02	Murete - Bloque 10% VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	621	609	118	72263	63294	0.62	6.31
03	Murete - Bloque 10% VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	623	610	118	72718	74173	0.72	7.35

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL.
 Ronal Enrique Altamirano Llontop
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUFIBS


LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246994


 Henry
 Rivadeneira
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo


USAT
 LABORATORIO DE SUFIBS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Solicitud de Ensayo : **1002A_24/ LEMS W&C**
 Solicitante : Prado Guevara Cristopher

 Proyecto / Obra : Evaluación del coeficiente de conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto portantes adicionando vermiculita expandida
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
 Fecha de Apertura : Sábado, 10 de febrero del 2024
 Inicio de ensayo : Sábado, 10 de febrero del 2024
 Fin de ensayo : Sábado, 09 de marzo del 2024
 Muestra : BLOQUE DE CONCRETO _15% VERMICULITA EXPANDIDA

 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm2)
01	Murete - Bloque 15% VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	625	610	117	71939	57320	0.56	5.74
02	Murete - Bloque 15% VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	630	611	118	72909	57428	0.56	5.68
03	Murete - Bloque 15% VERMICULITA EXPANDIDA	10/02/2024	09/03/2024	28	623	611	118	72747	72614	0.71	7.20

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
 Ronal Enrique Altamirano Llantop
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246904



Henry Rivadeneyra
 Obllitas
 Tec. Laboratorio
 USAT




USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIAS
 TÉCNICO DE LABORATORIO



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 3

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	
4. Equipo	PRENSA DE MURETES	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. 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.
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

2023-03-02

Jefe del Laboratorio de Metrología

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



PERUTEST S.A.C.



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

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.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 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de la fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

8. Condiciones Ambientales

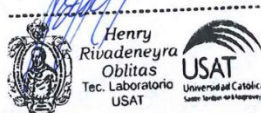
	Inicial	Final
Temperatura	26.1 °C	26.1 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: LF-005 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE 093-23 (B)
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: LF-001 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE 093-23 A/C

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 2.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



☎ 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



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 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	2000	1990	2000	2000	1996
20	4000	4001	4021	4001	4008
30	6000	6042	6042	6042	6042
40	8000	8044	8044	8044	8044
50	10000	10046	10046	10046	10046
60	12000	12048	12048	12048	12048
70	14000	14050	14050	14050	14050
80	16000	16052	16052	16052	16052
90	18000	18054	18054	18054	18054
100	20000	20057	20057	20057	20057
Retorno a Cero		100.0	100.0	120.0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
2000	0.39	0.50	1.00	0.50	0.66
4000	0.36	0.50	2.56	0.25	1.20
6000	-0.35	0.00	1.41	0.17	0.79
8000	-0.27	0.00	1.10	0.13	0.65
10000	-0.23	0.00	0.91	0.10	0.57
12000	-0.20	0.00	0.79	0.08	0.52
14000	-0.18	0.00	0.71	0.07	0.49
16000	-0.16	0.00	0.65	0.06	0.47
18000	-0.15	0.00	0.60	0.06	0.46
20000	-0.14	0.00	0.57	0.05	0.44

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0) 0.60 %



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



Henry Rivadeneira Obilias
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Lima, Perú 121199998



☎ 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

Anexo 8: Panel fotográfico-ensayos de agregado fino y grueso



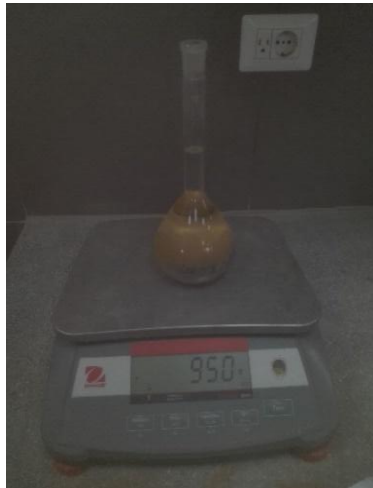
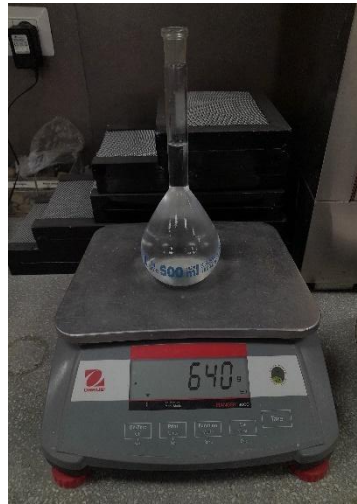
Granulometría del agregado Fino



Granulometría del agregado grueso



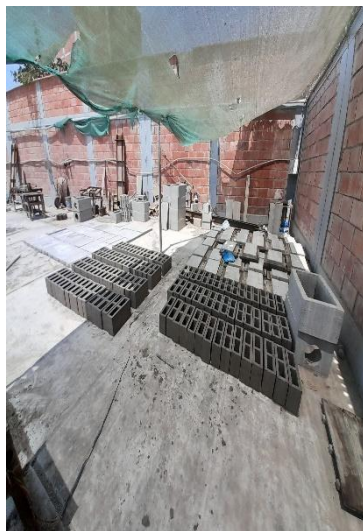
Peso unitario suelto y compactado de los agregados



Peso específico y absorción de los agregados

Fuente: Propia

Anexo 9: Panel fotográfico-elaboración de bloques de concreto



Fuente: Propia

Anexo 10: Panel fotográfico-ensayo resistencia a la compresión



f'b muestra patrón



f'b adicionando 5% de V.E



f'b adicionando 10% de V.E



f'b adicionando 15% de V.E

Fuente: Propia

Anexo 11: Panel fotográfico-ensayo de densidad y absorción



Fuente: Propia

Anexo 12: Panel fotográfico-resistencia a la compresión en pilas y compresión diagonal en muretes



Asentado de pilas y muretes



Muretes muestras patrón



Muretes adicionando 5% de V.E



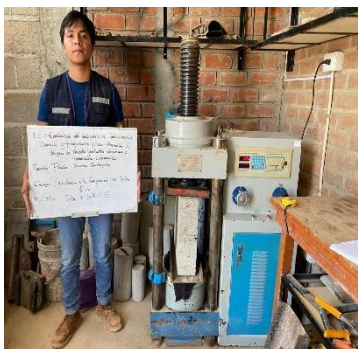
Muretes adicionando 10% V.E



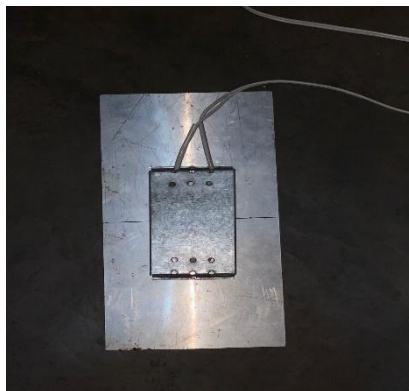
Muretes adicionando 15% de V.E



Pilas muestra patrón



Anexo 13: Panel fotográfico-ensayo de conductividad térmica



Acondicionamiento para el ensayo



Temperaturas registradas en el bloque comercial



Temperaturas registradas en bloque patrón



Temperaturas registradas en el bloque con 5% de V.E



Temperaturas registradas en el bloque con 10% de V.E



Temperaturas registradas en el bloque con 15% de V.E