

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Ladrillos prensados a partir de la combinación de
cemento endurecido y arcilla procedentes de las
canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín**

Roy Moises Ticsihua Taipe

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Juan Jose Bullon Rosas
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 18 de febrero de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"LADRILLOS PRENSADOS A PARTIR DE LA COMBINACIÓN DE CEMENTO ENDURECIDO Y ARCILLA PROCEDENTES DE LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE SAN AGUSTÍN – HUANCAYO – JUNÍN"

Autores:

1. Roy Moises Ticsihua Taipe – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|-----------------------------|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº15 de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☒ | NO ☐ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTOS

A mis padres quienes estuvieron siempre en los momentos de dificultades por apoyarme incondicionalmente.

A mi asesor de tesis quien con su conocimiento aportó para que se realice y se consolide la tesis.

DEDICATORIA

A dios, por guiarme por un buen sendero, por darme fortaleza en los momentos de dificultad.

A mi familia quienes me brindaron su apoyo emocional, y me acompañaron incondicionalmente durante mis estudios superiores.

A mi hijo, por ser mi inspiración de superación para lograr mis metas.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I	14
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1. Planteamiento del problema	14
1.2. Formulación del problema	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos	17
1.3. Objetivos.....	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Justificación e importancia	18
1.4.1. Justificación	18
1.4.2. Importancia	19
1.5. Limitaciones de la investigación.....	19
1.6. Hipótesis y variables.....	19
1.6.1. Hipótesis.....	19
1.6.2. Variables.....	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	24
2.2. Bases teóricas.....	27
2.2.1. Albañilería.....	27

2.2.2. Cemento endurecido	44
2.2.3. Arcilla	45
2.2.4. Ensayos de laboratorio	46
2.3. Definición de términos básicos	50
CAPÍTULO III	51
METODOLOGÍA.....	51
3.1. Método, tipo o alcance de la investigación.....	51
3.1.1. Método.....	51
3.1.2. Tipo.....	51
3.1.3. Alcance	51
3.1.4. Diseño	52
3.1.5. Población y muestra.....	53
3.2. Materiales y métodos.....	53
3.2.1. Materiales.....	53
3.2.2. Métodos	53
CAPÍTULO IV	54
RESULTADOS	54
4.1. Presentación de resultados.....	54
4.1.1. Variación dimensional del ladrillo prensado	54
4.1.2. Resistencia a la compresión del ladrillo prensado	56
4.1.3. Absorción del ladrillo prensado	58
4.2. Prueba de hipótesis.....	60
4.2.1. Variación dimensional del ladrillo prensado	60
4.2.2. Resistencia a la compresión del ladrillo prensado	61
4.2.3. Absorción del ladrillo prensado	62
4.3. Discusión de resultados	64
4.3.1. Variación dimensional del ladrillo prensado	64
4.3.2. Resistencia a la compresión del ladrillo prensado	66
4.3.3. Absorción del ladrillo prensado	69
CAPÍTULO V	71
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES.....	72

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS.....	77
PANEL FOTOGRÁFICO.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Limitaciones del uso de unidades de albañilería	39
Tabla 2. Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales.....	39
Tabla 3. Espectro de poros de unidades representativas.....	43
Tabla 4. Tratamientos de la investigación	52
Tabla 5. Variación dimensional, tratamiento 0	54
Tabla 6. Variación dimensional, tratamiento 1	54
Tabla 7. Variación dimensional, tratamiento 2	55
Tabla 8. Variación dimensional, tratamiento 3	55
Tabla 9. Porcentaje de variación dimensional de ladrillos	56
Tabla 10. Resumen de resistencia a compresión.....	56
Tabla 11. Resumen de % de absorción de ladrillos.....	58
Tabla 12. Cálculo de variación dimensional de ladrillos.....	60
Tabla 13. Clasificación de ladrillos prensados.....	60
Tabla 14. Análisis de varianza – DCA, resistencia a compresión.....	61
Tabla 15. Prueba de Duncan, resistencia a compresión.....	62
Tabla 16. Análisis de varianza – DCA, absorción	62
Tabla 17. Prueba de Duncan, absorción en tiempo de prueba	63
Tabla 18. Prueba de Duncan, absorción en tratamientos.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de las cargas perpendiculares al plano del muro	28
Figura 2. Edificio de albañilería no reforzada.....	29
Figura 3. Espesor efectivo de un muro	30
Figura 4. Disposición del refuerzo en un muro armado	31
Figura 5. Sección transversal de un muro laminar	32
Figura 6. Albañilería confinada con muros dentados	33
Figura 7. Albañilería confinada.....	34
Figura 8. Esquema de los tipos de albañilería.....	35
Figura 9. Arcilla calcárea (a la izquierda) y Arcilla no calcárea(a la derecha).....	36
Figura 10. Proceso de fabricación de las unidades de arcilla	37
Figura 11. Curva esfuerzo - deformación unitaria	40
Figura 12. Esquema de ensayo de tracción indirecta	41
Figura 13. Ensayo de tracción.....	41
Figura 14. Altura de una hilada de albañilería	42
Figura 15. Medición de alabeo en la unidad de albañilería	48
Figura 16. Disposición para el ensayo de succión.....	49
Figura 17. Resumen de variación dimensional de ladrillos	56
Figura 18. Resistencia a compresión promedio de ladrillos	57
Figura 19. % Absorción, tratamiento 0.....	59
Figura 20. % Absorción, tratamiento 1.....	59
Figura 21. % Absorción, tratamiento 2.....	59
Figura 22. % Absorción, tratamiento 3.....	60

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo general: Determinar la influencia el cemento endurecido con la arcilla en la elaboración ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín. El método de la investigación fue científico, de tipo aplicado, alcance explicativo y diseño experimental. La población y muestra fueron la misma, por lo que estuvo conformada por 60 ladrillos que se sometieron a los ensayos de resistencia a compresión, absorción y variación dimensional. Los resultados evidenciaron que tras el incremento de proporción de cemento endurecido la resistencia se incrementa, como el caso de las proporciones de 15% y 20% de cemento endurecido que presentaron mayor resistencia respecto a los ladrillos sin proporción de cemento; así mismo se pudo observar que a mayor proporción de cemento se obtiene una menor tasa de absorción de las unidades de albañilería. En cuanto a los resultados de variación dimensional, fue el tratamiento 1 con 10% de cemento endurecido que evidenció un mayor porcentaje de variación dimensional, además de identificar a los ladrillos del estudio como un ladrillo de clase II. Por lo cual, se concluye que la adición de cemento endurecido influye significativamente en la elaboración de ladrillos prensados.

Palabras clave: Absorción, cemento endurecido, ladrillos prensados, resistencia a compresión, variación dimensional.

ABSTRACT

The general objective of the research was to determine the influence of hardened cement and clay in the production of pressed bricks from quarries in the district of San Agustín-Huancayo-Junin. The research method was scientific, of applied type, explanatory scope and experimental design. The population and sample were the same, so it consisted of 60 bricks that were tested for compressive strength, absorption and dimensional variation. The results showed that after increasing the proportion of hardened cement, the resistance increases, as in the case of the proportions of 15% and 20% of hardened cement, which presented higher resistance compared to bricks without cement proportion; likewise, it was observed that the higher the proportion of cement, the lower the absorption rate of the masonry units. As for the results of dimensional variation, it was treatment 1 with 10% hardened cement that showed a higher percentage of dimensional variation, in addition to identifying the bricks of the study as a class II brick. Therefore, it is concluded that the addition of hardened cement significantly influences the production of pressed bricks.

Keywords: Absorption, hardened cement, pressed bricks, compressive strength, dimensional variation.

INTRODUCCIÓN

La fabricación de ladrillos a nivel mundial, genera altas cantidades de emisión de carbono contaminando la atmósfera. Debido a que el método tradicional de fabricación es por medio del quemado de las unidades de albañilería, que pesar de haber nuevas innovaciones y tendencia para la producción de ladrillos se requiere de inversiones económicas que países en desarrollo de américa latina y parte del continente asiático no pueden costear, por lo que continúan con la producción artesanal de ladrillos.

En ese sentido, la investigación propone la elaboración de ladrillos prensados con cemento endurecido con la finalidad de reducir la emisión de carbono en su fabricación, ya que el cemento aporta resistencia a los materiales y productos finales donde este se emplee.

El objetivo de la investigación fue determinar la influencia el cemento endurecido con la arcilla en la elaboración ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín. El método de la investigación es científico, de tipo aplicado, alcance explicativo y diseño experimental. La muestra estuvo conformada por 60 ladrillos que se sometieron a los ensayos de resistencia a compresión, absorción y variación dimensional.

Para alcanzar el objetivo formulado, se procedió con la recolección de arcilla como componente principal de los ladrillos seguido de la recolección de cemento endurecido y agregados de las canteras del distrito de San Agustín para la elaboración de ladrillos prensados. Posteriormente las unidades de albañilería se sometieron a las pruebas de variación dimensional, resistencia a compresión y absorción.

El proyecto de investigación cuenta con cinco capítulos. En el capítulo I de planteamiento del problema, se describe el propio planteamiento del problema y la formulación del problema, objetivos, justificación e importancia, hipótesis y variables. En el capítulo II de marco teórico, se adjuntan los antecedentes internacionales y nacionales, junto con las bases teóricas de la investigación y la definición de términos básicos. En el capítulo III de metodología, se adjunta el método, tipo, alcance, materiales y métodos de la investigación. En el capítulo IV de resultados se presentan los resultados junto a la prueba de hipótesis y discusión de resultados. En el capítulo V se adjuntan las conclusiones y recomendaciones de la investigación. Finalmente se adjuntan las referencias bibliográficas y anexos de la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema

La OMS (Organización Mundial de la Salud) declaró que la contaminación del aire contiene agentes químicos, físicos e incluso biológicos que alteran las características naturales de la atmósfera. Siendo los aparatos domésticos de combustión, vehículos de motor, actividades industriales e incendios forestales las principales fuentes constantes de contaminación atmosférica. Donde los contaminantes preocupantes para la salud pública son las partículas en suspensión que se encuentran en el monóxido de carbono, ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. Es así que la contaminación atmosférica en el interior y exteriores desencadena en enfermedades respiratorias y de otros tipos, siendo una de las causas de mortalidad con mayor tasa de incidencia a nivel mundial (Organización Mundial de la Salud, 2023).

Así mismo, es necesario mencionar que alrededor del 90% de las muertes tienen relación con la contaminación del aire que se producen en países con ingresos bajos a medios. Teniendo en cuenta que el 92% de la población a nivel mundial habita lugares que exceden el límite máximo de nivel de contaminación atmosférica establecido por la OMS (National Geographic, 2019).

Un aspecto importante a tener en cuenta es que la contaminación atmosférica y el cambio climático son dos caras de la misma moneda que se deben tratar en conjunto, para fortalecer el capital humano y reducir la pobreza. Ya que los contaminantes

atmosféricos y los gases del efecto invernadero provienen de las mismas fuentes como: centrales hidroeléctricas con energía de carbón, vehículos que emplean diésel (Banco mundial, 2022).

El continente asiático lleva la mayor parte de producción de ladrillos con 100 000 hornos de chimenea fija, de los cuales 1 900 se encuentran funcionando en India y 6000 en Bangladesh. La producción anual de ladrillos es de 1 500 millones, de los cuales 1 000 millones se producen en India, China, Pakistán, Vietnam, Nepal y Bangladesh; representando el 90% de la producción mundial (Monago y otros, 2022).

Referente al párrafo anterior, en el año 2008 se comenzó a preparar el proyecto sobre hornos híbridos Hoffman (HHK) en Bangladesh, con la finalidad de contar con tecnología limpia en la fabricación de ladrillos, así como la mejora de condiciones de calidad de vida y condiciones laborales para las personas. La tecnología fue desarrollada en Alemania originalmente, la cual se importó a Bangladesh tras su mejoramiento en China. En la cual se emplea una mezcla de carbón pulverizado y arcilla para mejorar la calidad y quema de ladrillos, utilizando solo el 50% de carbón a diferencia de los hornos con chimenea fija. No obstante, como toda tecnología que requiere de una inversión económica, esta tecnología HHK requiere de un costo de inversión de hasta 15 veces más que los hornos tradicionales (Banco mundial, 2016). De acuerdo con lo que menciona el Banco Mundial, se podría considerar la tecnología de hornos híbridos para la reducción de emisión de carbono y otros beneficios sociales económicos, pero un aspecto que retiene en su aplicación es la necesidad de recursos económicos para poder alcanzar los objetivos de desarrollo a nivel mundial.

En Latinoamérica, existen cerca de 45 000 ladrilleras que representa el 30 a 50% de la producción total de ladrillos, que en su mayoría son microempresas y generan un aproximado de 850 000 toneladas de dióxido de carbono al año (Monago et al., 2022). En Colombia, se realizaron estudios sobre los diferentes contaminantes atmosféricos asociados a la fabricación artesanal de ladrillos, pues la liberación de contaminantes como monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre sin control de emisión, afectan el crecimiento de la vegetación a corto plazo y a largo plazo deteriora el ozono, contribuyen en el

calentamiento global y smog fotoquímico (Páez, 2020). En México, los hornos ladrilleros artesanales tienen tecnología a nivel de microempresas que elaboran productos como ladrillos rojos recocidos, losetas, tejas, cuñas y otros materiales para la industria de la construcción. No obstante, las microempresas en este rubro de producción funcionan irregularmente y carecen de registro ambiental y fiscal, fabricando ladrillos artesanales con un alto índice contaminante (Quiróz et al., 2021).

Destacan las regiones de Lima, Trujillo, Chiclayo, Piura, Ica, Arequipa y Puno, donde el sector informal del ladrillo está muy cerca de representar el 80% de esta industria en gran parte del Perú. El proceso de fabricación en hornos artesanales de ladrillos requiere mano de obra. A pesar de que existen muchos procesos donde se reemplaza mano de obra por tecnología, los ladrillos son los que hacen único a este sector. Debido al proceso de combustión, que produce una variedad de contaminantes atmosféricos, esta industria también tiene una infinidad de problemas ambientales. Como es el caso de los hornos artesanales de ladrillos en la localidad de Huachipa en el Distrito de Lurigancho-Lima, que tiene las peculiaridades antes mencionadas en cuanto al trabajo, la sociedad y el medio ambiente, se emiten sin ningún tipo de control previo (Iparraguirre & Torres, 2018).

“La actividad ladrillera artesanal se desenvuelve en un escenario especial caracterizado por alta generación de contaminantes, informalidad, economía precaria, inseguridad en el trabajo, reducida capacidad de gestión, los ladrillos prensados son ladrillos que no requieren cocción solo se necesita realizar una mezcla adecuada de arcilla y cemento para luego prensarlo, esto reduciría la contaminación Ambiental que se ocasiona al fabricar los ladrillos artesanales” (Condori, 2013).

Actualmente en la ciudad de Huancayo, las unidades de albañilería de arcilla cocida, conocidas como ladrillos son usadas en la construcción, principalmente en edificaciones, como muros, parapetos o tabiques. Por lo cual deben cumplir los parámetros establecidos en (Norma Técnica E 070 Albañilería, 2006), (NTP 399.613 Método de muestreo y ensayos de ladrillos de arcilla usados en albañilería, 2005), (NTP 399.605 Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería). Sin embargo, en su mayoría las unidades no los cumplen debido a que su producción en la ciudad, generalmente es de tipo

artesanal o semi industrial, asimismo no se cuenta con una metodología estandarizada de fabricación lo que ocasiona que las propiedades físico mecánicas de las unidades producidas, varíen ampliamente. Así mismo, son pocos los controles de calidad, generando una incertidumbre en su comportamiento estructural.

Conforme a lo descrito en los párrafos anteriores, la fabricación de ladrillos artesanales genera emisiones de gases que afectan la calidad atmosférica e influyen en la producción de gases del efecto invernadero. Para reducir dichos contaminantes se requiere de inversiones económicas que son difíciles de alcanzar para los países con medios a bajos ingresos. Del mismo modo, se debe tener en cuenta que la calidad de los ladrillos artesanales debe de cumplir con los estándares de la normativa nacional peruana. Por lo que la investigación busca reducir y anular la emisión de contaminantes por medio de la elaboración de ladrillos prensados con cemento endurecido y arcilla, con la finalidad de verificar la influencia de estos últimos en la resistencia a compresión, adhesión y variación dimensional.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye el cemento endurecido con la arcilla en la elaboración ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo es el efecto del cemento endurecido con la arcilla en la variación dimensional de los ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín?
- b. ¿Cómo influye el cemento endurecido con la arcilla en el esfuerzo a compresión del ladrillo prensado procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín?
- c. ¿Cómo influye el cemento endurecido con la arcilla en la absorción de agua de los ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia el cemento endurecido con la arcilla en la elaboración ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar el efecto del cemento endurecido con la arcilla en la variación dimensional de los ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo- Junín.
- b. Determinar cómo influye el cemento endurecido con la arcilla en el esfuerzo a compresión del ladrillo prensado procedentes de las canteras del distrito de San Agustín- Huancayo-Junín.
- c. Determinar cómo influye el cemento endurecido con la arcilla en la absorción de agua de los ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación

Justificación social

Según Bernal (2010), la justificación social o práctica existe cuando el desarrollo de la investigación propone estrategias que al aplicarse pretenden contribuir al problema. En ese sentido, por medio de la investigación se busca reducir la emisión de contaminantes y gases del efecto invernadero, así como la reducción de residuos de construcción como el uso de cemento endurecido y arcilla para la elaboración de ladrillos prensados. Además de generar productos artesanales económicos y eficientes para la construcción de viviendas cerca de la zona de estudio.

Justificación metodológica

Según Bernal (2010), la justificación metodológica se describe cuando el proyecto de investigación propone una nueva estrategia para la generación de conocimiento válido y confiable. Razón por la cual, en la investigación se hará uso de las normas nacionales e internacionales para evaluar las propiedades

mecánicas de los ladrillos prensados, junto a las propiedades físicas como variación dimensional y absorción de los ladrillos.

Justificación económica

Por medio de la elaboración de los ladrillos prensados se descarta la etapa de quemado evitando así la compra de hornos y combustibles, reduciendo de esta manera el costo de producción y de venta de los ladrillos, beneficiando a los propietarios quienes elaboran ladrillos y al sector constructivo respectivamente.

Justificación ambiental

La investigación se justifica ambientalmente, por medio de la mitigación de gases del efecto invernadero producto de la quema de ladrillos artesanales a cambio de la producción de ladrillos prensados con cemento endurecido que proviene de los residuos de construcción, con la finalidad de reutilizar dicho residuo y evitar su acumulación en lugares de acopio poco propicios y adecuados para los ecosistemas.

1.4.2. Importancia

La importancia de la investigación radica en la elaboración de ladrillos prensados que estarán o se encontrarán a costos accesibles dentro del mercado, ladrillos que cumplirán las normativas, para finalmente obtener un ladrillo de calidad acorde a las necesidades e intereses de la población de la provincia de Huancayo. Además de servir como referencia para futuras investigaciones.

1.5.Limitaciones de la investigación

La investigación se limita a estudiar y evaluar el comportamiento ante la resistencia a compresión, variación dimensional y capacidad de absorción de los ladrillos prensados con cemento endurecido y arcilla.

1.6. Hipótesis y variables

1.6.1. Hipótesis

Hipótesis general

El cemento endurecido con la arcilla influye significativamente en la elaboración ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San

Agustín-Huancayo-Junín.

Hipótesis específicas

- a. El cemento endurecido con la arcilla presenta efectos significativos en la variación dimensional de los ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín.
- b. El cemento endurecido con la arcilla influye significativamente en el esfuerzo a compresión de los ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín.
- c. El cemento endurecido con la arcilla influye significativamente en la absorción de agua de los ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín.

1.6.2. Variables

Variable independiente: Cemento endurecido y arcilla

El cemento endurecido, se considera un residuo de construcción que se puede emplear como material de construcción tanto en la elaboración de concreto como ladrillos o bloques.

La arcilla es materia prima básica de los ladrillos y las mejores arcillas para fabricar ladrillos son las que cuentan con 33% de arena y limo ya que reducen las contracciones y agrietamientos en el secado y la quema (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

Variable dependiente: Ladrillos prensados

Ladrillos o bloques, también denominadas unidades de albañilería. Se elaboran con materias primas como arcilla, concreto de cemento portland, mezcla de sílice y cal; que se forma por medio de un moldeo y métodos de compactación o extrusión. Las propiedades principales relacionadas con la durabilidad y productos terminados son: resistencia a compresión, absorción, absorción y coeficiente de saturación (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

El artículo de investigación de Lassaad y Kammoun (2021) buscó recuperar el fosfoyeso en estado bruto y sin tratamiento en la fabricación de ladrillos no cocidos y no portantes. Debido a que en diversas partes del mundo, el fosfoyeso se acumula como residuo generando problemas de contaminación ambiental y aguas subterráneas. El estudio inició con el análisis de la capacidad radionúclida de los materiales que conforman los ladrillos y en particular el fosfoyeso para evitar cualquier problema relacionado con la salud humana tras la fabricación y uso del ladrillo. Posteriormente, se realizaron ensayos con diversas composiciones y métodos para conservar y optimizar las propiedades de los ladrillos. Los resultados evidenciaron la posibilidad de producir ladrillos sin carga con fosfato no tratado y que cumplen con los requisitos de las normas de Túnez. Las mezclas con las composiciones de 60% y 75% de fosfoyeso cumplieron con las pruebas físicas y mecánicas, además de que el almacenamiento de las mezclas en laboratorio por dos días y luego de tres días en estufa a 70°C garantiza la mejora de resistencia a compresión. Los autores concluyeron que, la resistencia obtenida de los ladrillos con fosfoyeso no tratado es mayor al mínimo requerido para ladrillos que no soportan cargas.

La investigación de Ilina et al (2020) buscó determinar las ventajas y desventajas de la producción de ladrillos cerámicos por el método de prensado

semiseco, empleando tecnología tradicional. Debido al problema de las rocas arcillosas que contienen fracciones arcillosas empobrecidas con grandes cantidades de partículas de polvo, para el cual emplearon materiales de la región de Novosibirsk. En el estudio se realizó la introducción de aditivos direccionales a la composición de mezclas crudas que incrementaron la resistencia a compresión, absorción de agua, brillo y color de fragmento quemado. Por lo cual concluyeron que, es necesario el enfoque individual de las materias primas ya que los diversos tipos de aditivos contribuyeron en la reducción de absorción de agua, formación de grietas, incremento de resistencia y la generación de diversas gamas de colores.

El artículo de investigación de Nouri et al (2021) estudió el ciclo de vida de dos tipos de materiales de construcción para la construcción de muros. Para el cual se compararon las emisiones de carbono del ciclo de vida (LCCO₂) y se calculó la energía incorporada en la tierra apisonada y los ladrillos de arcilla cocida como dos materiales de construcción. Los estudios sobre construcción en la ciudad de Kashan al norte de la provincia de Isfahán, Irán, como estudio de caso; evidenció que al reemplazar ladrillos cocidos con tierra apisonada se reducirán las emisiones de CO₂ hasta en 1.245 kg/ton y 4.646 MJ/ton (equivalente a más del 95%) de la energía incorporada. Así mismo, se evidencia que la elección de materiales de construcción debe ser importante para que los profesionales de construcción consideren el impacto ambiental.

El artículo de investigación de Muñoz et al (2019), tuvo el objetivo de estudiar el comportamiento del hormigón al sustituir distintos porcentajes de áridos gruesos, por material reciclado como ladrillos de arcilla provenientes de escombros. Para el cual se elaboraron ladrillos con mezclas e distintos porcentajes de material reciclado y cada probeta fue evaluada en el ensayo de resistencia superficial y resistencia a compresión a los 28 días de curado húmedo. Los resultados de los bloques con y sin adición de material reciclado, evidenciaron que el límite de uso de materiales reciclados es del 10% ya que al incrementar esta proporción las resistencias se reducen. Concluyeron que, la resistencia a compresión con el 10% de agregado grueso reciclado mantiene los valores óptimos, así mismo destacan que los ladrillos con agregados gruesos

triturados tuvieron valores aceptables, mejor adherencia entre pasta cementante y material.

La investigación de Zhang et al (2018), encontró que la cocción de ladrillos sigue siendo el método común de para la producción de ladrillos, así como el enorme consumo de energía y huella de carbono. De la misma forma, se debe tener en cuenta que los ladrillos de hidrato de silicato de calcio a base de cemento y cal no son sostenibles, siendo la geopolimerización una forma preferible de fabricar ladrillos, para el cual es necesario realizar análisis de costos y beneficios para la investigación. Por lo cual, el estudio sugiere que los ladrillos de geopolímeros a base de arcilla pueden ser uno de los enfoques de las futuras investigaciones relacionadas con el tema de ladrillos, ya que el desafío clave es mejorar la reactividad de arcilla a bajo costo.

En la tesis de Chimbo (2017), el objetivo principal fue determinar la resistencia a la compresión de los ladrillos prensados interconectables. El método de investigación fue científico con diseño experimental. La muestra estuvo conformada por un total de 81 bloques o ladrillos prensados, de los cuales se evaluó la resistencia a compresión a los 7; 14 y 28 días. Para lograr el objetivo propuesto, se determinaron las propiedades de los materiales a emplear como granulometría e índice de plasticidad, se elaboraron ladrillos con las proporciones de 10%; 15% y 20% de cemento para cada tipo de material y obtener tres muestras de ladrillos de cada porcentaje. El proceso de curado de los ladrillos consistió en saturar las muestras con agua tres veces al día por tres días y dejarlas secar a ambiente, transcurridos los días de curado se procedió a realizar el ensayo a compresión para verificar la proporción óptima de cemento. Los resultados de la resistencia a compresión demostraron que la proporción del 15% de cemento, ya que alcanzó la resistencia de 30 Kg/cm² para mampostería confinada y 20 Kg/cm² de resistencia para ladrillos artesanales, a diferencia de los ladrillos con puzolana que no alcanzaron la resistencia mínima requerida para muros de mampostería confinada pero que si cumplen con la resistencia mínima a compresión de ladrillos. Por lo cual concluye que, se obtuvo la resistencia a compresión de los ladrillos prensados interconectados y que es una posibilidad estructural viable ya que la adición de cemento incrementa la resistencia a compresión de las unidades de

mampostería. Así mismo se debe destacar que con la fabricación de este tipo de ladrillos se contribuye con el medio ambiente reduciendo la contaminación ambiental y deforestación.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la tesis de Hernández y Vences (2021) se diseñó una unidad de albañilería prensada con arcilla sustituida parcialmente por PET pulverizado, cemento y mucílago de Tuna en Chiclayo. El método de investigación fue científico con diseño experimental. La muestra estuvo conformada por 60 unidades de albañilería, de las cuales 30 unidades (muestra X1) contaron con la dosificación de 35% de arena, 15% de PET en polvo y 50% de mucilago de tuna; y las otras 30 unidades (muestra X2) tuvieron la dosificación de 55% de arena, 20% de cemento, 20% de PET pulverizado y 25% de mucilago de tuna. Las pruebas de laboratorio realizadas a las unidades de albañilería fueron: alabeo, variación dimensional, resistencia a compresión y absorción. Los resultados de las pruebas realizadas al grupo control y los grupos experimentales evidenciaron similitudes en la variación dimensional y absorción, a diferencia de las pruebas de resistencia a compresión y alabeo donde los valores. Concluyeron que, las muestras del grupo experimental de la muestra X1 fue desfavorable en los ensayos realizados y que ambos grupos experimentales o tratamientos no cumplen con los requisitos para representar la unidad de albañilería estructural.

El estudio de Monrroy (2020) evaluó las propiedades físico – mecánicas de la albañilería con ladrillos de suelo estabilizados con 10%; 15% y 20% de cemento, para uso estructural en Huancayo – Junín. El método de investigación fue científico con diseño experimental. La muestra estuvo compuesta por 261 unidades de albañilería para realizar los ensayos físicos y mecánicos. Los ensayos físicos fueron: variación dimensional y alabeo, peso específico y humedad, absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación; los ensayos mecánicos fueron: compresión axial en unidades, compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes. La investigación inició con la selección de suelo, extracción, secado, tamizado, mezcla de componentes, adición de cemento y agua, compactación y moldeo, acopio y curado, para finalizar con los ensayos de físicos y mecánicos de las unidades de albañilería. Los resultados mostraron un tipo de suelo A-2-4 para la mezcla con cemento portland tipo I, la

mezcla fue compactada en un equipo con capacidad de 7 ton de presión, para la preparación de muretes se empleó el mortero tipo P2 con dosis de 1:5 (cemento: arena) y espesor de 1.5 cm. Referente a las propiedades mecánicas se obtuvo que las unidades estabilizadas con 10% de cemento cumplen los requisitos mínimos de la norma E.070 de albañilería y se clasifican como ladrillos tipo II además de recomendar su uso en muros no portantes como cercos perimétricos, tabiquería, entre otros; a diferencia de las unidades estabilizadas con 15% y 20% de cemento que si cumplen con los requisitos de albañilería y se recomiendan para la construcción de edificios de hasta 2 pisos. Concluyendo que, las unidades de albañilería estabilizadas con cemento cumplen con los requisitos de la norma E.070 de albañilería, por lo cual a las unidades tratadas con 15% y 20% de cemento se les puede considerar como ladrillos King Kong artesanal.

En el estudio de Escalante y Gonzáles (2020) se evaluaron las propiedades físico – mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo – cemento y ensambladas con tubos PVC en el departamento de Cusco. El método de investigación fue científico con diseño experimental. La muestra estuvo conformada por 108 unidades que se distribuyen para las pruebas de variación dimensional y alabeo, compresión axial, absorción, módulo de rotura, módulo de elasticidad, resistencia a compresión axial de pilas y muretes. Para el cual se empleó suelo de la zona de Juscapampa del distrito de San Jerónimo, que es la zona donde se encuentran las ladrilleras en la ciudad del Cusco. Con la finalidad de hacer posible la investigación, los autores elaboraron un equipo de prensado según los planos de CETA-RAM con la capacidad de producir una carga de 80 lb y poder obtener la geometría de las unidades de albañilería de 24 cm x 12 cm x 9 cm con 2 orificios de 6 cm de diámetro. Entre los resultados que más destacan está el tipo de suelo como arcilla de alta plasticidad, con un diseño de mezcla del 20% de cemento, 74.58% de suelo y 5.42% de agua, la resistencia alcanzada de las unidades de albañilería fue 86.16 Kg/cm² el cual superó a la resistencia del ladrillo King Kong artesanal, además de que el ladrillo se clasificó como tipo II según la norma E.070 de albañilería. Por lo cual concluyeron que, las propiedades física – mecánicas de la albañilería cumple con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana E.070 para clasificación estructural.

En la tesis de Lazo (2018) se estudió la variación de la resistencia a compresión de pilas de ladrillos fabricados de arcilla artesanal y de concreto utilizando mortero con cal y sin cal. El método de investigación fue científico con diseño experimental. La muestra estuvo conformada por 72 pilas de ladrillos de arcilla industrial, artesanal y con concreto, además de 24 cubos de mortero con muestras para las pilas. Para alcanzar el objetivo propuesto, se trabajó con morteros de 1:4; 1:4:1/2; 1:5; 1:5:1/2 según la norma E.070 para uso en muros portantes, así mismo se clasificaron los ladrillos de acuerdo a los ensayos de alabeo, compresión simple, succión y absorción; también se realizaron cubos de mortero de 50 mm de lado para determinar la resistencia a compresión (f_m). Posteriormente, se realizaron pilas de ladrillos en tres hileras con espesor de mortero de 1.5 cm con un curado de 28 días y después someterlas a resistencia a compresión axial. Cabe resaltar que las pilas de ladrillos presentaron diferentes alturas por la variación dimensional de los ladrillos. Los resultados evidenciaron tres tipos de ladrillos como IV, I y II para ladrillo de arcilla industrial, de arcilla artesanal y concreto artesanal respectivamente. La resistencia a compresión del mortero de 1:5 fue de 116.456 Kg/cm², con 1/2 de cal aumentó a 122.586 Kg/cm², el mortero de 1:4 alcanzó una resistencia de 133.619 Kg/cm², con 1/2 de cal incrementó a 140.793 Kg/cm². Por lo cual la autora concluye que, al añadir cal al mortero se incrementa la resistencia a compresión de las pilas de ladrillos.

En la tesis de Febres (2017) se evaluó la problemática ambiental producida por las ladrilleras artesanales en la ciudad de Arequipa. El método de investigación fue científico, con diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por las ladrilleras informales de la ciudad de Arequipa, del distrito de Mollebaya, Cooperativa Virgen de Chapi, Zona de Machahuaya. El estudio analizó y evaluó el proceso de producción artesanal actual de los ladrillos de construcción en la zona de Mollebaya y Yarabamba, para hacer un diagnóstico de los impactos en los alrededores así como los agentes directos por medio de una encuesta y finalmente llevar a laboratorio los ladrillos que la población compra para sus construcciones. La autora concluye que el uso de un aditivo orgánico (tepetate, material de banco, tierras comunes y arcillas) como material alternativo reducirá la contaminación del aire en la etapa de quemado u horneado en la fabricación

de ladrillos, debido a que altera la estructura de la mezcla brindando una composición sólida, permeable, resistente, moldeable y reciclable.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Albañilería

La albañilería o mampostería conocida así en otros países, se define como el conjunto de unidades trabajadas o adheridas con algún material adhesivo que puede ser mortero de barro o cemento y las unidades pueden ser naturales (de piedra) o artificiales (adobe, ladrillo y bloque). Debido a que este sistema fue desarrollado por el hombre con el fin de satisfacer su necesidad de vivienda (San Bartolomé, 1994).

La albañilería es un material heterogéneo y anisotrópico que por naturaleza presenta un mejor resistencia a la compresión, que depende principalmente de la unidad de albañilería, mientras que la resistencia a la tracción es reducida y está controlada por la adhesión entre unidad y mortero (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

2.2.1.1. Tipos de albañilería

Según San Bartolomé (1994), la albañilería, se clasifica por la función estructural o solicitaciones actuantes y por la distribución de refuerzo. A continuación, se describe de forma detallada la clasificación.

a. Por la función estructural

Por la función estructural, se clasifican en muros portantes y no portantes, los cuales se describen a continuación.

- **Muros portantes**

Se emplean como elementos estructurales de un edificio. Están sujetos a todo tipo de solicitación tanto la contenida en su plano como perpendicular a su plano, siendo también una solicitación vertical, lateral, permanente o eventual (San Bartolomé, 1994).

- **Muros no portantes**

Son aquellos que no reciben carga vertical, como pueden ser los cercos, parapetos y tabiques. El diseño de este tipo de muros debe de hacerse

ante cargas perpendiculares a su plano, como pueden ser las originadas por el viento, sismo u otras cargas de empuje, como se puede ver en la siguiente figura la representación de las cargas perpendiculares al plano del muro (San Bartolomé, 1994).

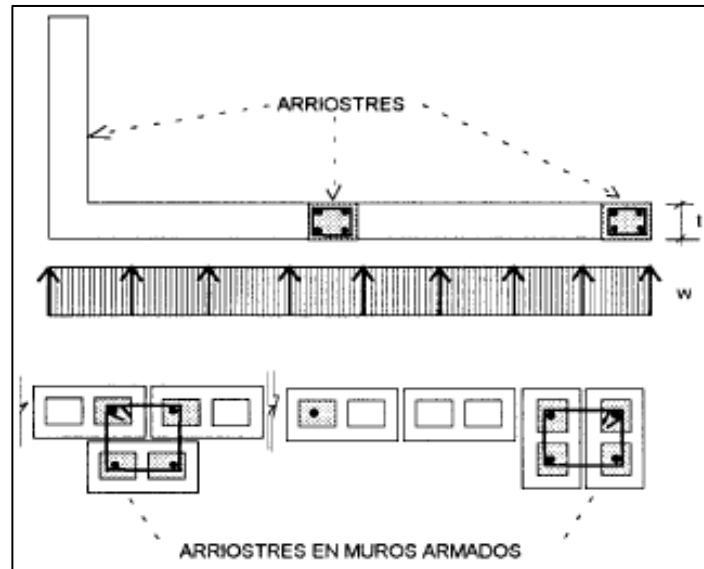


Figura 1. Representación de las cargas perpendiculares al plano del muro
Fuente: (San Bartolomé, 1994)

Por otro lado los cercos perimétricos son empleados como cierre en los límites externos de una edificación o terreno, los tabiques son empleados como elementos divisorios de ambientes en las edificaciones y los parapetos son utilizados como barandas de escaleras y para dar seguridad en las azoteas, entre otros (San Bartolomé, 1994).

○ **Tabiques**

Actualmente, los tabiques son de albañilería, debido a las propiedades térmicas, acústicas e incombustibles del fuego. En estos elementos, se emplean morteros de baja calidad y ladrillos tubulares con perforaciones paralelas a la cara del asentado, con la finalidad de amenorar el peso del edificio frente a solicitudes sísmicas (San Bartolomé, 1994).

b. Por la distribución del refuerzo

Por la distribución del refuerzo, los muros se clasifican en muros no reforzados y muros reforzados.

- **Muros no reforzados**

Los muros no reforzados o de albañilería simple, son los que carecen de refuerzo o que si lo tienen no cumplen con las especificaciones mínimas reglamentadas que todo muro reforzado debe de tener según la Norma E. 070 (San Bartolomé, 1994).

Según la Norma E.070, el uso de muros no reforzados está limitado a construcciones de un piso. Sin embargo, en la ciudad de Lima existen edificios antiguos de albañilería no reforzada de hasta 5 pisos, ubicados sobre suelos con buena calidad, además estos edificios presentan una alta densidad de muros en ambas direcciones, motivos por el cual este sistema se comportó elásticamente ante los terremotos ocurridos en los años 1966, 1970 y 1974 (San Bartolomé, 1994).

En la siguiente figura, se puede observar un edificio de albañilería no reforzada.



Figura 2. Edificio de albañilería no reforzada
Fuente: (Astroza, 2000)

El espesor efectivo de un muro, se define como el espesor descontando los acabados, bruñas u otras indentaciones. Según la Norma E. 070, el espesor efectivo mínimo en los muros no reforzados debe ser:

$$t = \frac{h}{20}$$

Donde: h, es la altura libre de piso a techo o altura de pandeo. Dicha fórmula proviene de las posibles consideraciones como problemas de pandeo, cuando los muros esbeltos están sujetos a cargas

perpendiculares a su plano o cargas verticales excéntricas; tal como se puede ver en la siguiente figura.

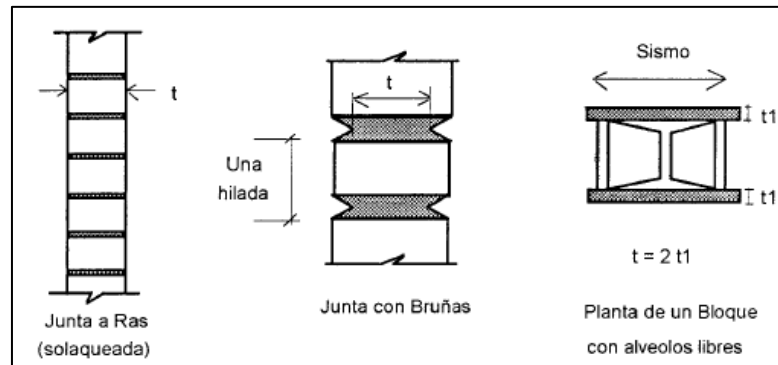


Figura 3. Espesor efectivo de un muro
Fuente: (San Bartolomé, 1994)

○ Muros reforzados

Según la distribución de refuerzos, los muros se clasifican en muros armados, muros laminares y muros confinados; en las siguientes líneas se describen a detalle.

Es importante mencionar que de acuerdo con la Norma E. 070, que en todo muro reforzado puede emplearse un espesor efectivo igual a:

$$t = \frac{h}{26}$$

Siendo así, para una altura libre h de 2.4m el espesor efectivo será $t=9\text{cm}$. Sin embargo se recomienda emplear en espesor efectivo de $t = h/20$ para evitar problemas de excentricidades accidentales debido a la falta de verticalidad del muro y de este modo facilitar la colocación del refuerzo vertical y horizontal (San Bartolomé, 1994).

- Muros armados

Se caracterizan por llevar el refuerzo en el interior de la albañilería, el cual generalmente está distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo vertical) y a lo largo de su longitud (refuerzo horizontal).

Este tipo de muros requiere de unidades de albañilería especiales, con alveolos donde se pueda colocar el refuerzo vertical u horizontal, es necesario mencionar que el diámetro del refuerzo horizontal depende de la magnitud de la fuerza cortante, para el cual tiene que soportar el acero de forma íntegra (San Bartolomé, 1994). En la

siguiente figura, se puede ver la disposición del refuerzo en un muro armado.

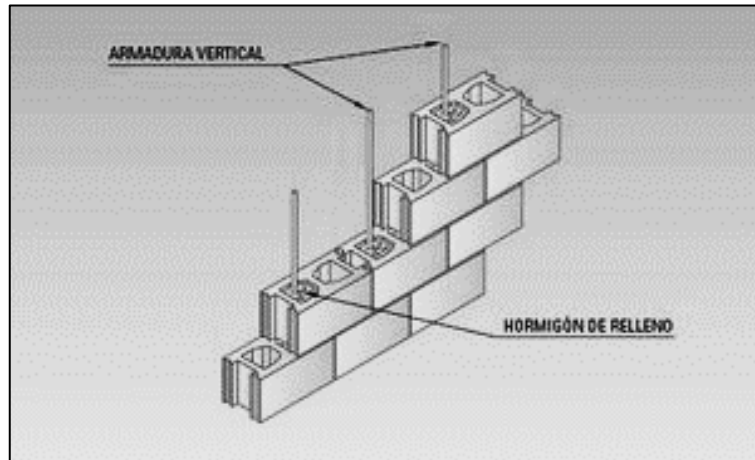


Figura 4. Disposición del refuerzo en un muro armado
Fuente: (NormaBolc, 2001)

Los muros armados deben de satisfacer los siguientes requisitos:

“El recubrimiento de armadura debe ser mayor que 1.5 veces el diámetro de la varilla y no menor a 10mm. El espesor del mortero de las juntas no debe ser menor al diámetro de la varilla de acero horizontal. El diámetro o dimensión mínima de los alveolos debe ser 5cm por cada varilla vertical o 4 veces el diámetro de la varilla por el número de varillas alojadas en el alveolo” (San Bartolomé, 1994). De acuerdo con la Norma E. 070 de Albañilería, en el artículo 28 de albañilería armada; menciona que la cuantía mínima para los refuerzos verticales y horizontales no debe ser menor a 0,1% siendo varillas de refuerzo corrugadas, también recomienda que el acero de refuerzo horizontal se puede alojar en la cavidad horizontal de la unidad de albañilería y del mismo modo, también puede ser colocada en la cama del mortero de las hiladas cuando dicho espesor sea mayor a 15mm. Por otro lado en el artículo 21 también de albañilería armada, menciona que el concreto líquido debe de cumplir con tener una resistencia a la compresión $f_c \geq 13,72 \text{ MPa}$ (140 kg/cm^2) y finalmente el artículo 5 menciona que las unidades alveolares deberán de cumplir con el relleno total o parcial con grout (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

- Muros laminares

Los muros laminares o tipo sándwich, están constituidos por una pared delgada de concreto el cual puede estar comprendido entre 1 a 4 pulgadas con relleno de grout o concreto normal, además de estar reforzado con una malla de acero central y 2 muros de albañilería simple que funcionan como encofrados de la placa (San Bartolomé, 1994).

Debido a la adherencia entre los muros de albañilería y la placa de concreto, se logra una integración completa de todo el sistema. No obstante, en una investigación realizada por Héctor Gallegos en Perú, donde se emplearon ladrillos sílico-calcáreos se obtuvo un buen comportamiento elástico laminar y una elevada rigidez lateral y resistencia al corte, sin embargo posterior al agrietamiento diagonal de la placa ocurrió una frágil degradándose la resistencia y rigidez haciendo que los muros de albañilería se separen de la placa de concreto. Hasta la actualidad en el Perú, no se ha construido un edificio con este sistema, también es necesario mencionar que los Estados Unidos se ha empleado este sistema para construir edificios de más de 20 pisos (San Bartolomé, 1994).

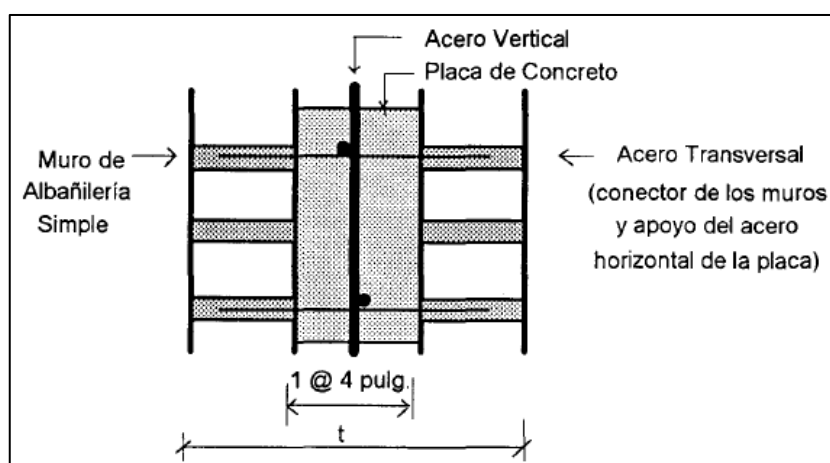


Figura 5. Sección transversal de un muro laminar
Fuente: (San Bartolomé, 1994)

- Muros confinados

Los muros confinados o también conocido como albañilería confinada, es el sistema estructural más empleado en toda Latinoamérica para la construcción de edificios de hasta 5 pisos. Se caracteriza por estar enmarcado de una cadena de concreto armado

vaciada posteriormente a la construcción del muro que generalmente se emplea una conexión dentada entre los muros y las columnas (San Bartolomé, 1994). Tal como se puede observar en la siguiente figura.

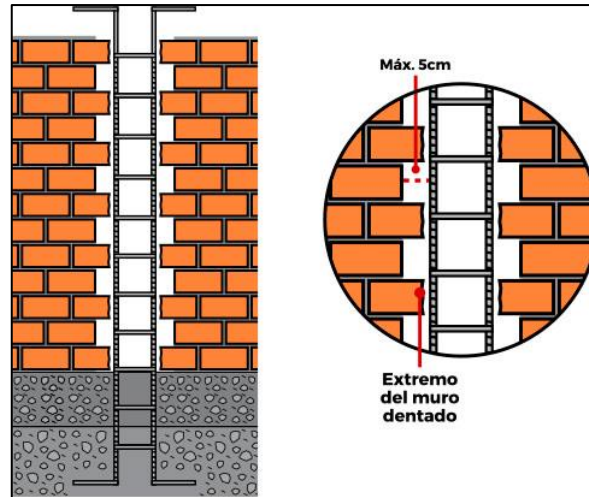


Figura 6. Albañilería confinada con muros dentados
Fuente: (MAESTRO - Construye bien , s.f.)

El pórtico de concreto armado que rodea al muro sirve para brindar ductilidad al sistema lo que significa tener capacidad de deformación inelástica incrementando levemente la resistencia por el hecho de que la viga y las columnas tienen dimensiones pequeñas y con escaso refuerzo. De igual manera, el pórtico funciona como elemento de arriostre frente a acciones perpendiculares al plano del muro de albañilería (San Bartolomé, 1994).

La técnica constructiva, hace que los muros confinados desarrollen adherencia en las zonas de interfase como columna-muro y viga-muro, permitiendo la integración de todo el sistema como si fuera una placa de concreto armado pero con otras características elásticas y resistentes (San Bartolomé, 1994). En la siguiente figura, se puede observar el sistema de albañilería confinada.

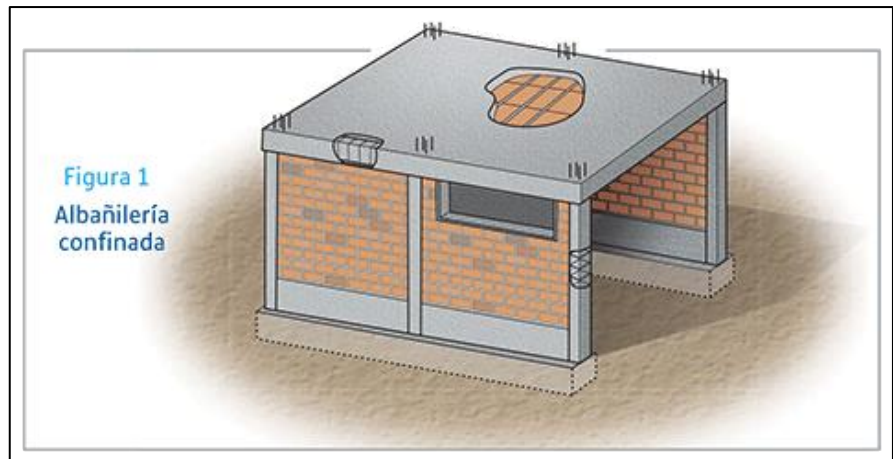


Figura 7. Albañilería confinada
Fuente: (Aceros Arequipa, s.f.)

La Norma E. 070 de Albañilería, menciona los siguientes requisitos para considerar un muro confinado.

El artículo 20 de albañilería confinada, menciona que el muro debe quedar enmarcado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas), considerando la cimentación de concreto como elemento horizontal para los muros del primer nivel. la distancia máxima entre centro a centro de las columnas debe ser 2 veces la distancia entre los elementos horizontales y no mayor a 5m y de cumplir con estas especificaciones no será necesario el diseño ante solicitaciones sísmicas ortogonales a su plano, excepto cuando exista excentricidad de carga vertical. Utilizar elementos de confinamiento de concreto con $f'_c \geq 17,15MPa$ ($175kg/cm^2$). Espesor mínimo de columnas y vigas soleras será igual al espesor efectivo del muro. El peralte de la viga será igual al espesor de la losa de techo. El peralte mínimo de la columna será 15cm. Y finalmente el artículo 11 también de albañilería confinada, menciona que en el caso de emplearse una conexión dentada la longitud de la unidad no excederá los 5cm y deberán limpiarse las los excesos de mortero y otras partículas. En cuanto al concreto de los elementos de confinamiento, menciona que este debe de ser fluida con un revenimiento de 12.7mm o su equivalente 5pulgadas. El recubrimiento mínimo de la armadura deberá de ser 2cm cuando los muros son tarrajeados y 3cm cuando

son caravista (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

En la siguiente figura, se puede ver un esquema de la clasificación de los tipos de albañilería según (San Bartolomé, 1994).

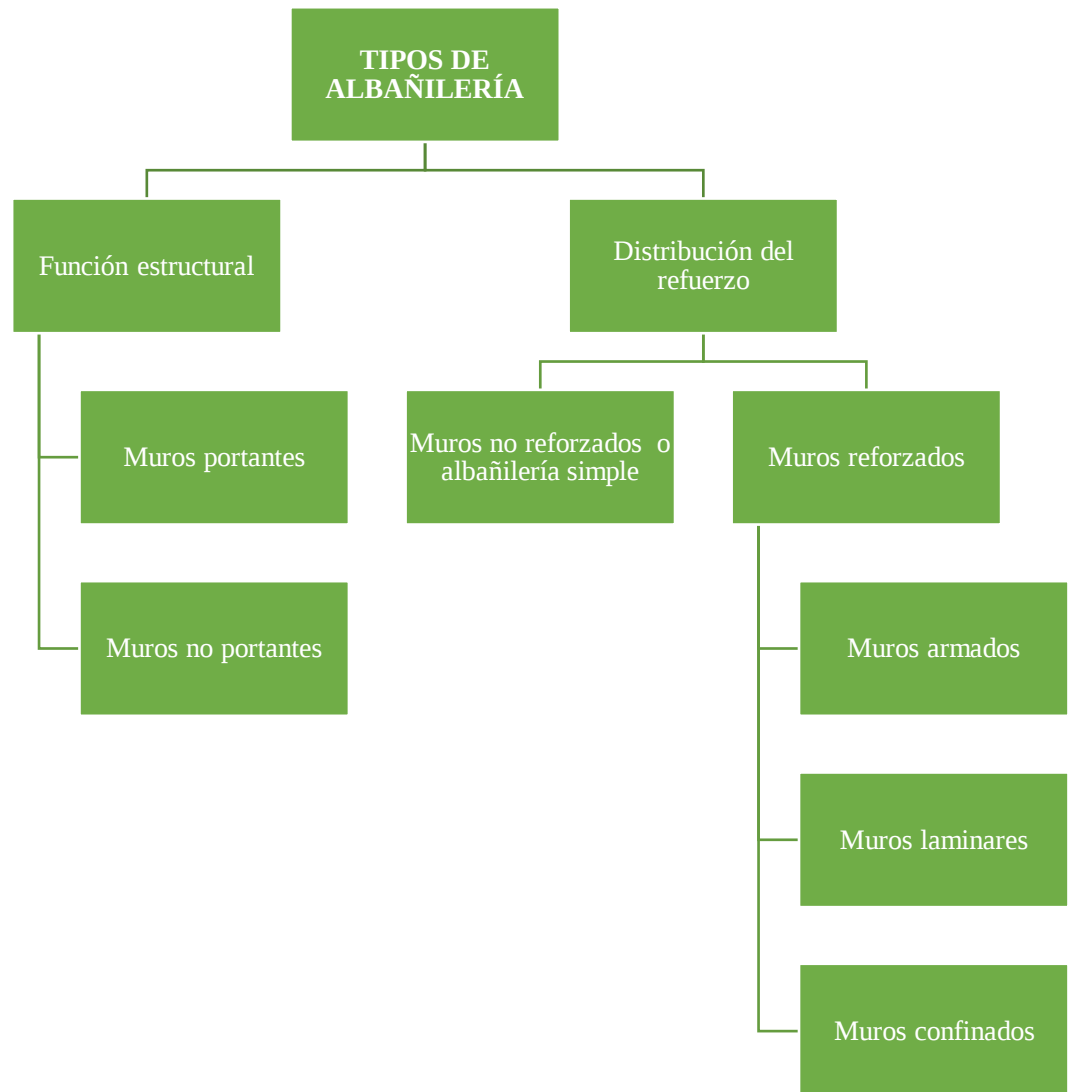


Figura 8. Esquema de los tipos de albañilería
Fuente: Elaboración propia

2.2.1.2. Unidad de albañilería

a. Unidades de arcilla

○ Generalidades

Las unidades de arcilla son usualmente ladrillos de arcilla sólidos, perforados y tubulares. La formación de las unidades de arcilla se realiza

por todos los métodos de moldeo, en consecuencia la gama de productos, su calidad y su variabilidad son prácticamente ilimitadas, además el color de dichas unidades va del amarillo al rojo. La naturaleza de las unidades es lisa cuando ha sido moldeada en contacto con moldes metálicos y rugosa cuando el moldeo se realizó con moldes de madera arenados (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

- **Materia prima**

La materia prima básica es la arcilla, la cual está compuesta de sílice y alúmina con cierta cantidad variable de óxidos metálicos y otros. Las arcillas pueden ser de dos tipos; arcilla calcárea que contiene un aproximado de 15% de carbonato de calcio y su color característico de la unidad es el amarillo, el siguiente tipo es la arcilla no calcárea que está compuesta de silicato de alúmina y contiene de 2 a 10% de óxidos de hierro y feldespato siendo su color característico de acabado el rojo o salmón que depende del contenido de óxido de hierro (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005). Tal como se muestra en la siguiente figura.

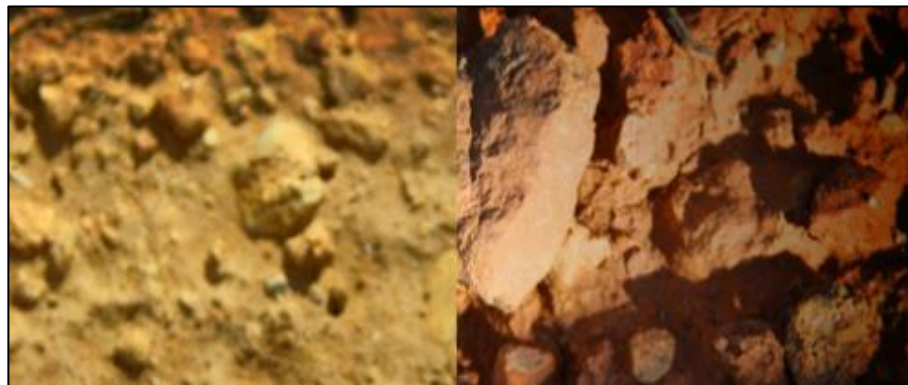


Figura 9. Arcilla calcárea (a la izquierda) y Arcilla no calcárea (a la derecha)
Fuente: (VingesDomenech, 2018)

Las arcillas se presentan en forma natural, las cuales derivan de la degradación natural de las rocas ígneas, feldespatos, depósitos aluviales o eólicos y están mezcladas con arenas y limos, las mismas que reducen las contracciones y agrietamientos en el momento de secado y quema. En la actualidad, se emplean las arcillas superficiales, que corresponde a una formación sedimentaria reciente que están expuestas a sales por razones

naturales y la agricultura; de las cuales se producen unidades más vulnerables a la eflorescencia (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

○ **Fabricación**

En la siguiente figura, se puede observar la secuencia del proceso de fabricación de las unidades de arcilla.

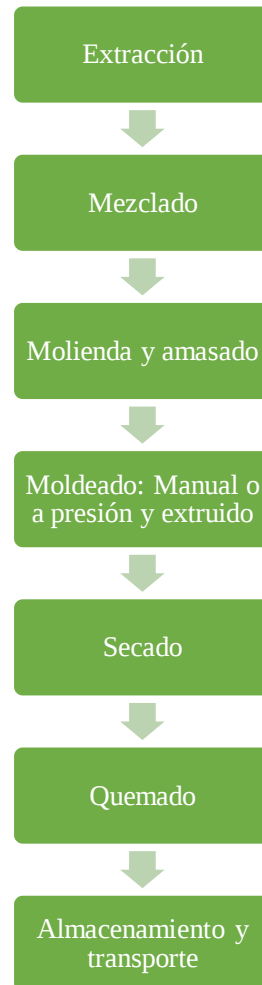


Figura 10. *Proceso de fabricación de las unidades de arcilla*
Fuente: (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005)

En las siguientes líneas, se detallan los aspectos importantes del proceso de fabricación de las unidades de arcilla.

- Cuando las unidades van a ser moldeadas a presión, se añade una cantidad de agua menor al 10% del peso de las unidades para obtener una consistencia tiesa y seca. En el caso de extrusión, la consistencia

debe de ser más plástica y se agrega entre 12 a 15% del peso en agua (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

- La fabricación en los métodos de moldeo y extrusión, al someterse al secado se contraerán entre el 4 a 16% en volumen, razón por la cual al ser elaboradas las unidades se incrementa dicho tamaño (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).
- Las unidades que recientemente fueron extruidas presentan exceso de agua, el cual debe de ser removido antes del quemado. Se puede emplear hornos de secado a temperatura de 200°C aproximadamente o tomando más tiempo al aire libre. Sin olvidar que el secado rápido provocará agrietamientos excesivos (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).
- La etapa de quemado es la parte central de la fabricación de ladrillos, pudiendo emplearse hornos artesanales o sofisticados de producción continua. Los ladrillos pasan por las etapas de deshidratación, oxidación y en algunos casos vitrificación y la quema puede durar de 2 a 5 días, dependiendo obviamente de las propiedades de la arcilla, tipo de unidad y especificaciones del producto terminado (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

Las limitaciones de la aplicación de las unidades de albañilería en la investigación se detallan de acuerdo a la Norma Técnica de Edificaciones – NTE E. 030 de Diseño Sismorresistente, para lo cual se muestra la siguiente tabla.

Tabla 1. *Limitaciones del uso de unidades de albañilería*

LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
Tipo	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido artesanal	No	Si, hasta 2 pisos	Si
Sólido industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Si	Si	Si
	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta 2 pisos

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

La siguiente tabla, muestra la clasificación de las unidades de albañilería para fines estructurales según la norma E.070 de albañilería.

Tabla 2. *Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales*

Clase de unidad de albañilería para fines estructurales					
Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia a compresión (f'b mín. en MPa - Kg/cm2 sobre área bruta)
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
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)

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

b. Propiedades de la unidad de albañilería

○ Resistencia a la compresión

Principal propiedad de la unidad de albañilería, los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad en todos los fines estructurales, mientras que los valores bajos señalan que la albañilería será

poco resistente y poco durable. Sin embargo, esta propiedad es difícil de ser medida, debido a la gran variedad de dimensiones de las unidades e incluso debido a la restricción de los cabezales de la máquina de compresión (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

En líneas generales, la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería está relacionada a la masa, altura de testigo y forma. De igual forma su durabilidad debe de ser analizada según el resultado del ensayo de compresión, valores de absorción máxima y coeficiente de saturación. En caso de disponer de máquinas de compresión que pueden medir la reacción del testigo ante la aplicación de deformación controlada será posible obtener curvas completas de esfuerzo - deformación unitaria, tal como se puede observar en la siguiente figura (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

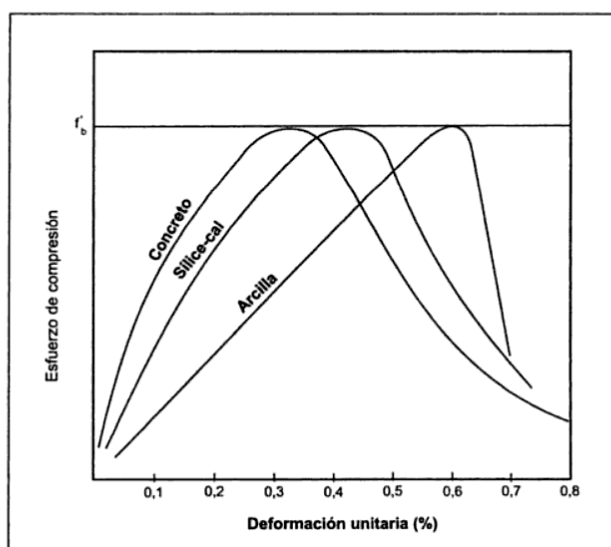


Figura 11. Curva esfuerzo - deformación unitaria
Fuente: (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005)

○ Resistencia a la tracción

En un muro sometido a compresión, la falla se produce por tracción transversal de la unidad de albañilería; por lo que la propiedad de resistencia a la tracción es importante y generalmente se realiza en testigos macizos, siendo los ensayos más usuales el ensayo de tracción directa y el ensayo de tracción por flexión (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

En las siguientes figuras, se muestran el esquema del ensayo de tracción indirecta de la unidad de albañilería y el ensayo de tracción a una unidad de albañilería.

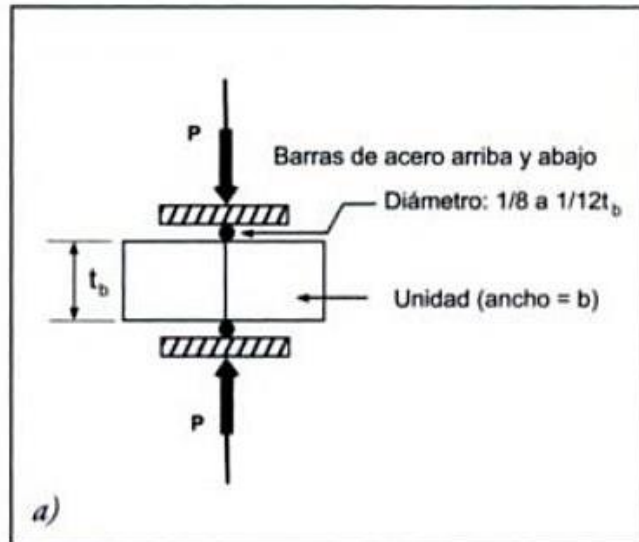


Figura 12. Esquema de ensayo de tracción indirecta
Fuente: (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005)



Figura 13. Ensayo de tracción
Fuente: (Vargas, 2016)

○ Variabilidad dimensional

La propiedad de la variabilidad dimensional define la altura de las hiladas ya que en este aspecto mayormente las dimensiones varían. Ante la necesidad de incrementar el espesor de junta de mortero por encima de lo necesario a la adhesión que normalmente es de 9 a 12mm se obtiene albañilería menos resistente en compresión (Gallegos & Casabonne,

Albañilería Estructural, 2005). En la siguiente figura, se puede observar la altura de una hilada de albañilería.

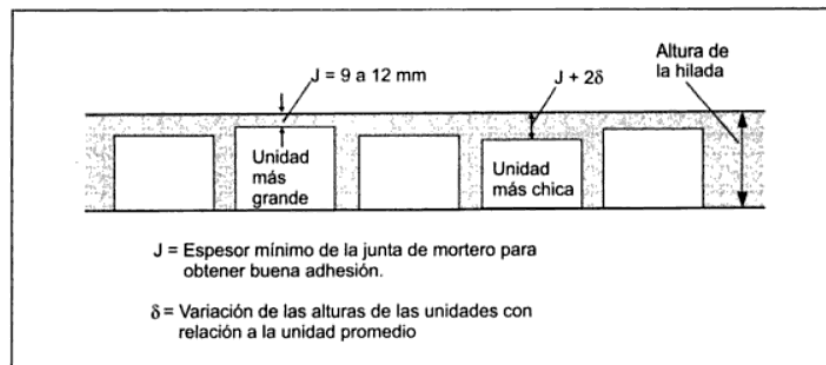


Figura 14. Altura de una hilada de albañilería
Fuente: (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005)

○ **Alabeo**

El efecto del alabeo es semejante a la variación de la dimensión (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

○ **Succión o absorción**

Medida de la existencia de agua en la unidad de albañilería en la cara de asiento, es una característica para medir relación mortero unidad en la interfase de contacto y la resistencia a tracción de la albañilería (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

Se ha comprobado que las unidades que presentan mayor succión no desarrollan un buen asentado. Ya que cuando la succión es alta el mortero se deforma y endurece el cual impide el completo contacto con la cara de la siguiente unidad, teniendo como resultado una pobre adhesión, uniones de baja resistencia y permeables al agua; por lo que se asume que la propiedad de succión define la capacidad de adhesión entre la unidad y el mortero. Esto explica que la succión no está asociada a la estructura de poros sino a al contenido de poros de los capilares de la unidad relacionada al agua libre y no al contenida en los poros del mortero (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

La porosidad total es la mediada de los espacios vacíos de un cuerpo sólido y en albañilería, el rango de porosidad total va desde 25% de volumen de unidades compactas hasta el 50% de unidades porosas de

fabricación artesanal. Estos poros varían en forma y textura, por lo que los poros en las unidades sintetizadas se pueden considerar como conductos cilíndricos de textura suave, mientras que en las unidades de matriz cementicia se asemejan a una sucesión de esferas de textura rugosa debido a la presencia de cristales de hidratación en la superficie de los agregados (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005). En la siguiente tabla, se puede observar el espectro de poros de las unidades de albañilería representativas.

Tabla 3. Espectro de poros de unidades representativas.

Radio de poros (μm)	Arcilla compacta Succión: 30 - 40g	Arcilla porosa Succión: 50 - 100g	Sílice -cal Succión: 20 - 40g
<0,01	0	0	10
0,01 – 0,1	10	0	40
0,1 – 1	40	10	40
1 – 5	40	60	10
05 - 10	10	30	0

Fuente: (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005)

○ **Durabilidad**

Aparte de los aspectos de durabilidad relacionados a la eflorescencia, resistencia a los sulfatos y resistencia al desgaste por abrasión; el principal aspecto de durabilidad se refiere al intemperismo. El intemperismo equivale al producto del promedio anual de la precipitación invernal en pulgadas, conocido como ciclo de congelamiento en cualquier día que está sobre o debajo del 0°C. La precipitación invernal es la suma en pulgadas de la precipitación media mensual, que es igual a la precipitación invernal anterior menos un décimo de la caída total de nieve, hielo o granizo (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

La intemperización severa tiene un índice que va de 500 a más, la moderada está entre 100 y 499 y la insignificante tiene un índice menor igual a 99. Las zonas con intemperización severa, se encuentran en los climas marítimos; siendo la manera más adecuada de que las unidades tengan mayor durabilidad es sometiéndolas a ciclos alterado de hielo y deshielo (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

2.2.2. Cemento endurecido

El cemento se ha consolidado como el material de construcción por excelencia y su importancia queda constatada por el hecho de ser el material que más se produce en el mundo con cerca de 80 millones de toneladas al año debido a sus principales características:

- Resistencia, durabilidad y versatilidad.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Resistente al fuego.
- Eficiencia energética en su producción. Producir concreto utiliza menos energía que la que se emplea en producir cualquier otro material de construcción; en comparación, 1 ton de concreto requiere 1.4 GJ/t mientras que el acero requiere de 30 GJ/t y la producción de madera requiere de 2 GJ/t.
- Altamente disponible

Este material no solo es impulsador de industrias como la de productos de cemento, sino también es fuente demandante de servicios y productos de otras industrias.

El cemento Portland se puede entender como “cementante” a aquella sustancia adhesiva que es capaz de unir fragmentos o masas de materiales y conjuntarlos en un “todo”. Otra definición indica que los cementos inorgánicos son materiales en polvo que, si se les permite reaccionar con una fase líquida (usualmente agua o alguna solución acuosa de un reactante adecuado), comienzan a desarrollar reacciones químicas asociadas a determinada relación líquido/sólido, con la formación de una estructura firme.

La norma ASTM-C-219, define como cemento Portland al material hidráulico producto de la molienda de clinker, el cual consiste de al menos dos tercios en masa de silicatos de Calcio $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ y $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, el resto contiene óxido de aluminio (Al_2O_3) y óxido de hierro (Fe_2O_3). Usualmente contiene una o más formas mineralógicas del sulfato de calcio como adición en la molienda.

En algunas pastas de cemento, el endurecimiento toma lugar únicamente en contacto con el aire y está asociado con una pérdida del agua libre y/o con una

reacción con el CO_2 presente en el aire. Tales aglutinantes se conocen como no-hidráulicos, contrariamente a los cementantes hidráulicos en donde el proceso de endurecimiento puede también llevarse a cabo bajo el agua, y está asociado a un proceso de hidratación.

Los materiales o constituyentes que reaccionan espontáneamente con el agua causando el fraguado y endurecimiento de la mezcla original, son considerados hidráulicamente activos. Ese tipo de materiales son los que exhiben propiedades hidráulicas.

El clinker de cemento Portland es el producto de la calcinación de una mezcla de materiales los cuales contienen los óxidos de CaO , SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 , además de otros óxidos en menor proporción a temperaturas donde se promueve una fusión incipiente. Bajo estas condiciones, el CaO presente originalmente como CaCO_3 es convertido inicialmente en CaO y reacciona posteriormente con el resto de los elementos para formar los minerales de clinker. La fase más importante producida durante el proceso de clinkerización es el silicato tricálcico, ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ o Ca_3SiO_5 , de manera comúnmente aceptada C3S). Las otras fases principales presentes en el clinker Portland son el silicato dicálcico (C_2S o $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ o Ca_2SiO_4 , o en su forma corta C2S), el aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ o $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$, o C3A) y el ferroaluminato de calcio (fase ferrita, $2\text{CaO} (\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$ o $\text{C}_2(\text{A},\text{F})$ también descrita como C4AF). En los cementos industriales, estos minerales contienen porcentajes variables de otros iones en la estructura cristalina.

2.2.3. Arcilla

La arcilla es un producto natural, originado de la erosión y oxidación de las rocas sedimentarias, es un material heterogéneo compuesto principalmente por aluminosilicatos hidratados resultantes de la descomposición de los feldespatos como el granito y rocas silíceas durante millones de años, por acción del agua, sedimentación, cambios químicos y de temperatura, entre otros.

Besoain (1985) afirma que “El mineral de arcilla comprende a los aluminosilicatos hidratados cristalinos, algunos con substitución parcial o total del aluminio por magnesio o hierro y que incluyen como constituyentes, en ciertos casos, elementos alcalinos o alcalinotérreos” (p. 9). La fórmula química de la arcilla es: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

- **Propiedades Físico-Químicas de la Arcilla**

La importancia de las arcillas radica en sus propiedades físico-químicas, que se derivan principalmente de: su tamaño de partícula ($< 2\mu\text{m}$), su diseño o estructura laminar (filosilicatos) y las sustituciones biomórficas que poseen. Como consecuencia de tales particularidades, poseen una gran cantidad de superficie activa, con enlaces no saturados. Es por eso que pueden interactuar con diversas sustancias, en especial con compuestos polares, por lo que la mezcla de arcilla - agua adquiere un comportamiento plástico.

- **Superficie específica**

El área superficial se define como la suma entre la superficie externa más la superficie interna de las partículas constituyentes de la arcilla expresado en m^2/g . Las arcillas presentan una elevada área superficial, algunos ejemplos son:

- Caolinita hasta $50 \text{ m}^2/\text{g}$.
- Illita hasta $50 \text{ m}^2/\text{g}$.
- Montmorillonita de $80\text{-}300 \text{ m}^2/\text{g}$.
- Halloisita hasta $60 \text{ m}^2/\text{g}$.
- Paligorskita de $100\text{-}200 \text{ m}^2/\text{g}$.
- Sepiolita de $100\text{-}240 \text{ m}^2/\text{g}$

2.2.4. Ensayos de laboratorio

2.2.4.1. Ensayo de compresión

Este ensayo se realiza en testigos, donde las unidades están por la mitad aunque algunas normas realizan el ensayo con unidades completas o dos unidades separadas por una junta de mortero. La carga de compresión es aplicada de forma perpendicular a la superficie de asiento y se realiza hasta la rotura de la unidad de albañilería (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

La resistencia a la compresión (f'_b) se obtiene dividiendo la carga de rotura (P_u) entre el área bruta (A) de la unidad cuando es sólida o tubular y el área neta cuando es hueca o perforada, sin embargo la norma peruana considera como divisor al área bruta para evitar errores y de esta manera comparar los valores de resistencia directamente. Generalmente las pruebas son de dos o tres ensayos, para su evaluación estadística que generalmente está referido a la aceptación del 10% de

resultados de pruebas defectuosas (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005). De este modo se obtiene la siguiente fórmula.

$$f'_b = \frac{P_u}{A}$$

2.2.4.2. Ensayo de tracción indirecta

El ensayo de tracción directa se realiza en la máquina de compresión con unidades completamente secas, sobre las cuales se fijó con precisión una barra de acero de diámetro pequeño. El resultado del ensayo a la tracción directa, se obtiene con la siguiente fórmula.

$$f'_{bt} = \frac{2P_u}{\pi * b * t_b}$$

Dónde: P_u es la carga de rotura, b es el ancho de la unidad y t_b es la altura de la unidad.

2.2.4.3. Ensayo de tracción por flexión

Este ensayo de tracción por inflexión, también se realiza con la máquina de compresión sobre unidades de albañilería enteras a la cual se apoya con una luz menor a 18cm y se carga al centro; siendo el resultado el módulo de rotura (f'_{bt}) que se obtiene de la siguiente fórmula.

$$f'_{bt} = \frac{3P_u * l}{2 * b * t_b^2}$$

Donde: P_u es la carga de rotura, l es la luz entre ejes, b es el ancho de la unidad y t_b es la altura de la unidad.

2.2.4.4. Ensayo de variación dimensional

El ensayo de variación de dimensiones incluye la definición de las dimensiones promedio; se realiza sobre una muestra representativa compuesta de por lo menos 20 unidades de albañilería. El ensayo se realiza midiendo todas las dimensiones de la unidad con precisión al milímetro y posterior a ello se promedian los resultados obteniendo los valores P (P_1 , P_2 y P_3). Luego se separan las medidas para cada dimensión; colocando a un lado las medidas que son mayores a P y a otro lado las medias que son menores a P , obteniendo el promedio de cada grupo,

del siguiente modo: $P_{m\acute{a}x}$ ($P_{1m\acute{a}x}$, $P_{2m\acute{a}x}$ y $P_{3m\acute{a}x}$) y $P_{m\acute{i}n}$ ($P_{1m\acute{i}n}$, $P_{2m\acute{i}n}$ y $P_{3m\acute{i}n}$). A continuaci3n, se muestra la obtenci3n de resultados (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

Dimensiones promedio: $P_1 \times P_2 \times P_3$

$$\text{Variaci3n en porcentajes} + V = \frac{P - P_{m\acute{a}x}}{P} \times 100$$

$$-V = \frac{P_{m\acute{i}n} - P}{P} \times 100$$

2.2.4.5. Ensayo de alabeo

Este ensayo consiste en determinar la concavidad y convexidad de las unidades de albañilería, haciendo uso de una regla y cuña graduada tal como se muestra en la siguiente figura y el resultado se expresa en milímetros (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

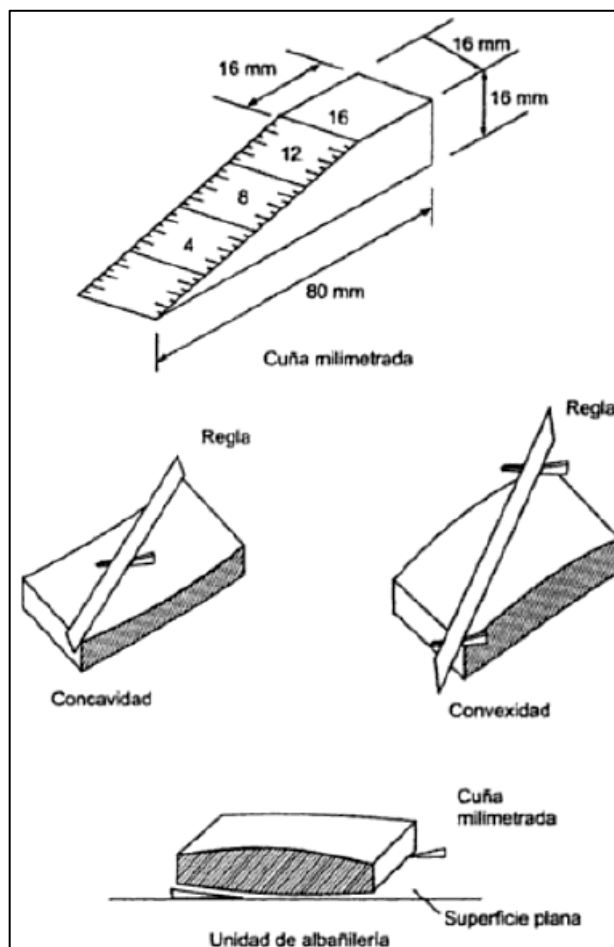


Figura 15. Medici3n de alabeo en la unidad de albañilería
Fuente: (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005)

2.2.4.6. Ensayo de succión

Para el ensayo de succión se emplean unidades secadas al horno de tratarse de ensayos de investigación y unidades en estado natural para determinar la succión para el proceso constructivo. La succión se obtiene del espécimen después de ser pesado (P_s), se coloca sobre los soportes durante un minuto, luego se retira y se seca la superficie con un paño para ser pesado posteriormente (P_m), y de este modo se obtiene la succión según la siguiente fórmula (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

$$Succión = \frac{(P_m - P_s) \times 200}{S}$$

La succión puede ser expresada en gr/200cm²/minuto o simplemente en gramos (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005). En la siguiente figura, se puede observar la disposición del espécimen para realizar el ensayo de succión.

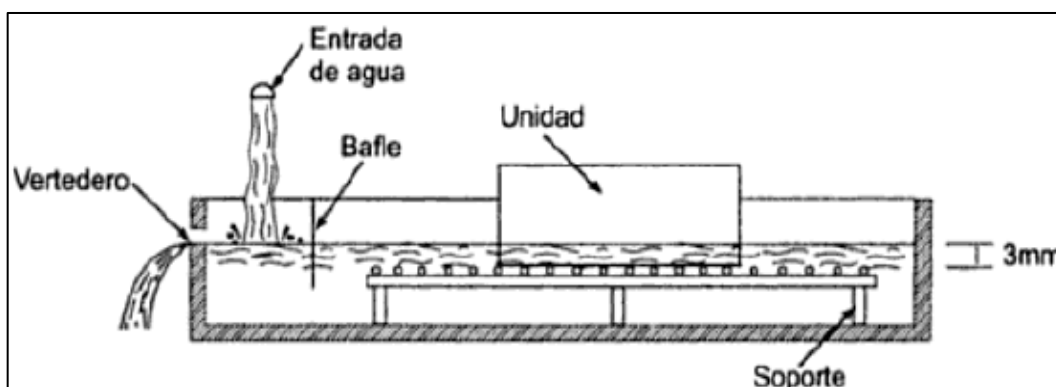


Figura 16. Disposición para el ensayo de succión

Fuente: (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005)

2.2.4.7. Ensayo de absorción

Para el ensayo de absorción, se mide la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante 24 horas, la absorción máxima de la unidad corresponde a su hervido durante 5 horas y el coeficiente de saturación es la relación entre la absorción y la absorción máxima. Para realizar el ensayo, las unidades se secan y se pesan posterior a ello son sometidas al tratamiento descrito líneas arriba y luego de eso se vuelven a pesar. Se llama absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca, el coeficiente de saturación es la relación entre los dos porcentajes (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).

2.3. Definición de términos básicos

a. Albañilería o mampostería

Material estructural compuesto por unidades de albañilería asentadas con mortero o por unidades de albañilería apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

b. Albañilería confinada

Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

c. Albañilería no reforzada

Albañilería sin refuerzo (albañilería simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de la norma E.070 de albañilería.

d. Confinamiento

Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.

e. Construcciones de albañilería

Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.

f. Espesor efectivo

Es igual al espesor de muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro.

g. Unidad de albañilería

Ladrillo y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular.

h. Unidad de albañilería sólida o maciza

Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo o alcance de la investigación

3.1.1. Método

La investigación presente se rige por el método científico ya que seguimos las siguientes pautas en forma ordenada: observación, medición, experimentación, formulación, análisis - recojo de datos y modificación de la hipótesis general y específica (Mohammad Nahg, 2014).

El trabajo busca llegar a una conclusión a partir de una idea Hipotética - Deductiva, donde la elaboración de ladrillos prensados elaborados de cemento endurecido y arcillas de las canteras de San Agustín – Huancayo – Junín donde desarrollan propiedades físicas y mecánicas como una alternativa para el uso de construcción en nuestra Región.

3.1.2. Tipo

Investigación aplicada, basada en leyes universales y generales que busca descubrir leyes particulares o específicas de fenómenos para dar soluciones (Mohammad Nahg, 2014). El trabajo es aplicativo debido a que se empleó un conjunto de conocimientos para la obtención de un resultado dentro de una ciencia y resolver un problema.

3.1.3. Alcance

El nivel de investigación será explicativo, ya que se busca establecer la relación de causay efecto de las variables presentes en la investigación. Según Pestana (2012), su objetivo es encontrar las relaciones causa – efecto de ciertos hechos con el objeto de conocerlos a profundidad.

3.1.4. Diseño

El diseño de investigación fue experimental, ya que se relacionan las variables X e Y, los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posibleefecto de una causa que se manipula, y que para poder realizar el diseño de investigación elegidose debe establecer las variables con las cuales se va trabajar (Hernández y otros, 2014).

En nuestro caso para el estudio en particular se verifica como la arcilla y cemento endurecido influyen de manera directa en los resultados de la otra y también se verifica el grado de relación que se tiene de las mismas.

$$GE: O_1 \times O_2$$

$$GC: O_3$$

En la siguiente tabla, se muestra la tabla de tratamientos de la investigación, así como el número de muestras y ensayos a realizar.

Tabla 4. Tratamientos de la investigación

Tratamiento	Ensayo de variación dimensional	Ensayo de resistencia a compresión	Ensayo de absorción	Total de muestras por tratamiento
	N° de muestras	N° de muestras	N° de muestras	
Estabilizante al 10%	10	5	5	20
Estabilizante al 15%	10	5	5	20
Estabilizante al 20%	10	5	5	20
Total				60

Fuente: Elaboración propia

3.1.5. Población y muestra

Población

La población es el conjunto de todos los elementos o unidades de análisis que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación (Hernández y otros, 2014).

La población de la presente tesis está compuesta por el total de las muestras obtenidas las cuales son 60 unidades de ladrillos prensados elaborados a partir de cemento endurecido y arcilla en las canteras de San Agustín – Huancayo – Junín.

Muestra

Según Castro (2016), la muestra es parte de la población la cual se selecciona por métodos diversos y representa a la población. Para el cual la muestra es la misma que la población, además de que es no probabilística y por conveniencia ya que se encuentra conformada por 60 unidades de ladrillo prensado con cemento endurecido y arcilla.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales

Los materiales a emplear en la investigación serán el cemento endurecido y arcilla para la elaboración de los ladrillos prensados. Así mismo, se empleará agua de la zona para el curado de las unidades de albañilería.

3.2.2. Métodos

Los métodos para el desarrollo de la investigación, corresponde a la normativa peruana para la elaboración de unidades de albañilería con cemento endurecido y arcilla, así como para realizar las pruebas de resistencia a compresión, absorción y variación dimensional.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Variación dimensional del ladrillo prensado

Las tablas siguientes, muestran los resultados de la variación dimensional de los ladrillos prensados elaborados para cada tratamiento aplicado. Cabe resaltar que el tratamiento 0 corresponde al grupo de los ladrillos tradicionales sin adición de estabilizantes, el tratamiento 2 corresponde al grupo de los ladrillos con 10% de estabilizante, el tratamiento 3 se denominó al grupo de los ladrillos con 15% de estabilizante y el tratamiento 4 se denominó al grupo de los ladrillos con 20% de estabilizante.

Tabla 5. Variación dimensional, tratamiento 0

Muestra	Dimensiones (cm)		
	Largo	Ancho	Altura
M-1	24.0	12.5	9.0
M-2	23.8	12.6	9.0
M-3	24.0	12.5	8.8
M-4	24.1	12.3	8.8
M-5	23.8	12.4	9.0
M-6	24.0	12.4	9.0
M-7	23.7	12.7	9.0
M-8	24.1	12.6	8.9
M-9	23.9	12.5	8.6
M-10	24.0	12.6	8.9
Promedio	23.9	12.5	8.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Variación dimensional, tratamiento 1

Muestra	Dimensiones (cm)		
	Largo	Ancho	Altura

M-1	23.2	11.3	7.8
M-2	22.9	11.1	7.5
M-3	23.0	11.0	7.9
M-4	23.0	11.1	7.8
M-5	22.7	11.3	7.8
M-6	23.1	10.9	7.6
M-7	22.9	11.5	8.0
M-8	23.0	11.4	7.9
M-9	22.7	11.0	7.6
M-10	22.9	11.0	7.9
Promedio	22.9	11.2	7.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Variación dimensional, tratamiento 2

Muestra	Dimensiones (cm)		
	Largo	Ancho	Altura
M-1	23.8	11.5	8.4
M-2	23.9	11.3	8.2
M-3	24.0	11.5	8.1
M-4	23.9	11.6	8.1
M-5	24.1	11.6	8.3
M-6	24.0	11.5	8.0
M-7	24.0	11.4	8.4
M-8	23.8	11.5	8.4
M-9	23.9	11.3	8.5
M-10	24.0	11.6	8.1
Promedio	23.9	11.5	8.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Variación dimensional, tratamiento 3

Muestra	Dimensiones (cm)		
	Largo	Ancho	Altura
M-1	23.9	12.1	8.9
M-2	23.8	12.0	8.9
M-3	24.0	12.3	9.0
M-4	24.0	12.0	9.0
M-5	24.1	12.1	9.0
M-6	23.9	12.1	8.9
M-7	23.8	12.0	8.8
M-8	23.9	12.3	9.0
M-9	23.8	11.9	9.1
M-10	23.9	12.0	8.9
Promedio	23.9	12.1	9.0

Fuente: Elaboración propia

Para una mejor comprensión de las tablas mostradas anteriormente, se adjuntan la figura con el gráfico de barras de variación dimensional de los ladrillos para cada tratamiento aplicado.

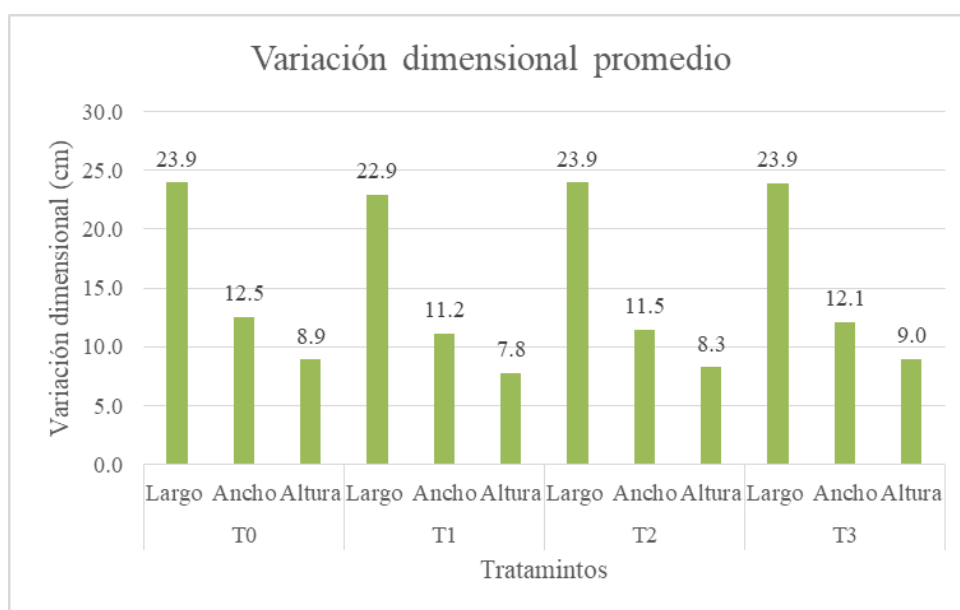


Figura 17. Resumen de variación dimensional de ladrillos
Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla, muestra el porcentaje de variación de los ladrillos prensados para cada tratamiento aplicado.

Tabla 9. Porcentaje de variación dimensional de ladrillos

Trat.	T0			T1			T2			T3		
Dim.	L	A	H	L	A	H	L	A	H	L	A	AH
Prom.	23.9	12.5	8.9	22.9	11.2	7.8	23.9	11.5	8.3	23.9	12.1	9.0
Ladrillo de diseño	24	12.5	9	24	12.5	9	24	12.5	9	24	12.5	9
Variación (%)	0.3	-0.1	1.1	4.4	10.7	13.6	0.2	8.2	8.3	0.4	3.4	0.6

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Resistencia a la compresión del ladrillo prensado

En la siguiente tabla, se muestran los resultados de la resistencia a compresión alcanzada por los ladrillos prensados con las adiciones de estabilizante en un 0%; 10%; 15% y 20%, tras los 28 días de curado.

Tabla 10. Resumen de resistencia a compresión

Tratamientos	Área de la sección de contacto (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a la compresión (kg/cm ²)
0%	10000.0	21.54	2.2	22.0	18.1
	10000.0	14.61	1.5	14.9	
	10000.0	19.43	1.9	19.8	
	10000.0	17.59	1.8	17.9	
	10000.0	15.35	1.5	15.7	
10%	10000.0	24.92	2.5	25.4	23.7
	10000.0	20.15	2.0	20.6	
	10000.0	25.38	2.5	25.9	
	10000.0	21.61	2.2	22.0	
	10000.0	23.94	2.4	24.4	
15%	10000.0	30.07	3.0	30.7	28.3
	10000.0	32.30	3.2	32.9	
	10000.0	21.53	2.2	22.0	
	10000.0	26.76	2.7	27.3	
	10000.0	28.09	2.8	28.7	
20%	10000.0	37.22	3.7	38.0	32.6
	10000.0	28.55	2.9	29.1	
	10000.0	33.32	3.3	34.0	
	10000.0	29.09	2.9	29.7	
	10000.0	31.86	3.2	32.5	

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, en la figura se muestra la representación gráfica del promedio de resistencia a compresión alcanzado por los ladrillos prensados.

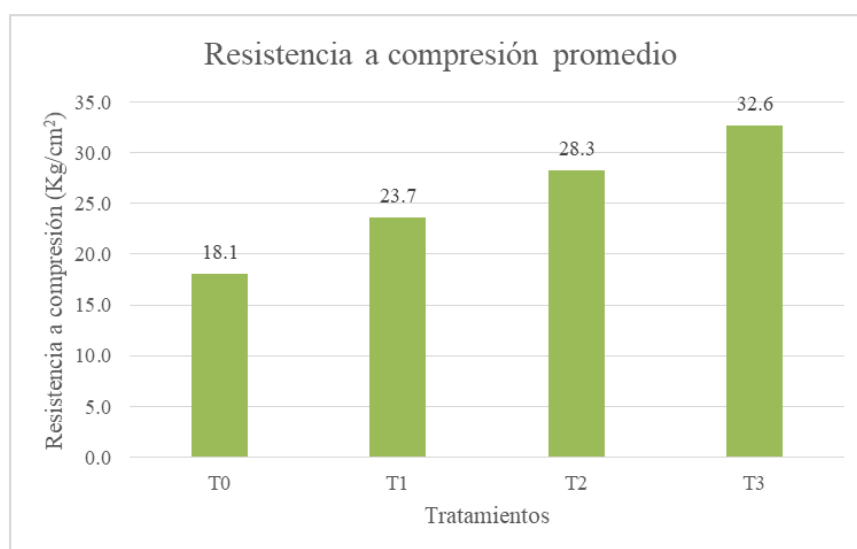


Figura 18. Resistencia a compresión promedio de ladrillos

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Absorción del ladrillo prensado

Las siguientes tablas, muestran los resultados del porcentaje de absorción de los ladrillos prensados tras haber sido sometidos a 6; 12 y 18 horas de prueba bajo agua. Cabe resaltar que el tratamiento 0 corresponde al grupo de los ladrillos tradicionales sin adición de estabilizantes, el tratamiento 2 corresponde al grupo de los ladrillos con 10% de estabilizante, el tratamiento 3 se denominó al grupo de los ladrillos con 15% de estabilizante y el tratamiento 4 se denominó al grupo de los ladrillos con 20% de estabilizante.

Tabla 11. Resumen de % de absorción de ladrillos

Horas de prueba	T0	T1	T2	T3
6 horas	30.2%	21.6%	13.0%	9.2%
	32.8%	23.4%	13.8%	8.6%
	29.4%	20.5%	12.4%	9.0%
	29.6%	23.8%	14.6%	8.4%
	30.5%	21.9%	13.8%	9.5%
12 horas	45.2%	36.0%	28.9%	17.6%
	46.4%	35.5%	27.5%	16.8%
	44.3%	36.8%	29.4%	17.2%
	45.9%	34.8%	28.3%	18.1%
	43.6%	36.2%	28.7%	16.8%
18 horas	60.1%	55.0%	48.3%	30.5%
	59.7%	54.8%	46.9%	29.1%
	57.6%	56.5%	48.4%	32.8%
	60.3%	55.1%	47.8%	30.5%
	58.9%	54.6%	46.2%	29.6%

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de comprender la tabla mostrada anteriormente, se adjuntan las figuras con la representación gráfica del porcentaje de absorción de ladrillos para cada tratamiento aplicado.

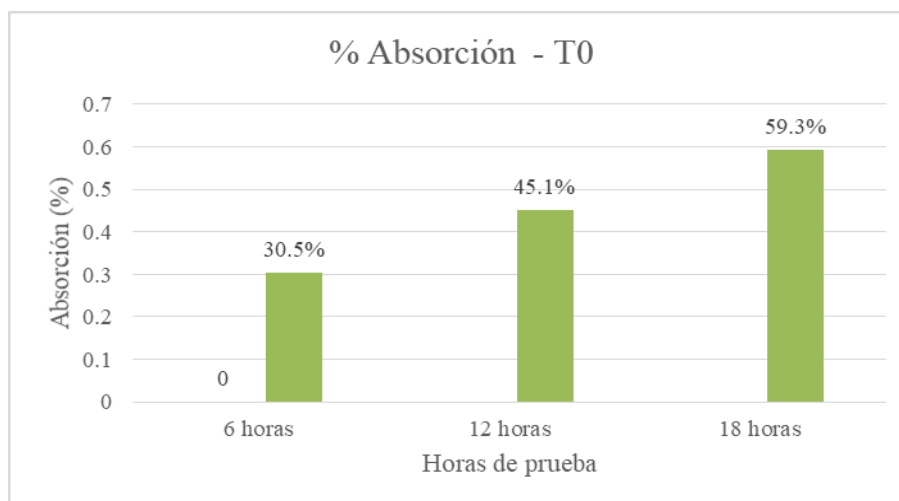


Figura 19. % Absorción, tratamiento 0
Fuente: Elaboración propia

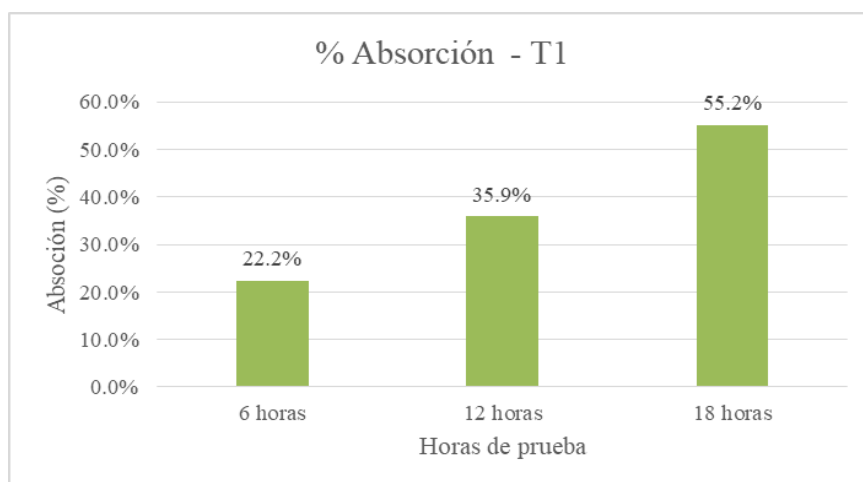


Figura 20. % Absorción, tratamiento 1
Fuente: Elaboración propia

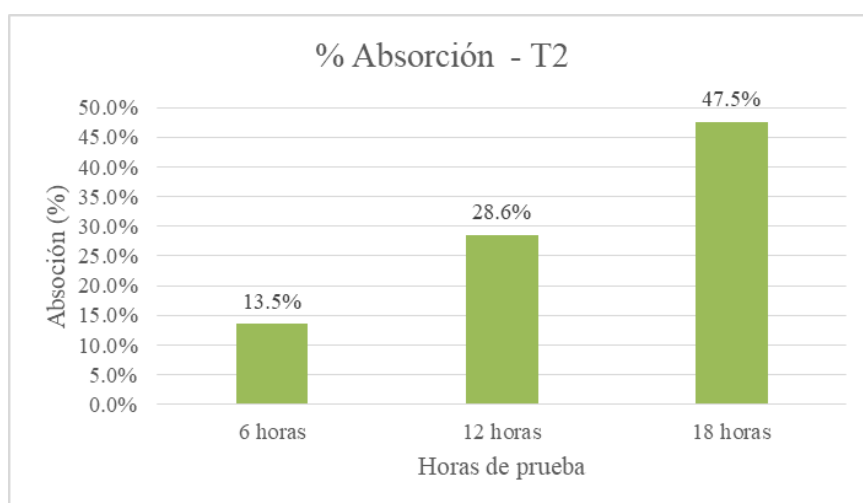


Figura 21. % Absorción, tratamiento 2
Fuente: Elaboración propia

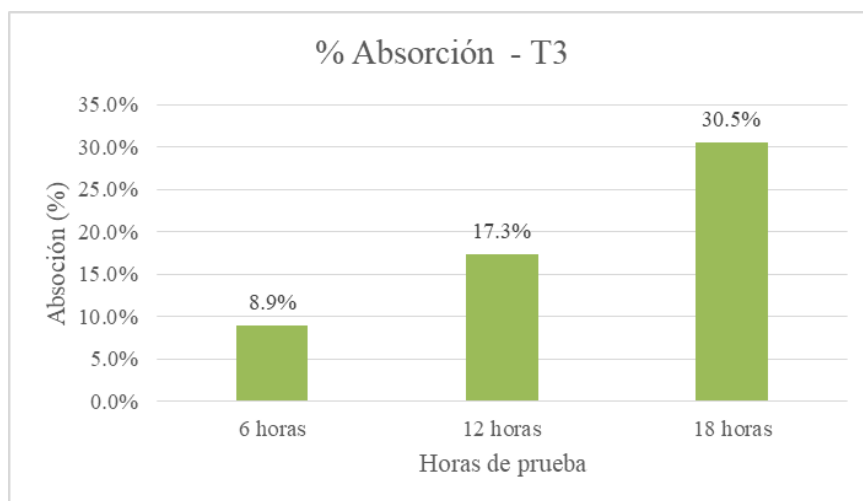


Figura 22. % Absorción, tratamiento 3
Fuente: Elaboración propia

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Variación dimensional del ladrillo prensado

Con la finalidad de determinar la clase de ladrillo a la que pertenecen los ladrillos prensados elaborados con cemento endurecido. Se desarrolló la siguiente tabla con la información de las dimensiones de los ladrillos.

Tabla 12. Cálculo de variación dimensional de ladrillos

Estadístico	Largo	Ancho	Altura
Desviación estándar	0.495	0.604	0.56
Media aritmética (mm)	236.8	118.1	84.7
Coefficiente de variación (%)	0.21%	0.51%	0.66%
Variación dimensional (%)	1.32%	5.54%	5.89%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla de clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales, los ladrillos ensayados se clasifican como ladrillos de clase II. Como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13. Clasificación de ladrillos prensados

	Largo	Ancho	Altura
Ladrillo II - E.070	Variación dimensional máxima ($\pm$ %)		
	4%	6%	7%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Resistencia a la compresión del ladrillo prensado

Para la prueba de hipótesis de este objetivo específico, se realizó el diseño completamente al azar, del cual se obtuvo el análisis de varianza y prueba de Duncan. Tal como se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 14. Análisis de varianza – DCA, resistencia a compresión

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente:					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	280,028 ^a	3	93.343	3.639	.045
Intersección	9418.703	1	9418.703	367.213	.000
Tratamiento	280.028	3	93.343	3.639	.045
Error	307.790	12	25.649		
Total	10006.520	16			
Total corregido	587.818	15			
a. R al cuadrado = ,476 (R al cuadrado ajustada = ,345)					

Fuente: Elaboración propia

$$H0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Del análisis de varianza al 95% de confiabilidad, se obtuvo el valor de F experimental para los tratamientos aplicados en la investigación, el cual fue 3.639 a diferencia del valor de F teórico de ($F_{0.05; 3,12}$) de 3.490. El cual indica que la adición de estabilizante (cemento endurecido) es significativa en la resistencia a compresión de los ladrillos. Por lo que se acepta la hipótesis alterna de que la adición de estabilizante es diferente en la resistencia a compresión de los ladrillos prensados y se afirma que el estabilizante de cemento endurecido influye significativamente en la resistencia a compresión de los ladrillos.

También se realizó la prueba de Duncan para determinar que tratamiento evidenció mayor valor de resistencia a compresión. Para el cual, se muestra en la siguiente tabla los resultados.

Tabla 15. Prueba de Duncan, resistencia a compresión

Resistencia a compresión			
Duncan ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
,00	4	18.6500	
1,00	4	21.9000	21.9000
2,00	4		27.5000
3,00	4		29.0000
Sig.		.382	.083
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
Se basa en las medias observadas.			
El término de error es la media cuadrática (Error) = 25,649.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.			
b. Alfa = 0.05.			

Fuente: Elaboración propia

De la prueba de Duncan, se obtuvo que los tratamientos 2 y 3 con 15% y 20% de estabilizante respectivamente, evidenciaron mayores valores de resistencia a compresión promedio como 27.50 Kg/cm² y 29.00 Kg/cm² en el orden descrito.

4.2.3. Absorción del ladrillo prensado

Para la prueba de hipótesis de este objetivo específico, se realizó el diseño de bloques completamente al azar, del cual se obtuvo el análisis de varianza y prueba de Duncan. Tal como se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 16. Análisis de varianza – DCA, absorción

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente:					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2854,243 ^a	5	570.849	66.870	.000
Intersección	12969.188	1	12969.188	1519.233	.000
Tiempo de prueba	1730.780	2	865.390	101.373	.000
Tratamiento	1123.463	3	374.487	43.868	.000
Error	51.220	6	8.537		
Total	15874.650	12			
Total corregido	2905.463	11			
a. R al cuadrado = ,982 (R al cuadrado ajustada = ,968)					

Fuente: Elaboración propia

$$H0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Del análisis de varianza al 95% de confiabilidad, se obtuvo el valor de F experimental para el tiempo de prueba y los tratamientos aplicados en la investigación, los cuales fueron 101.373 y 43.868 respectivamente a diferencia del valor F teórico de ($F_{0.05; 2, 6}$ - tiempo de prueba) de 5.140 y F teórico de ($F_{0.05; 3, 6}$ - tratamientos) de 4.757. Lo cual indica que la adición de estabilizante es significativa en el tiempo de prueba para absorción y los tratamientos aplicados. Por lo que se acepta la hipótesis alterna de que la adición de cemento endurecido es diferente en la capacidad de absorción de los ladrillos prensados y se afirma que el cemento endurecido influye significativamente en la absorción de los ladrillos.

También se realizó la prueba de Duncan para determinar que tratamiento y grupo de tiempo de prueba evidenció mayor o menor valor de absorción. Para el cual, se muestran las siguientes tablas.

Tabla 17. Prueba de Duncan, absorción en tiempo de prueba

% de absorción				
Duncan^{a,b}				
Horas de prueba	N	Subconjunto		
		1	2	3
6,00	4	18.7750		
12,00	4		31.7250	
18,00	4			48.1250
Sig.		1.000	1.000	1.000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
Se basa en las medias observadas.				
El término de error es la media cuadrática (Error) = 8,537.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.				
b. Alfa = 0.05.				

Fuente: Elaboración propia

De la prueba de Duncan, se obtuvo que tras un tiempo de 18 horas de remojo bajo agua, se obtiene un mayor porcentaje de absorción por parte de los ladrillos prensados.

Tabla 18. Prueba de Duncan, absorción en tratamientos

		% de absorción			
Duncan ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
3,00	3	18.9000			
2,00	3		29.8667		
1,00	3			37.7667	
,00	3				44.9667
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 8,537.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.					
b. Alfa = 0.05.					

Fuente: Elaboración propia

De la prueba de Duncan, se obtuvo que el tratamiento 0 conformado por ladrillos tradicionales evidenciaron un mayor porcentaje de absorción a diferencia de los tratamientos 1; 2 y 3.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Variación dimensional del ladrillo prensado

El primer objetivo específico de la investigación refiere determinar la influencia del cemento endurecido en la variación dimensional de los ladrillos prensados.

La norma peruana E. 070 de albañilería destaca la clasificación de unidades albañilería para fines estructurales, en la cual se cuentan 5 tipos de ladrillos de acuerdo a la variación dimensional, alabeo y resistencia a compresión (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019). Del mismo modo se tienen limitaciones para el uso de unidades de albañilería para fines estructurales según el tipo que puede ser sólido artesanal, sólido industrial, alveolar y hueca; para cada sismica del país (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Los resultados de la variación dimensional evidenciaron ladrillos con diferentes dimensiones, ya que la longitud de largo de los ladrillos fue 22.9 cm y 23.9 cm entre los 4 tratamientos aplicados, en cuanto al ancho las dimensiones promedio

fueron 12.5 cm; 11.2 cm; 11.5 cm y 12.1 cm para los tratamientos 0; 1; 2 y 3 respectivamente. Respecto a la altura las dimensiones promedio de los tratamientos 0; 1; 2 y 3 fueron 8.9 cm; 7.8 cm; 8.3 cm y 9.0 cm respectivamente.

Teniendo en cuenta que las dimensiones de diseño de los ladrillos prensados fue 23 cm x 12.5 cm x 9 cm y los resultados promedio de dimensiones se obtuvo el porcentaje de variación. Para el tratamiento 0 de ladrillo artesanal sin cemento endurecido, se obtuvo un 0.3% de variación en la longitud y 1.1% de variación en el ancho. Para el tratamiento 1 de ladrillos con 10% de cemento endurecido se obtuvo y 4.4% de variación en la longitud, 10.7% de variación en el ancho y 13.6% de variación en la altura. Para el tratamiento 2 de ladrillos con 15% de cemento endurecido las variaciones en largo, ancho y altura fueron 0.2%; 8.2% y 8.3% respectivamente. Para el tratamiento 3 de ladrillos con 20% de cemento endurecido las variaciones en largo, ancho y altura fueron 0.4%; 3.4% y 0.6% respectivamente. De acuerdo a lo mencionado anteriormente, referente a las variaciones en largo, ancho y altura de ladrillos prensados elaborados con y sin cemento endurecido, se pudo observar que los ladrillos del tratamiento 1 presentaron mayor porcentaje de variación en sus dimensiones frente a los otros tratamientos y al ladrillo de diseño de la investigación.

Por lo que se realizó la prueba de hipótesis en la cual se determinó la clase de ladrillo realizada en el estudio. Para el cual se calculó previamente la desviación estándar, media aritmética, coeficiente de variación y variación dimensional según la norma E.070 de albañilería. Del cual se obtuvo la variación dimensional de largo, ancho y altura de los ladrillos los cuales fueron: 1.32%; 5.54% y 5.89% respectivamente. Conforme a la tabla de clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales los ladrillos de la investigación cumplen con la clase tipo II y de acuerdo con la clasificación de limitaciones de uso de unidades de albañilería los ladrillos se pueden emplear en cercos perimétricos, muros superiores y livianos, tabiquería, divisiones internas y parapetos. Debido a la baja resistencia y durabilidad de su clasificación, que no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo y agua. Por lo cual, se recomienda el uso de estos ladrillos en la construcción de viviendas o edificios en hasta 2 pisos; con la finalidad de reducir el impacto ambiental generado por

la emisión de carbono en la elaboración de ladrillos en hornos de quemado artesanal.

Al respecto, la investigación cuenta con el respaldo del estudio de (Hernández & Vences, 2021) donde diseñaron unidades de albañilería prensada con arcilla sustituida por PET pulverizado, cemento y mucílago de tuna. Los tratamientos fueron X1 (35% de arena, 15% de PET pulverizado y 50% de mucilago de tuna) y X2 (55% de arena, 20% de cemento; 20% de PET pulverizado y 25% de mucilago de tuna). En el cual se demostró que ambos tratamientos presentaron similitudes en la variación dimensional y absorción más no en la resistencia a compresión. Situación similar que se observó en los resultados de variación dimensional de los ladrillos prensados con cemento endurecido.

4.3.2. Resistencia a la compresión del ladrillo prensado

El segundo objetivo específico de la investigación fue determinar la influencia del cemento endurecido con arcilla en la resistencia a compresión de ladrillos prensados, con material proveniente de las canteras de San Agustín –Huancayo.

Gallegos y Casabonne (2005), menciona que el ensayo de resistencia a compresión se puede realizar con unidades por la mitad, completas y dos unidades separadas por una junta de mortero; donde la carga se aplica perpendicularmente a la superficie del asiento y hasta la rotura de la unidad de albañilería de prueba. De acuerdo a lo mencionado, en la investigación, se realizó en ensayo de resistencia a compresión en unidades de albañilería completas.

Los resultados de resistencia a compresión en los ladrillos prensados se obtuvieron para cada tratamiento aplicado y a la edad de curado de 28 días, debido a la adición de cemento endurecido. Es así que el promedio de resistencia a compresión alcanzado por los ladrillos prensados fue: 18.1 Kg/cm²; 23.7 Kg/cm²; 28.3 Kg/cm² y 32.6 Kg/cm², para los tratamientos 0; 1; 2 y 3. Cabe resaltar que el tratamiento 0, corresponde a los ladrillos tradicionales sin adición de cemento endurecido; el tratamiento 1 corresponde al grupo de los ladrillos prensados con 10% de cemento endurecido, el tratamiento 2 corresponde al grupo de los ladrillos con 15% de cemento endurecido y el tratamiento 3

corresponde al grupo de los ladrillos prensados con 20% de cemento endurecidos.

Del mismo modo, se debe destacar que en la figura 18 de resistencia a compresión promedio de los ladrillos prensados, se puede apreciar que la resistencia a compresión se incrementa conforme al aumento de proporción de cemento endurecido en los ladrillos.

Con la finalidad de comprobar la influencia del estabilizante (cemento endurecido) en las unidades de albañilería prensadas, se realizó la prueba de hipótesis por medio del diseño experimental denominado diseño completamente al azar (DCA) del cual se obtuvo el análisis de varianza y prueba de Duncan. Es así que, del análisis de varianza se obtuvo que el estabilizante de cemento endurecido influye significativamente en la resistencia a compresión de los ladrillos y de la prueba de Duncan se obtuvo que el tratamiento 3 y 2 con 20% 15% de estabilizante respectivamente, evidenciaron el mayor valor promedio de resistencia a compresión. Por lo cual queda comprobado la influencia del estabilizante en los ladrillos prensados y el efecto del incremento de proporción de cemento endurecido en la resistencia a compresión.

Los siguientes antecedentes, se consideran como respaldo de los resultados obtenidos referente a la resistencia a compresión en los ladrillos prensados.

La investigación de Chimbo (2017) buscó determinar la resistencia a compresión de ladrillos prensados interconectables elaborados de barro con cangahua, puzolana y adiciones de cemento. Para el cual elaboró muestras de ladrillos con 10%; 15% y 20% de adición de cemento, y el periodo de curado fue saturar las muestras en agua tres veces al día y dejándolas secar al aire libre. Los resultados evidenciaron que la proporción de 15% de cemento alcanzó la resistencia para mampostería confinada a diferencia de los ladrillos con puzolana que no alcanzó la resistencia. Por lo que se considera como una alternativa estructural ya que la adición de cemento incrementa la resistencia a compresión de las unidades de albañilería, destacando que la fabricación de este tipo de ladrillos reduce la contaminación ambiental y deforestación. Esta investigación cuenta como respaldo a los resultados obtenidos de resistencia a compresión, donde el tratamiento 2 con 15% de estabilizante (cemento

endurecido) también incrementó la resistencia del ladrillo prensado tras 28 días de curado, junto al tratamiento 3 con 20% de estabilizante.

El estudio de Monrroy (2020) evaluó las propiedades físico – mecánicas de ladrillos con la composición suelo – cemento para uso estructural en Huancayo. En el estudio también se consideró la dosificación de 10%; 15% y 20% de cemento, del cual se encontró que las proporciones de 15% y 20% de cemento incrementan la resistencia de los ladrillos prensados y se les puede considerar como ladrillos tipo King Kong artesanal. Con este antecedente, los resultados obtenidos en la investigación quedan respaldados ya que las proporciones de cemento endurecido del 15% y 20% también incrementaron notablemente la resistencia a compresión en los ladrillos prensados.

En el antecedente de Hernández y Vences (2021) donde diseñaron unidades de albañilería prensada sustituida con PET pulverizado, cemento y mucílago de tuna. Donde los grupos muestrales fueron: X1 – unidades de albañilería con 35% de arena, 15% de PET en polvo y 50% de mucilago de tuna; X2 – unidades de albañilería con 55% de arena, 20% de cemento, 20% de PET pulverizado y 25% de mucilago de tuna. Los resultados demostraron que los dos grupos muestrales no alcanzaron a cumplir con los requisitos para unidades estructurales. De este antecedente, se puede resaltar que no en todos los casos el reemplazo de arcilla por otros componentes como PET pulverizado, cemento, mucílago de tuna, entre otros; incrementa la resistencia y cumple con los requisitos de unidades de albañilería.

En el estudio de Zhang y otros (2018) en el cual se desarrolló una revisión sistemática sobre ladrillos con materiales y enfoques alternativos. En el cual se encontró que la fabricación de ladrillos por medio de cocción es el método común de producción a nivel mundial, además de destacar el consumo de energía y huella de carbono alta. Por lo cual proponen la geopolimerización a base a de arcilla para la elaboración de ladrillos sostenibles ambiental y económicamente. Teniendo en cuenta que los ladrillos a base de silicato de calcio que se encuentran en el cemento y cal, se debe reconocer el impacto negativo que ocasiona en el ambiente debido a las emisiones de carbono en la fabricación de cemento. Por lo que se considera una buena opción la

geopolimerización (arcillas, arena y activadores alcalinos como: hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, silicato de sodio y óxido de calcio) de arcilla para reducir las emisiones de carbono y contribuir con el cuidado del medio ambiente. No obstante el costo de inversión para la elaboración de este tipo de ladrillos sería elevado, entonces el uso o reutilización de cemento endurecido que es un residuo de las construcciones se considera como una buena opción para elaborar ladrillos prensados con menor costo y con menor impacto ambiental.

4.3.3. Absorción del ladrillo prensado

El tercer objetivo específico de la investigación refiere determinar la influencia del cemento endurecido en la absorción de los ladrillos prensados con materiales de la cantera del distrito de San Agustín.

Gallegos y Casabonne (2005), menciona que la absorción y absorción máxima es la diferencia de peso entre la unidad mojada y seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca.

De dicha forma, los resultados de absorción se obtuvieron para periodos de saturación de 6 horas, 12 horas y 18 horas en los ladrillos prensados.

Para el tratamiento 0 de ladrillos tradicionales, los porcentajes de absorción fueron 30.5%; 45.1% y 59.3% para las 6; 12 y 18 horas de saturación respectivamente. En el tratamiento 1 de ladrillos con 10% de cemento endurecido, los porcentajes de absorción fueron: 22.2%; 35.9% y 55.2% para las horas de saturación mencionadas en el orden respectivo. Para el tratamiento 2 de ladrillos con 15% de cemento endurecido, los porcentajes de absorción fueron 13.5%; 28.6% y 47.5% para las 6; 12 y 18 horas de saturación respectivamente. En el tratamiento 3 conformado por los ladrillos con 20% de cemento endurecido, los porcentajes de absorción fueron 8.9%; 17.3% y 30.5% para las 6; 12 y 18 horas de saturación para la prueba de absorción.

De acuerdo con los resultados descritos, se puede apreciar que el porcentaje de absorción de los ladrillos prensados disminuyó respecto al incremento de proporción de cemento endurecido. Esto se debe a que al tener mayor proporción de cemento endurecido en las unidades de albañilería, los espacios

vacíos en las unidades de albañilería se redujeron debido a la formación de pasta suelo – cemento en los ladrillos.

Con la finalidad de comprobar lo descrito en el párrafo anterior, se realizó la prueba de hipótesis por medio del diseño experimental denominado diseño de bloques completamente al azar (DBCA) del cual se obtuvo el análisis de varianza y prueba de Duncan. Del análisis de varianza se obtuvo que el cemento endurecido influye significativamente en la absorción de los ladrillos prensados. De la prueba de Duncan se obtuvo que tras 18 horas de someter a remojo las unidades de albañilería se tiene mayor porcentaje de absorción, esto debido al mayor tiempo de remojo, así mismo se obtuvo que el tratamiento 0 (ladrillos tradicionales) presentó el mayor porcentaje promedio de absorción a diferencia del tratamiento 3 que presentó el menor porcentaje promedio de absorción, con lo que se puede comprobar y reafirmar que se debe a la presencia de mayor proporción de cemento endurecido en su interfaz.

El estudio de Monrroy (2020) en el cual evaluó las propiedades físico – mecánicas de los ladrillos con suelo – cemento para uso estructural. Para el cual realizó diversos ensayos físicos, así como el ensayo de absorción; donde se puede apreciar que el porcentaje de absorción disminuye conforme se incrementa la dosificación de suelo – cemento. Es así con este antecedente se tiene el respaldo a los resultados obtenidos en la investigación referente al porcentaje de absorción, ya que las proporciones de suelo cemento también fueron 10%; 15% y 20%, donde los ladrillos con 10% de cemento se pueden emplear en muros no portantes y los ladrillos con 15% y 20% de cemento se pueden emplear en condiciones de hasta 2 pisos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Conforme al primer objetivo específico formulado, se concluye que el cemento endurecido influye significativamente en la variación dimensional del ladrillo prensado con material de las canteras de San Agustín – Huancayo. En el cual se encontró que los ladrillos del estudio corresponden a la clase II que se pueden emplear en cercos perimétricos, muros superiores, muros livianos, tabiquería, divisiones y parapetos.
- Para el segundo objetivo específico, se concluye que el cemento endurecido influye significativamente en la resistencia a compresión de los ladrillos prensados con material procedente de las canteras del distrito de San Agustín – Huancayo. Siendo las proporciones de cemento endurecido de 15% y 20% que incrementaron la resistencia a compresión respecto al tratamiento sin adición de estabilizante.
- De acuerdo con el tercer objetivo específico, se concluye que el cemento endurecido influye significativamente en la absorción de los ladrillos prensados elaborados con material de las canteras de San Agustín – Huancayo. En el cual además se encontró que a mayor tiempo de remojo mayor porcentaje de absorción se obtiene y a mayor proporción de cemento endurecido en los ladrillos menor es el porcentaje de absorción ya que los espacios vacíos son ocupados por la pasta de cemento y arcilla.
- De forma general, se concluye que el cemento endurecido influye significativamente en la elaboración de ladrillos prensados con material de las canteras de San Agustín – Huancayo. Debido a que se observaron efectos en la variación dimensional donde se determinó la clase de ladrillo del estudio, resistencia a compresión donde se determinó que a mayor proporción de cemento endurecido mayor será la resistencia y porcentaje de absorción de los ladrillos prensados donde se obtuvo que a mayor proporción de cemento endurecido menor proporción de absorción se obtiene.

RECOMENDACIONES

- Para el primer objetivo específico de la investigación, se recomienda realizar el moldeado y prensado de las unidades de albañilería con precaución para evitar el exceso de variación dimensional con la finalidad de obtener unidades cercanamente uniformes y garantizar su colocación cercos perimétricos, muros superiores y livianos, entre otros.
- Para el segundo objetivo específico, se recomienda considerar dosificaciones de cemento endurecido intermedias, como 10.25%; 10.50%; 10.75% y así sucesivamente entre las otras proporciones de cemento endurecido en los ladrillos prensados.
- Para el tercer objetivo específico, se recomienda complementar la prueba de absorción con una prueba que permita determinar los componentes químicos de la mezcla arcilla y cemento endurecido, para poder observar que componente prevalece con mayor incidencia en la elaboración de este tipo de ladrillos. Así mismo, se recomienda realizar pruebas de absorción para 24 horas de remojo de las unidades de albañilería prensadas.
- De forma general, se recomienda realizar las pruebas de resistencia a compresión en pilas y muretes de albañilería con los tratamientos aplicados en la elaboración de ladrillos prensados, para así poder determinar su utilidad y el efecto del mortero que también es un componente necesario en los muros de albañilería. De la misma forma, se recomienda la aplicación de estos ladrillos en cercos perimétricos, muros superiores y livianos para garantizar un buen funcionamiento y evitar problemas estructurales posteriores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceros Arequipa. (s.f.). *Manual de construcción para maestros de obra* . Retrieved 16 de Febrero de 2020, from Manual de construcción para maestros de obra : <http://www.acerosarequipa.com/manual-para-maestro-de-obra/albanileria-Confinada/que-es-albanileria-confinada.html>
- Astroza, M. (2000). *ReserchGate - Escalas para clasificar los daños sísmicos en los muros de edificios de albañilería*. Retrieved 16 de Febrero de 2020, from ReserchGate - Escalas para clasificar los daños sísmicos en los muros de edificios de albañilería: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Albanileria-no-reforzada-Vaciamiento-de-parte-del-muro-grado-4_fig2_265292779
- Banco mundial. (20 de Julio de 2016). *Banco mundial - Bangladesh: hornos modernos para fabricar ladrillos reportan beneficios en materia de desarrollo*. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2016/07/20/modern-brick-kilns-yield-development-benefits-in-bangladesh>
- Banco mundial. (01 de Setiembre de 2022). *Banco mundial - Lo que hay que saber sobre el cambio climático y la contaminación atmosférica*. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2022/09/01/what-you-need-to-know-about-climate-change-and-air-pollution>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Colombia.
- Castro, E. (2016). *Teoría y práctica de la investigación científica*. Huancayo, Perú: PERUGRAPH SRL.
- Chimbo, V. (2017). *Análisis de resistencia a la compresión de ladrillos prensados interconectables elaborados de barro, con cangahua y puzolana, con adiciones de cemento, cumpliendo la norma ecuatoriana de la construcción (NEC 2015)*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Condori, M. (2013). Impactos socioambientales por la fabricación de ladrillos en Huancayo. *Apuntas de ciencias sociales*, 03(02).

- Escalante, C., & Gonzales, D. (2020). *Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo - cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco*. Cusco, Perú: Universidad Andina del Cusco.
- Febres, T. (2017). *Alternativa de solución a la problemática ambiental producida por las ladrilleras artesanales en Arequipa*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural* (Tercera Edición ed.). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hernández, J., & Vences, B. (2021). *Diseño de una unidad de albañilería prensada con arcilla sustituida parcialmente por PET pulverizado, cemento y mucílago de tuna*, Chiclayo. Chiclayo, Perú: Universidad César Vallejo.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Ilin, L., Tatski, L., & Baryshok, L. (2020). Quality improvement of semy-dry pressing ceramic bricks from low-quality raw materials by the directional additives. 6(12). <https://doi.org/DOI.10.1088/1757-899X/962/2/022007>
- Iparraguirre, R., & Torres, A. (2018). *Caracterización y problemática de las ladrilleras en Huachipa - Lurigancho - Lima*. Lima, Perú: Universidad Católica.
- Lassaad, A., & Kammoun, Z. (2021). Pressed non-fired bricks from phosphogypsum waste for non-load bearing wall. 3(55). <https://doi.org/DOI:10.14311/CEJ.2021.03.0055>
- Lazo, C. (2018). *Variación de la resistencia a compresión de pilas fabricadas de ladrillos de arcilla industrial, artesanal y de concreto utilizando mortero con y sin cal*. Cajamarca, Perú: Universidad Peruana del Norte.
- MAESTRO - Construye bien . (s.f.). 04 - Muros de albañilería confinada. Retrieved 16 de Febrero de 2020, from 04 - Muros de albañilería confinada: <https://www.construyebien.com/confinamiento-de-muros>

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *NORMA E. 070 - ALBAÑILERÍA*. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Norma E.070 - Albañilería*. Lima, Perú: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Monago, K., Muñoz, L., & Romero, Y. (2022). *Evaluación de combustibles alternos para la reducción de emisiones en la producción artesanal de ladrillos del distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo*. Huancayo, Perú: Universidad Continental.
- Monrroy, L. (2020). *Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería con ladrillos suelo - cemento, para uso estructural en Huancayo - Junín*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Muñoz, J., Vera, F., Briones, A., Ruiz, W., & Guerrero, M. (2019). Determinación de la resistencia a la compresión de bloques, utilizando para su construcción, una mezcla de cemento, arena y triturados de ladrillos artesanales. *Revista RIEMAT*, 4(1).
- National Geographic. (10 de Julio de 2019). *National Geographic - Más del 90% de la población mundial respira aire contaminado*. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/mas-del-90-poblacion-mundial-respira-aire-contaminado_10734
- NormaBolc. (2001). *Construmática - Muros de carga (NormaBloc)*. Retrieved 16 de Febrero de 2020, from Construmática - Muros de carga (NormaBloc): [https://www.construmatica.com/construpedia/Muros_de_Carga_\(Normabloc\)](https://www.construmatica.com/construpedia/Muros_de_Carga_(Normabloc))
- Nouri, H., Safehiam, M., & Majdeddin, S. (2021). Lyfe cycle assessment of earthen materials for low-cost housing a comparison between rammed earth and fired clay bricks. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 41(2), 364 - 377. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/IJBPA-02-2021-0021>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). *Organización Mundial de la Salud - Contaminación atmosférica*. https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab_1

- Páez, J. (2020). *Tipos de contaminantes atmosféricos asociados a la fabricación de ladrillos artesanales en Colombia*. Cucutá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.
- Quiróz, J., Cantú, C., & García, R. (2021). *Entre humo y arcilla: contaminación ambiental y sobrevivencia humana en la producción artesanal de ladrillos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramírez, R. (2010). *Proyecto de investigación. Cómo se hace una tesis*. Lima, Perú: Fondo Editorial AMADP. Lima, Perú.
- San Bartolomé, A. (1994). *Construcción de albañilería - Comportamiento sísmico y Diseño Estructural*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sánchez, H., & Reyes, C. (2015). *Metodología y diseños de la investigación cinética*. Lima, Perú: Business Support Aneth.
- Vargas, J. (2016). Normas de Tierra: Ensayos de Tracción Indirecta. Retrieved 05 de Febrero de 2020, from https://craterre.hypotheses.org/files/2018/05/TERRA-2016_Th-4_Art-133_Vargas-Neumann.pdf
- Vingedomenech. (Enero de 2018). *Un lugar privilegiado*. Retrieved 16 de Febrero de 2020, from Un lugar privilegiado: https://www.vinyesdomenech.com/es_ES/a-privileged-location/geology/
- Zhang, Z., Choy Wong, Y., Arulrajah, A., & Horpibulsuk, S. (2018). A review of studies on brick using alternative materials and approaches. *Construction and Building Materials*, 188(10), 1101 - 1118. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.08.152>

ANEXOS

Anexo 1: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente: Cemento endurecido y arcilla	El cemento endurecido, se considera un residuo de construcción que se puede emplear como material de construcción tanto en la elaboración de concreto como ladrillos o bloques. La arcilla es materia prima básica de los ladrillos y las mejores arcillas para fabricar ladrillos son las que cuentan con 33% de arena y limo ya que reducen las contracciones y agrietamientos en el secado y la quema (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).	La adición de cemento endurecido y arcilla, se denomina estabilizante en la investigación y se colocará en la elaboración de ladrillos prensados en las dosis de 10%; 15% y 20%.	Diseño de ladrillos según NTP E070	Insumos para ladrillos	%, gr	Razón
			Porcentaje de cemento endurecido y arcilla	10% estabilizante	gr	Razón
				15% estabilizante	gr	Razón
				20% estabilizante	gr	Razón
Variable dependiente: Ladrillos prensados	Ladrillos o bloques, también denominadas unidades de albañilería. Se elaboran con materias primas como arcilla, concreto de cemento portland, mezcla de sílice y cal; que se forma por medio de un moldeo y métodos de compactación o extrusión. Las propiedades principales relacionadas con la durabilidad y productos terminados son: resistencia a compresión, absorción, absorción y coeficiente de saturación (Gallegos & Casabonne, Albañilería Estructural, 2005).	Tras la adición del estabilizante (cemento endurecido y arcilla) se evaluará la variación dimensional, absorción y resistencia a compresión de los ladrillos prensados.	Variación dimensional	Dimensiones	cm	Razón
			Resistencia a compresión	Carga máxima	Kg/cm ²	Razón
			Absorción	Absorción máxima	%	Razón

Anexo 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema general: ¿Cómo influye el cemento endurecido con la arcilla en la elaboración ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín?	Objetivo general: Determinar la influencia el cemento endurecido con la arcilla en la elaboración ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín.	Hipótesis general: El cemento endurecido con la arcilla influye significativamente en la elaboración ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín.	VI: Cemento endurecido y arcilla	D1: Diseño de ladrillos según NTP E070 D2: Porcentaje de cemento endurecido y arcilla	I1: Insumos para ladrillos I1: 10% estabilizante I2: 15% estabilizante I3: 20% estabilizante	Método: Científico: Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Experimental Población: Conformado por todos los ladrillos prensados del distrito de San Agustín, Huancayo. Muestras: 60 unidades de ladrillos prensados
Problemas específicos: a. ¿Cómo influye el cemento endurecido con la arcilla en la variación dimensional del ladrillo prensado procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín? b. ¿Cómo influye el cemento endurecido con la arcilla en la resistencia a la compresión del ladrillo prensado procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín? c. ¿Cómo influye el cemento endurecido con la arcilla en la absorción del ladrillo prensado procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín?	Objetivos específicos: a. Determinar cómo influye el cemento endurecido con la arcilla en la variación dimensional del ladrillo prensado procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín. b. Determinar cómo influye el cemento endurecido con la arcilla en la resistencia a la compresión del ladrillo prensado procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín. C. Determinar cómo influye el cemento endurecido con la arcilla en la absorción del ladrillo prensado procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín.	Hipótesis específicas: a. El cemento endurecido con la arcilla influye significativamente en la variación dimensional de los ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín. b. El cemento endurecido con la arcilla influye significativamente en la resistencia de compresión de los ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín. c. El cemento endurecido con la arcilla influye significativamente en la absorción de los ladrillos prensados procedentes de las canteras del distrito de San Agustín-Huancayo-Junín.	VD: Ladrillos prensados	D1: Variación dimensional D2: Resistencia a compresión D3: Absorción	I1: Dimensiones I2: Carga máxima I3: Absorción máxima	Técnicas e instrumentos: No documental (Fichas de observación experimental) Técnicas de procesamiento de datos: Análisis de varianza. Los resultados serán procesados con el Ms-Excel.

Anexo 3: Fichas de laboratorio

	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	Código	C3-FOR-ALB-VD	
	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería	Versión	01	
	NTP 399.613:2017	Fecha	08-05-21	
		Página	1 de 1	

Expediente N° : 2701-2023
Nombre del testista : Bach. Ticsihua Taipei, Roy Moises
Nombre de la tesis : Ladrillos pensados a partir de la combinación de cemento endurecido y arcilla procedentes de las canteras del distrito de San Agustín - Huancayo - Junín
Ubicación : San Agustín - Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 27-01-23

Método de ensayo : Variación dimensional
Datos de la muestra : Ladrillo tradicional

Muestra	Dimensiones (cm)		
	Largo	Ancho	Altura
M-1	24.0	12.5	9.0
M-2	23.8	12.6	9.0
M-3	24.0	12.5	8.8
M-4	24.1	12.3	8.8
M-5	23.8	12.4	9.0
M-6	24.0	12.4	9.0
M-7	23.7	12.7	9.0
M-8	24.1	12.6	8.9
M-9	23.9	12.5	8.6
M-10	24.0	12.6	8.9
PROMEDIO	23.9	12.5	8.9

Nota:
* Ensayo realizado en ladrillo entero.

Observaciones:
1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Humari Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
Celular: 947-898992
Email: c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	Código	C3-FOR-ALB-VD	
	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería	Versión	01	
		Fecha	08-05-21	
	NTP 399.613:2017	Página	1 de 1	

Expediente N° : 2701-2023
Nombre del tesista : Bach. Ticsilua Tripe, Roy Moises
Nombre de la tesis : Ladrillos prensados a partir de la combinación de cemento endurecido y arcilla procedentes de las canchales del distrito de San Agustín - Huancayo - Junín
Ubicación : San Agustín - Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 27-01-23

Método de ensayo : Variación dimensional
Datos de la muestra : Ladrillo tradicional + 10% de adición de cemento endurecido

Muestra	Dimensiones (cm)		
	Largo	Ancho	Altura
M-1	23.2	11.3	7.8
M-2	22.9	11.1	7.5
M-3	23.0	11.0	7.9
M-4	23.0	11.1	7.8
M-5	22.7	11.3	7.8
M-6	23.1	10.9	7.6
M-7	22.9	11.5	8.0
M-8	23.0	11.4	7.9
M-9	22.7	11.0	7.6
M-10	22.9	11.0	7.9
PROMEDIO	22.9	11.2	7.8

Nota:
* Ensayo realizado en ladrillo entero.

Observaciones:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. César Alex Huamani Salazar



	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	Código	C3-FOR-ALB-VD	
	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería	Versión	01	
	NTP 399.613:2017	Fecha	08-05-21	
		Página	1 de 1	

Expediente N° : 2701-2023
Nombre del testista : Bach. Tiesilma Taipe, Ray Moises
Nombre de la tesis : Ladrillos pecados a partir de la combinación de cemento endurecido y arcilla procedentes de las canteras del distrito de San Agustín - Huancayo - Junín
Ubicación : San Agustín - Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 27-01-23

Método de ensayo : Variación dimensional
Datos de la muestra : Ladrillo tradicional + 15% de adición de cemento endurecido

Muestra	Dimensiones (cm)		
	Largo	Ancho	Altura
M-1	23.8	11.5	8.4
M-2	23.9	11.3	8.2
M-3	24.0	11.5	8.1
M-4	23.9	11.6	8.1
M-5	24.1	11.6	8.3
M-6	24.0	11.5	8.0
M-7	24.0	11.4	8.4
M-8	23.8	11.5	8.4
M-9	23.9	11.3	8.5
M-10	24.0	11.6	8.1
PROMEDIO	23.9	11.5	8.3

Nota:
* Ensayo realizado en ladrillo entero.

Observaciones:
1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionados por el solicitante.
2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamán Salazar



	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	Código	C3-FOR-ALB-VD	
	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería	Versión	01	
	NTP 399.613:2017	Fecha	08-05-21	
		Página	1 de 1	

Expediente N° : 2791-2023
Nombre del tesista : Bach. Ticsilma Taipe, Roy Moises
Nombre de la tesis : Ladrillos prensados a partir de la combinación de cemento endurecido y arcilla procedentes de los cantones del distrito de San Agustín - Huancayo - Junín
Ubicación : San Agustín - Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 27-01-23

Método de ensayo : Variación dimensional
Datos de la muestra : Ladrillo tradicional + 20% de adición de cemento endurecido

Muestra	Dimensiones (cm)		
	Largo	Ancho	Altura
M-1	23.9	12.1	8.9
M-2	23.8	12.0	8.9
M-3	24.0	12.3	9.0
M-4	24.0	12.0	9.0
M-5	24.1	12.1	9.0
M-6	23.9	12.1	8.9
M-7	23.8	12.0	8.8
M-8	23.9	12.3	9.0
M-9	23.8	11.9	9.1
M-10	23.9	12.0	8.9
PROMEDIO	23.9	12.1	9.0

Nota:
* Ensayo realizado en ladrillo entero.

Observaciones:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPE GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar Alex Huamani Salazar



	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		Código	C3-FOR-ALB-01	
	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería		Versión	01	
	NTP 399.613:2017		Fecha	08-05-21	
			Página	1 de 1	

Expediente N° : 2701-2023
 Peticionario : Bsch. Tieslma Taipo, Roy Moises
 Proyecto : Ladrillos prensados a partir de la combinación de cemento endurecido y arcilla procedentes de las canteras del distrito de San Agustín - Huancayo - Junín
 Ubicación : San Agustín - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 27-01-23
 Método de ensayo : Absorción máxima
 Datos de la muestra : Ladrillo tradicional

Horas	Patrón	Ladrillo tradicional + 10% de adición de cemento endurecido	Ladrillo tradicional + 15% de adición de cemento endurecido	Ladrillo tradicional + 20% de adición de cemento endurecido
Absorción 6H (%)	30.2%	21.6%	13.0%	9.2%
	32.8%	23.4%	13.8%	8.6%
	29.4%	20.5%	12.4%	9.0%
	29.6%	23.8%	14.6%	8.4%
	30.5%	21.9%	13.8%	9.5%
Absorción 12H (%)	45.2%	36.0%	28.9%	17.6%
	46.4%	35.5%	27.5%	16.8%
	44.3%	36.8%	29.4%	17.2%
	45.9%	34.8%	28.3%	18.1%
	43.6%	36.2%	28.7%	16.8%
Absorción 18H (%)	60.1%	55.0%	48.3%	30.5%
	59.7%	54.8%	46.9%	29.1%
	57.6%	56.5%	48.4%	32.8%
	60.3%	55.1%	47.8%	30.5%
	58.9%	54.6%	46.2%	29.6%

Nota:

* Ensayo realizado en ladrillo entero.

Observaciones:

- 1) Muestro e identificación realizados por el peticionario.
- 2) Según lo indicado por el peticionario, el ladrillo king kong tipo IV de 18 huecos de marca Imperial.
- 3) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing Cesar Alex Huamán Salazar



C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Las Peñas N° 1050 - Chica - Huancayo - Junín
 Celular: 947-898992
 Email: c3ingenieriaespecializada@gmail.com

	INFORME DE ENSAYO					Código	C3-FOR-001-LAD	
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión de adobe de tierra					Versión	01	
						Fecha	02-01-20	
						Página	1 de 1	

Expediente N° : 2701-2023
Nombre del testista : Bach. Ticsihua Taipe, Roy Moises
Nombre de la tesis : Ladrillos prensados a partir de la combinación de cemento endurecido y arcilla procedentes de las canteras del distrito de San Agustín - Huancayo - Junín
Ubicación : San Agustín - Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 27-01-23

Testigo N°	Tipo de material	Cantera	% de adición de cemento endurecido	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Longitud promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Espesor promedio (mm)	Área de la sección de contacto (mm²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Promedio de la resistencia a la compresión (kg/cm²)
1	Ladrillo tradicional	San Agustín	0%	27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	21.54	2.2	22.0	18.1
2				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	14.61	1.5	14.9	
3				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	19.43	1.9	19.8	
4				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	17.39	1.8	17.9	
5				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	15.35	1.5	15.7	
6			10%	27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	24.92	2.5	25.4	23.7
7				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	20.15	2.0	20.6	
8				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	25.38	2.5	25.9	
9				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	21.61	2.2	22.0	
10				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	23.94	2.4	24.4	
11			15%	27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	30.07	3.0	30.7	28.3
12				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	32.30	3.2	32.9	
13				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	21.53	2.2	22.0	
14				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	26.76	2.7	27.3	
15				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	28.09	2.8	28.7	
16			20%	27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	37.22	3.7	38.0	32.6
17				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	28.55	2.9	29.1	
18				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	33.32	3.3	34.0	
19				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	29.09	2.9	29.7	
20				27-01-23	24-02-23	28	100.0	100.0	100.0	10000.0	31.86	3.2	32.5	

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

Realizado y revisado por el M.Sc. Ing. Omar A. Huamani Salazar



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
Celular: 947-898992
Email: c3ingenieriaespecializadac@gmail.com

Anexo 4: Certificados de calibración

1. Pie de rey



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1AD-1558-2022



Expediente : 1A09239
Página 1 de 3

- Fecha de emisión : 2022-11-15
1. Solicitante : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
2. Dirección : Av. Los Proceres N° 1000 Urb. Cercado - Chilca - Huancayo - Junín
3. Instrumento : PIE DE REY
- Marca / Fabricante : INSIZE
 - Modelo : No indica
 - Número de serie : 1702144283
 - Procedencia : No indica
 - Código de identificación : C3-V-003 (*)
 - Intervalo de indicación : 0 mm a 300 mm
 - Resolución : 0,01 mm
 - Tipo de indicación : Digital
 - Código de fábrica : 1108-300W
 - Ubicación : No indica
4. Lugar de calibración : Laboratorio de Longitud y Ángulo de METROIL S.A.C. - Sede Lima
5. Fecha de calibración : 2022-11-15
6. Método de calibración : La calibración se efectuó por comparación directa, según el PC-012 Edición 5 "Procedimiento de calibración de Pie de Rey" del INDECOPI-SNM.

7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Instrumento patrón	Certificado de calibración
IL-160	Bloque patrón de longitud Grado 0	LLA-206-2021 / INACAL-DM
IL-205	Bloque patrón de longitud Grado 0	LLA-280-2021 / INACAL-DM
IL-176	Anillo patrón Incertidumbre de 0,7 µm	LLA-511-2022 / INACAL-DM
IL-178	Varilla patrón Incertidumbre de 0,31 µm	LLA-125-2022 / INACAL-DM
IT-449	Termómetro de contacto Incertidumbre de 0,07 °C	1AT-1744-2022 / METROIL S.A.C.

8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental : Inicial : 20,1 °C Final : 20,3 °C
Humedad relativa : Inicial : 56,4 % H.R. Final : 57,3 % H.R.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto 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.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, 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 parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.


Ing. MARCO A. MONTALVO CABREJOS
Laboratorio de Calibración
C.I.P. : 118920

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Lima: Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Lima - Perú E-mail: ventas@metroil.pe Atención al Cliente: 975 193 739
Trujillo: Unidad móvil 1 E-mail: unidadmovil1@metroil.com.pe Atención al Cliente: 999 048 181
Arequipa: Urb. Transportistas Mz. B Lote 3, Paucarpata, Arequipa E-mail: ventasarequipa@metroil.pe Atención al Cliente: 975 432 290 / (054) 607-843
Central: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 Consulta Técnica: 975 432 445 / 965 403 256 Web: www.metroil.com.pe

9. Resultados

Error de referencia inicial (I) = 0 μm

Error de indicación del pie de rey para mediciones de exteriores

Valor patrón (mm)	Indicación promedio del pie de rey (mm)	Error (μm)
0,000	0,000	0
20,000	20,000	0
50,000	49,997	-3
100,000	100,017	17
150,000	150,020	20
200,000	200,024	24
300,000	300,020	20

Error de contacto de la superficie parcial (E)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
200,000	20

Error de repetibilidad (R)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
200,000	0

Error de cambio de escala de exteriores a interiores (S_{E4})

Valor patrón (mm)	Error (μm)
25,000	-10

Error de contacto lineal (L)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
10,001	0

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Lima: Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Lima - Perú E-mail: ventas@metroil.pe Atención al Cliente: 975 193 739
Trujillo: Unidad móvil 1 E-mail: unidadmovil1@metroil.com.pe Atención al Cliente: 999 048 181
Arequipa: Urb. Transportistas Mz. B Lote 3, Paucarpata, Arequipa E-mail: ventasarequipa@metroil.pe Atención al Cliente: 975 432 290 / (054) 807-843
Contact: (511) 713-9080 / (511) 713-5856 Consulta Técnica: 975 432 445 / 985 403 298 Web: www.metroil.com.pe

Error de contacto de superficie completa (J)

Valor patrón (mm)	Error (μ m)
20,000	0

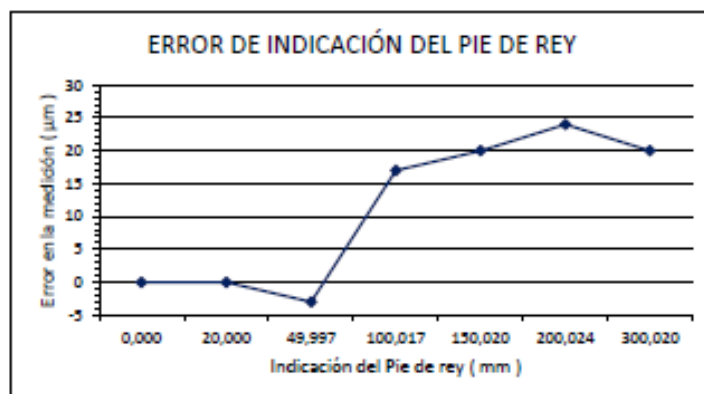
Incertidumbre de la medición : $(14,293^2 + 0,003^2 * L^2)^{1/2} \mu$ m

L : Indicación del pie de rey en milímetros (mm)

Nota 1: Error de indicación del pie de rey para medición de interiores = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a interiores.

Nota 2: Error de indicación del pie de rey para medición de profundidad = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad.

Nota 3: El instrumento tiene un error máximo permisible de $\pm 30 \mu$ m, según norma DIN 862.



10. Observaciones

- Se colocó en el instrumento una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" y con identificación N° 1AMA-12688-22.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- (*) Indicado en una etiqueta adherida a la caja del instrumento.

FIN DEL DOCUMENTO

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Lima: Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Lima - Perú E-mail: ventas@metroil.pe Atención al Cliente: 975 193 739
Trujillo: Unidad móvil 1 E-mail: unidadmovil1@metroil.com.pe Atención al Cliente: 999 048 181
Arequipa: Urb. Transportistas Mz. B Lote 3, Paucarpata, Arequipa E-mail: ventasarequipa@metroil.pe Atención al Cliente: 975 432 290 / (054) 807-843
Central: (511) 713-9080 / (511) 713-5858 Consulta Técnica: 975 432 445 / 985 403 298 Web: www.metroil.com.pe

2. Horno



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC-014



INACAL
DA-Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado
Registro N° LC-014

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-1121-2022

SERV - 0888 - 2022
Pág. 1 de 5

1. Cliente : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.

Dirección : Av. Los Proceres Nro. 1000 Urb. Cercado - Chilca - Huancayo - Junín

2. Equipo calibrado : HORNO

Marca : ELE INTERNATIONAL

Modelo : 88-0220/01

Número de serie : 88-0220-01-1002

Ventilación : Forzada

Procedencia : No indica

Identificación : C3-H-004

Ubicación : Área de Laboratorio

Instrumento de medición del equipo:

Nombre	Tipo	Intervalo de Indicación	Resolución
Termómetro de medición (°)	Digital	-200 °C a 1372 °C (°)	0,1 °C
Dispositivo de control	Analogico	25 °C a 250 °C	5 °C

3. Fecha y lugar de Calibración

Fecha de calibración : 2022-11-09

Lugar de calibración : Instalaciones de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa según el procedimiento PC-018, 2da Ed., "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático", del INDECOPI-SNM.

5. Trazabilidad

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

Instrumento patrón	Certificado de calibración N°
Termómetro de código LT-TC-07 con 10 termopares tipo K (K07-13 al K07-22) con Incertidumbre del orden de 0,15 °C a 0,17 °C.	LT-0526-2022 de SAT S.A.C.

6. Condiciones ambientales

Temperatura ambiental	Mínima : 18,7 °C	Máxima : 19,6 °C
Humedad relativa	Mínima : 40 %hr	Máxima : 46 %hr

7. Condiciones de Calibración

La calibración se realizó bajo condiciones nominales de uso del equipo.

N°	Temperatura de trabajo (°C)	Posición del Controlador	Porcentaje de carga (%)	Tipo de carga/muestras
1	60 ± 5	(°°°)	100	2 recipientes metálicos conteniendo muestras.
2	110 ± 5	(°°°)	100	

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración es emitido en base a los resultados obtenidos en nuestro laboratorio, es válido únicamente al objeto calibrado en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se recomienda al cliente recalibrar sus instrumentos y equipos a intervalos apropiados de acuerdo a su uso, conservación y mantenimiento.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Esta prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización previa y expresa de SAT.

SAT S.A.C., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

El certificado de calibración sin la firma digital del responsable de SAT carecen de validez.

Fecha de emisión: 2022-11-14



Firmado digitalmente por:
Ana Juana Yopez Mejía
Fecha: 14/11/2022 15:19

Jefe de Laboratorio de Temperatura y Humedad (e)



Firmado digitalmente por:
Ing. Yanet Maldonado Pérez
Fecha: 14/11/2022 15:34

Jefe de División de Metrología

JR. ALMIRANTE GUISSE N° 2580 LIMA 14 - LIMA - PERÚ - TELÉFONO: 295-9280 Anexo 30
E-mail: satperu@satperu.com ; metrologia@satperu.com www.satperu.com

F-DM-08 /5ta /Agosto 2021



8. Resultados de la Medición

TEMPERATURA DE TRABAJO : 80 °C ± 5 °C

N°	Tiempo (min)	Term. del equipo T (°C)	NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR					Procedido "T _{prom} "	"T _{max} - T _{min} "
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10		
1	00	61,9	63,1	61,1	62,1	62,5	62,4	62,0	62,7	62,2	62,5	61,7	62,2	2,0
2	02	61,3	62,7	61,0	61,9	62,2	62,0	61,8	62,5	62,1	62,2	61,5	62,0	1,7
3	04	62,2	63,0	61,1	62,2	62,5	62,4	61,9	62,8	62,2	62,6	61,7	62,3	1,9
4	06	61,7	62,9	61,1	62,1	62,4	62,4	61,9	62,7	62,2	62,5	61,7	62,2	1,8
5	08	62,2	62,8	61,1	62,1	62,3	62,3	61,7	62,6	62,1	62,3	61,5	62,1	1,7
6	10	61,9	63,1	61,2	62,3	62,5	62,5	61,9	62,8	62,3	62,6	61,8	62,3	1,9
7	12	61,3	62,8	61,1	62,0	62,2	62,2	61,8	62,5	62,1	62,3	61,5	62,1	1,7
8	14	61,9	63,1	61,3	62,2	62,6	62,5	62,0	62,8	62,4	62,6	61,8	62,3	1,8
9	16	61,4	62,8	61,1	62,1	62,3	62,3	61,9	62,6	62,2	62,3	61,6	62,1	1,7
10	18	62,3	63,2	61,3	62,4	62,6	62,6	62,2	62,9	62,4	62,6	62,0	62,4	1,9
11	20	61,6	62,9	61,2	62,3	62,4	62,5	62,0	62,7	62,3	62,5	61,9	62,3	1,7
12	22	62,4	62,9	61,2	62,2	62,5	62,5	62,0	62,8	62,4	62,6	61,9	62,3	1,7
13	24	62,1	63,2	61,4	62,4	62,7	62,7	62,2	63,0	62,4	62,7	62,1	62,5	1,8
14	26	61,6	62,9	61,2	62,2	62,3	62,3	61,9	62,6	62,1	62,3	61,7	62,2	1,7
15	28	62,2	63,2	61,4	62,5	62,8	62,8	62,3	63,0	62,4	62,7	62,0	62,5	1,8
16	30	61,7	63,1	61,3	62,3	62,6	62,6	62,0	62,8	62,4	62,5	61,9	62,4	1,8
17	32	62,5	63,0	61,2	62,4	62,7	62,7	62,1	62,7	62,4	62,6	61,9	62,4	1,8
18	34	62,4	62,9	61,3	62,3	62,8	62,7	62,0	62,9	62,3	62,6	62,0	62,4	1,6
19	36	62,1	63,2	61,2	62,5	62,8	62,8	62,2	63,0	62,5	62,7	62,2	62,5	2,0
20	38	61,7	62,8	61,1	62,2	62,3	62,4	61,9	62,6	62,2	62,3	61,7	62,2	1,7
21	40	62,2	63,2	61,4	62,6	62,8	62,8	62,3	63,0	62,5	62,7	62,1	62,6	1,8
22	42	61,8	63,1	61,5	62,4	62,6	62,6	62,2	62,9	62,4	62,6	62,1	62,5	1,6
23	44	62,4	63,0	61,3	62,3	62,4	62,5	62,0	62,8	62,4	62,5	61,9	62,3	1,7
24	46	62,2	63,2	61,4	62,6	62,8	62,8	62,3	63,0	62,6	62,7	62,1	62,6	1,8
25	48	61,6	62,8	61,2	62,4	62,6	62,6	62,0	62,7	62,4	62,5	62,0	62,3	1,6
26	50	62,3	63,1	61,3	62,4	62,5	62,8	62,2	62,9	62,4	62,5	62,1	62,4	1,8
27	52	62,0	63,2	61,4	62,6	62,8	62,9	62,3	63,0	62,5	62,8	62,2	62,6	1,8
28	54	62,3	63,3	61,4	62,6	62,8	62,8	62,4	63,1	62,5	62,6	62,2	62,6	1,9
29	56	61,5	62,9	61,2	62,3	62,3	62,4	62,0	62,6	62,3	62,3	61,9	62,2	1,7
30	58	62,4	63,3	61,5	62,7	62,8	63,0	62,3	63,1	62,5	62,8	62,2	62,6	1,8
31	60	62,5	63,0	61,3	62,4	62,6	62,6	62,0	62,7	62,4	62,5	62,0	62,4	1,7
T.PROM		62,0	63,0	61,3	62,3	62,6	62,5	62,0	62,8	62,3	62,6	61,9	62,3	
T.MAX		62,5	63,3	61,5	62,7	62,8	63,0	62,4	63,1	62,6	62,8	62,2		
T.MIN		61,3	62,7	61,0	61,9	62,2	62,0	61,7	62,5	62,1	62,2	61,5		
DTT =(T.MAX-T.MIN)		1,2	0,6	0,5	0,8	0,6	1,0	0,7	0,6	0,5	0,6	0,7		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima temperatura medida.	63,3	0,3
Mínima temperatura medida.	61,0	0,3
Desviación de la Temperatura en el Tiempo.	1,0	0,1
Desviación de la Temperatura en el Espacio.	1,7	0,2
Estabilidad Medida (±)	0,50	0,04
Uniformidad Medida	2,0	0,2

1



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC-014**



INACAL
DA-Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado

Registro N° LC-014

Certificado de Calibración N° LT-1121-2022

Pág. 3 de 5

TEMPERATURA DE TRABAJO : 110 °C ± 6 °C

N°	Tiempo (min)	Term. del equipo T (°C)	NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR					Promedio T _{prom}	T _{max} - T _{min}
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10		
1	00	111,2	112,1	107,5	110,6	110,7	111,2	109,7	111,8	110,7	110,8	110,3	110,6	4,6
2	02	110,4	111,8	107,6	110,6	110,6	111,1	109,4	111,7	110,7	110,7	110,2	110,5	4,3
3	04	111,0	112,0	107,8	110,7	110,7	111,3	109,7	111,8	110,7	110,8	110,4	110,6	4,3
4	06	111,2	111,9	107,7	110,7	110,7	111,2	109,6	111,8	110,6	110,7	110,3	110,5	4,3
5	08	110,8	111,8	107,6	110,6	110,5	111,1	109,5	111,7	110,6	110,8	110,1	110,4	4,3
6	10	110,6	111,8	107,7	110,6	110,6	111,2	109,6	111,7	110,5	110,7	110,2	110,5	4,2
7	12	111,2	112,0	107,8	110,7	110,8	111,3	109,7	111,8	110,8	110,8	110,5	110,6	4,3
8	14	111,1	111,9	107,6	110,7	110,7	111,2	109,7	111,8	110,7	110,6	110,3	110,5	4,3
9	16	110,6	111,8	107,7	110,6	110,6	111,1	109,6	111,7	110,6	110,7	110,2	110,5	4,2
10	18	110,9	112,1	107,6	110,8	110,8	111,3	109,8	111,9	110,7	110,9	110,5	110,7	4,6
11	20	111,2	112,0	107,7	110,6	110,6	111,4	109,7	111,7	110,6	110,6	110,4	110,5	4,4
12	22	110,7	111,8	107,6	110,7	110,5	111,2	109,6	111,8	110,7	110,7	110,3	110,5	4,3
13	24	111,2	112,1	107,6	110,7	110,7	111,2	109,7	111,9	110,6	110,7	110,5	110,6	4,6
14	26	111,3	111,9	107,6	110,8	110,8	111,3	109,7	111,7	110,8	110,8	110,4	110,6	4,3
15	28	110,6	111,8	107,5	110,7	110,8	111,4	109,8	111,7	110,6	110,7	110,4	110,6	4,3
16	30	110,8	112,0	107,6	110,6	110,6	111,2	109,7	111,6	110,5	110,8	110,3	110,5	4,5
17	32	110,7	111,9	107,7	110,8	110,8	111,4	109,8	111,8	110,8	110,9	110,5	110,7	4,3
18	34	111,1	111,9	107,6	110,7	110,7	111,2	109,7	111,7	110,6	110,7	110,4	110,5	4,3
19	36	111,0	111,8	107,7	110,6	110,6	111,1	109,8	111,6	110,5	110,8	110,2	110,5	4,2
20	38	111,2	112,0	107,6	110,8	110,7	111,3	109,7	111,8	110,6	110,7	110,4	110,6	4,5
21	40	111,1	111,9	107,7	110,6	110,7	111,2	109,6	111,7	110,7	110,8	110,5	110,6	4,3
22	42	111,1	111,8	107,7	110,9	110,7	111,2	109,6	111,8	110,7	110,7	110,4	110,6	4,2
23	44	111,0	112,0	107,8	110,8	110,6	111,3	109,7	111,8	110,6	110,7	110,5	110,6	4,3
24	46	111,1	112,1	107,6	110,7	110,7	111,2	109,8	111,7	110,7	110,6	110,4	110,6	4,6
25	48	111,0	111,9	107,7	110,7	110,8	111,4	109,8	111,6	110,8	110,7	110,3	110,6	4,3
26	50	110,9	111,8	107,5	110,8	110,7	111,2	109,7	111,7	110,6	110,8	110,4	110,5	4,3
27	52	110,6	112,0	107,6	110,7	110,6	111,3	109,6	112,0	110,7	110,6	110,5	110,6	4,5
28	54	110,8	111,9	107,7	110,9	110,5	111,1	109,8	111,8	110,6	110,7	110,4	110,6	4,3
29	56	110,9	112,0	107,7	110,8	110,6	111,2	109,7	111,9	110,6	110,6	110,5	110,6	4,4
30	58	111,1	111,8	107,7	110,7	110,7	111,3	109,5	112,0	110,7	110,5	110,6	110,6	4,3
31	60	110,8	111,9	107,6	110,7	110,8	111,2	109,7	111,9	110,6	110,6	110,5	110,6	4,3
T.PROM		110,9	112,0	107,6	110,7	110,6	111,3	109,7	111,8	110,7	110,8	110,4	110,6	
T.MAX		111,3	112,1	107,8	110,9	110,8	111,4	109,8	112,0	110,8	110,9	110,6		
T.MIN		110,4	111,8	107,5	110,6	110,5	111,1	109,4	111,6	110,5	110,5	110,1		
DTT = (T.MAX - T.MIN)		0,9	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima temperatura medida.	112,1	0,3
Mínima temperatura medida.	107,5	0,3
Desviación de la Temperatura en el Tiempo.	0,5	0,1
Desviación de la Temperatura en el Espacio.	4,4	0,2
Estabilidad Medida (±)	0,25	0,04
Uniformidad Medida	4,6	0,2

1



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC-014**



INACAL
DA-Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado

Registro N° LC-014

Certificado de Calibración N° LT-1121-2022

Pág. 4 de 5

- ¹ T. PROM promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom. promedio de las temperaturas en las 10 posiciones de medición para un instante dado.
T. MAX. Temperatura máxima
T. MIN. Temperatura mínima
DTT. Desviación de temperatura en el tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

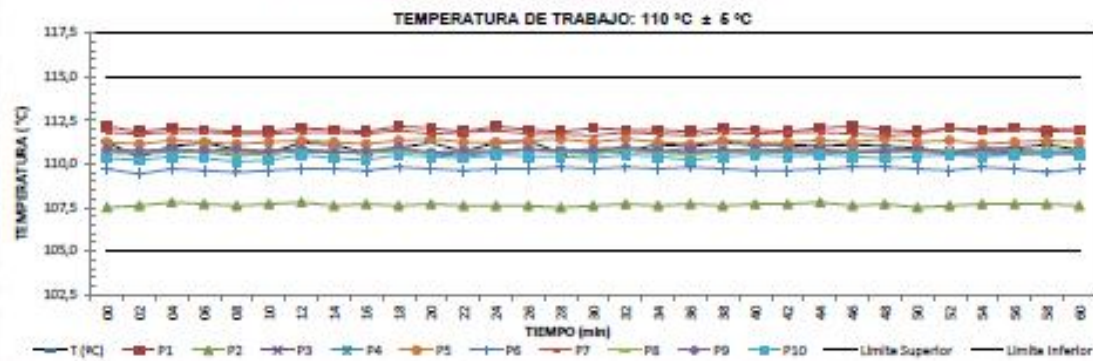
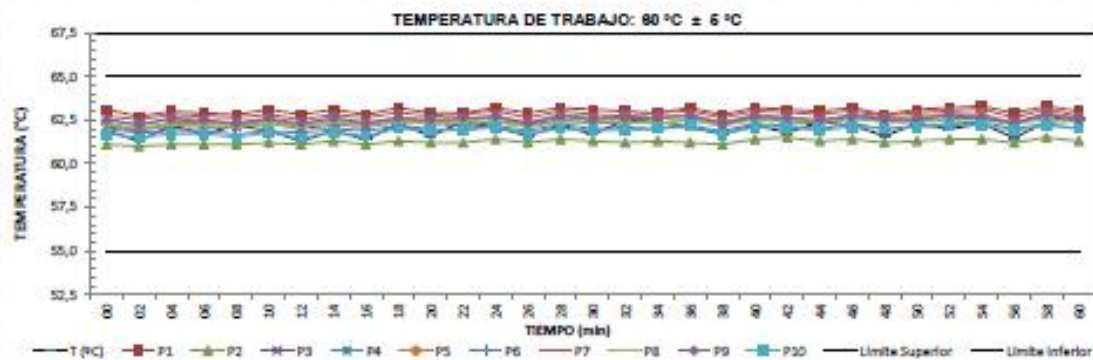
La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ más, DTT.

La Uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo es: $0,05^{\circ}\text{C}$

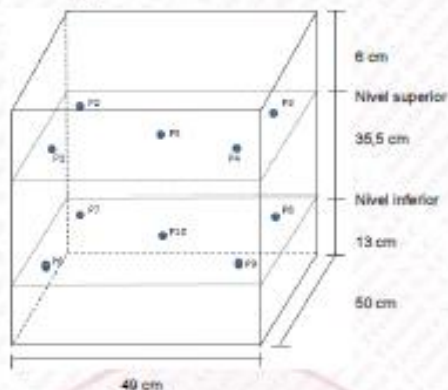
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

9. Gráfico: Temperatura en el Interior del Equipo





10. Gráfico: Distribución de los sensores en el equipo



- Los sensores P5 y P10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
- Los sensores del P1 al P5 están ubicados a 14 cm por encima de la parrilla superior.
- Los sensores del P6 al P10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.
- Los sensores del P1 al P4 y P6 al P9 están ubicados a 10 cm de las paredes laterales y a 7 cm del frente y fondo del equipo.

FOTOGRAFIA DEL INTERIOR DEL EQUIPO CON LAS MUESTRAS



11. Observaciones:

- Se colocó una etiqueta de color naranja con la indicación CALIBRADO.
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La calibración se efectuó 3 horas después de haber encendido y cerrado el equipo.
- Además el equipo cuenta con operación del aire fresco: Completamente abierto.
- Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isoterma CUMPLE con los límites especificados de temperatura indicados en el ítem 7.
- (*) Código: C3-DLT-001.
- (**) Dato obtenido del manual del fabricante.
- (****) Se dejó marcada con una etiqueta.

FIN DEL DOCUMENTO

3. Prensa hidráulica

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-26474-001 R0

Page / Pág. 1 de 6

Equipo <i>Instrument</i>	PRENSA DE CONCRETO
Fabricante <i>Manufacturer</i>	TECNICAS CP
Modelo <i>Model</i>	STYE 2000
Número de Serie <i>Serial Number</i>	181012
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	C3-P-001
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	2000 kN
Solicitante <i>Customer</i>	C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
Dirección <i>Address</i>	AV. LOS PROCERES NRO. 1000 URB. CERCADO JUNIN - HUANCAYO - CHILCA
Ciudad <i>City</i>	JUNIN
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2022 - 06 - 16
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2022 - 06 - 22

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

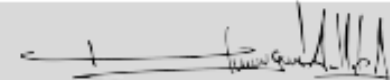
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of the certificate and documents attached

06

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate


Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda
Metrologo Laboratorio de Metrología


Tecg. Oscar Eduardo Briceño
Metrologo Laboratorio de Metrología

LAB-001-001-001-001

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004**F-26474-001 R0**

Pág. 2 de 6

DATOS TÉCNICOS

Máquina de Ensayo Bajo Calibración	
Clase	No Identificable
Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
División de Escala	0,01 kN
Resolución	0,01 kN
Intervalo de Medición Calibrado	Del 10 % al 50 % de la carga máxima.
Límite inferior de la Escala	1 kN

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una Inspección general de la máquina y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo

Tabla 1.
Indicaciones como se entrega la máquina

Indicación del IBC		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio $S_{1,2 y 3}$ kN
		S_1 Ascendente kN	S_2 Ascendente kN	S_2' No Aplica ----	S_3 Ascendente kN	S_4 No Aplica ----	
%	kN						
10	200,00	201,70	201,94	----	201,94	----	201,86
15	300,00	300,09	301,48	----	302,29	----	301,29
20	400,00	400,13	401,43	----	403,26	----	401,61
25	500,00	500,70	500,04	----	502,02	----	500,92
30	600,00	599,75	601,72	----	600,24	----	600,57
35	700,00	699,30	700,98	----	701,36	----	700,55
40	800,00	798,18	800,30	----	800,58	----	799,69
45	900,00	899,30	899,06	----	898,66	----	899,01
50	1 000,00	997,14	999,50	----	999,31	----	998,65

LM-PC-08-F-01 R12.4

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA



ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004

F-26474-001 R0

Pág. 3 de 8

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 2.

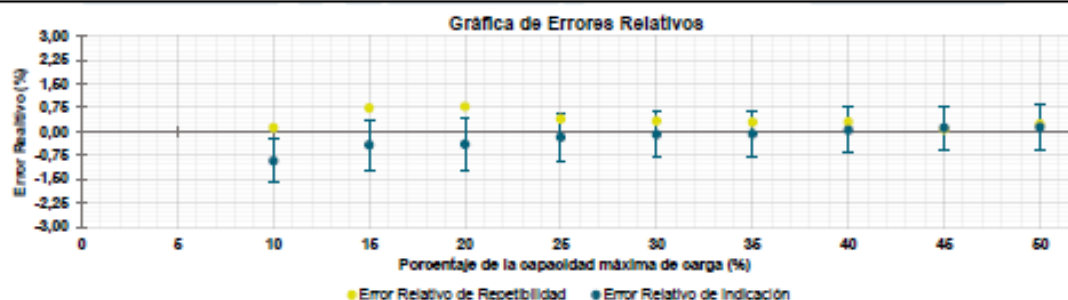
Error realtivo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

$f_{0,01}$ %	$f_{0,02}$ %	$f_{0,02'}$ %	$f_{0,03}$ %	$f_{0,04}$ %
0,003	0,003	----	0,003	----

Tabla 3.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Errores Relativos			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad		U		
%	kN	q %	b %	v %	a %	kN	%	----
10	200,00	-0,93	0,12	----	0,005	1,4	0,69	2,01
15	300,00	-0,43	0,73	----	0,003	2,4	0,81	2,01
20	400,00	-0,40	0,78	----	0,003	3,3	0,83	2,01
25	500,00	-0,18	0,40	----	0,002	3,7	0,73	2,02
30	600,00	-0,10	0,33	----	0,002	4,3	0,72	2,02
35	700,00	-0,08	0,29	----	0,001	5,0	0,71	2,02
40	800,00	0,04	0,30	----	0,001	5,7	0,72	2,02
45	900,00	0,11	0,07	----	0,001	6,2	0,69	2,01
50	1 000,0	0,13	0,24	----	0,001	7,1	0,71	2,01



CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue LABORATORIO de la empresa C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C. ubicada en JUNIN. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 14,6 °C
Humedad Relativa Máxima: 37 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 14,3 °C
Humedad Relativa Mínima: 35 % HR

LM-PC-05-F-01 R12.4

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...
Tabla 4.

 Coeficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R^2 , el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

A_0	A_1	A_2	A_3	—	R^2
1,95979 E00	9,99460 E-01	-2,35032 E-08	-5,21044 E-10		1,0000 E00

Ecuación 1: donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de deformación evaluado

$$F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$$

Tabla 5.

Valores calculados en función de la fuerza aplicada (kN)

Indicación kN	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00
200,00	201,75	211,74	221,72	231,70	241,69
250,00	251,67	261,65	271,63	281,61	291,59
300,00	301,57	311,55	321,53	331,51	341,48
350,00	351,46	361,44	371,41	381,39	391,36
400,00	401,33	411,31	421,28	431,25	441,22
450,00	451,19	461,16	471,13	481,10	491,07
500,00	501,04	511,00	520,97	530,94	540,90
550,00	550,87	560,83	570,79	580,75	590,72
600,00	600,68	610,64	620,60	630,56	640,51
650,00	650,47	660,43	670,39	680,34	690,30
700,00	700,25	710,21	720,16	730,11	740,06
750,00	750,01	759,96	769,91	779,86	789,81
800,00	799,76	809,70	819,65	829,59	839,54
850,00	849,48	859,43	869,37	879,31	889,25
900,00	899,19	909,13	919,07	929,01	938,94
950,00	948,88	958,81	968,75	978,68	988,62
1 000,00	998,55				

Tabla 6.

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio s1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
200,00	201,86	201,75	- 0,10
300,00	301,29	301,57	0,28
400,00	401,61	401,33	- 0,27
500,00	500,92	501,04	0,12
600,00	600,57	600,68	0,11
700,00	700,55	700,25	- 0,30
800,00	799,69	799,76	0,07
900,00	899,01	899,19	0,18
1 000,00	998,65	998,55	- 0,10

LM-PC-05-F-01 R12.4

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
IT-LAC-004**F-26474-001 R0**

Pág. 6 de 6

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

La Tabla 7 y Tabla 8 de este Certificado de Calibración se generan debido a que las unidades de la indicación del equipo bajo Calibración no coinciden con los Newton que son las unidades definidas en el Sistema Internacional de Unidades para la magnitud derivada fuerza. Los valores aquí presentados corresponden a la multiplicación de los resultados plasmados en la Tabla 1 y Tabla 3 de este Certificado de Calibración por el factor de conversión correspondiente. Cabe aclarar que los resultados mostrados como valores relativos no se modifican al realizar la conversión de unidades.

El factor de conversión utilizado para los cálculos fue: (kgf) a (N) = 9,80665, tomado del documento NIST SPECIAL PUBLICATION 811: Guide for the use of the International System of Units (SI) - Anexo B8.

Tabla 7.

Indicaciones obtenidas durante la Calibración para cada valor de carga aplicado en kgf

Indicación del IBC		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio $S_{1,2 y 3}$ kgf
		S_1 Ascendente kgf	S_2 Ascendente kgf	S_3 No Aplica ---	S_4 Ascendente kgf	S_5 No Aplica ---	
%	kgf						
10	20 394,3	20 568,0	20 591,7	---	20 591,8	---	20 583,8
15	30 591,5	30 600,7	30 742,4	---	30 825,4	---	30 722,8
20	40 788,6	40 801,9	40 934,5	---	41 121,1	---	40 952,5
25	50 985,8	51 057,2	50 989,9	---	51 191,8	---	51 079,6
30	61 183,0	61 157,5	61 358,4	---	61 207,5	---	61 241,1
35	71 380,1	71 308,8	71 480,1	---	71 518,8	---	71 435,9
40	81 577,3	81 391,7	81 607,9	---	81 636,5	---	81 545,4
45	91 774,5	91 703,1	91 678,6	---	91 637,8	---	91 673,2
50	101 971,6	101 680,0	101 920,7	---	101 901,3	---	101 834,0

Tabla 8.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Carga Aplicada		Errores Relativos			Resolución Relativa a %	Incertidumbre Expandida U		$k_{p=95\%}$ ---
		Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %		kgf	%	
%	kgf							
10	20 394,3	-0,93	0,12	---	0,005	142	0,69	2,01
15	30 591,5	-0,43	0,73	---	0,003	249	0,81	2,01
20	40 788,6	-0,40	0,78	---	0,003	337	0,83	2,01
25	50 985,8	-0,18	0,40	---	0,002	372	0,73	2,02
30	61 183,0	-0,10	0,33	---	0,002	440	0,72	2,02
35	71 380,1	-0,08	0,29	---	0,001	510	0,71	2,02
40	81 577,3	0,04	0,30	---	0,001	584	0,72	2,02
45	91 774,5	0,11	0,07	---	0,001	634	0,69	2,01
50	101 971,6	0,13	0,24	---	0,001	720	0,71	2,01

LM-PC-05-F-01 R12.4

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



ISO/IEC 17025:2017
 11-LAC-004

F-26474-001 R0

Pág. 6 de 6

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La Incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la Incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2,019$ y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La Incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Instrumento de Referencia

Instrumento	Transductor de Fuerza de 1 MN.
Modelo	KAL 1MN.
Clase	0,5.
Número de Serie	017403.
Certificado de Calibración	5047 del INM.
Próxima Calibración	2023-02-03.

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la Calibración que se mencionan en la Pág. 2, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1	1	1,5	0,1	0,5
2	2	2	3	0,2	1
3	3	3	4,5	0,3	1,5

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

- Se emplea la coma (,) como separador decimal.
- En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- El cliente autoriza emitir el certificado de calibración y conoce que los puntos por debajo del 20% del límite superior no se obtuvieron de acuerdo a lo establecido en el documento de referencia ISO 7500-1:2018 Numeral 6.4.5. Los resultados en valores discretos de fuerza reportados fueron solicitados y aprobados por el cliente.
- Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-26474-001

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R12.4

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

PANEL FOTOGRÁFICO

1. Pruebas de laboratorio para arcilla de ladrillo





2. Elaboración de ladrillos prensados con cemento endurecido



3. Pruebas de laboratorio a los ladrillos prensados con cemento endurecido





