

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE TESIS

“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO UTILIZANDO POLVO DE CAUCHO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO PARA USO COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN ACABADOS Y JUNTAS EN MUROS DE ALBAÑILERÍA EN LA CIUDAD DE TACNA-2019”

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. MARCO ANDRÉE JESÚS QUIROGA ZUÑIGA

BACH. ANTHONY JACINTO MAQUERA JALANOCA

TACNA – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS DE INVESTIGACION

“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO UTILIZANDO POLVO DE CAUCHO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO PARA USO COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN ACABADOS Y JUNTAS EN MUROS DE ALBAÑILERÍA EN LA CIUDAD DE TACNA-2019”

Tesis sustentada y aprobada el 13 de Diciembre del 2019; estando el jurado calificador integrado por:


PRESIDENTE:


Mtra. María Etelvina Duarte Lizarzaburo

SECRETARIO:


Ing. Rolando Gonzalo Salazar Calderón Juárez

VOCAL:


Ing. Luis Enrique Valle Castro

ASESORA:


Mg. Ing Dina Cotrado Flores

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo **Marco Andréé Jesús Quiroga Zuñiga**, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 73320615.

Yo **Anthony Jacinto Maquera Jalanoca** en calidad de: Grado Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 71509990.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:

“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO UTILIZANDO POLVO DE CAUCHO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO PARA USO COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN ACABADOS Y JUNTAS EN MUROS DE ALBAÑILERÍA EN LA CIUDAD DE TACNA-2019”, el mismo que se presenta para optar: **EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.**

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables frente a LA

UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el

trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 13 de Diciembre del 2019.

.....
BACH. QUIROGA ZUÑIGA, MARCO ANDRÉE JESÚS
DNI 73320615

.....
BACH. MAQUERA JALANOCA, ANTHONY JACINTO
DNI 71509990

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a toda mi familia que son mi motor y motivo para seguir aprendiendo cada día, a demostrarme siempre que voy a contar con ellos, en los buenos y malos momentos. A mis padres y hermanas por demostrarme todo el amor incondicional y apoyo en mi etapa de formación universitaria. A todos los docentes de la Universidad Privada de Tacna por sus grandes enseñanzas, a mis grandes amigos que pude conocer y valorar en mi etapa de estudiante.

MARCO ANDRÉE JESÚS QUIROGA ZUÑIGA

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios que iluminó mi camino durante todo este recorrido.

A la Universidad Privada de Tacna por ser parte de mi formación profesional mi más sincero agradecimiento al cuerpo de docentes, amigos y compañeros en este camino.

A la Mg. Ing. Dina Marlene Cotrado Flores, por su tiempo, enseñanza y dedicación en la asesoría de esta investigación y por ser parte de mi desarrollo profesional.

Al Msc. Elisban Sacari Sacari, por su enseñanza, paciencia y confianza al largo de las supervisiones de las actividades.

Finalmente, agradezco a toda mi familia por todo su apoyo incondicional y ser parte de toda mi etapa de formación.

MARCO ANDRÉE JESÚS QUIROGA ZUÑIGA

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de la carrera profesional, por ser mi fortaleza en los días difíciles y por brindarme un camino de grandes oportunidades, experiencias y sobre todo buenos aprendizajes.

A mi padre Jacinto y madre Nancy por estar presentes en los acontecimientos de mi vida y por el gran apoyo que me brindan al ser partícipes en cada momento de felicidad.

A mi hermana por ser parte importante de mi vida y estar ahí presente para ayudarme a mejorar y seguir adelante.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todos los amigos que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

ANTHONY JACINTO MAQUERA JALANOCA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
PAGINA DE JURADO	i
PAGINA DE DECLARACION DE ORIGINALIDAD	ii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE DE CONTENIDOS.....	vii
INDICE GENERAL	vii
INDICE FIGURAS	ix
INDICE TABLAS.....	x
INDICE ANEXOS	x
INDICE GENERAL	
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCION.....	xiv
CAPÍTULO I:PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	2
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	3
1.3 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA.....	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivo específico	5
1.5 HIPÓTESIS	5

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	8
2.2 BASES TEÓRICAS	11
2.3 DEFINICION DE TÉRMINOS	30
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	32
3.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION	33
3.2 POBLACION Y/O MUESTRA DE ESTUDIO	33
3.3 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	33
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS	35
3.5 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS	39
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	44
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	53
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista del Mapa de clasificación Climática del Perú-2016.....	03
Figura 2. Flujo de calor a través de elementos opacos	17
Figura 3. Los Aislantes Térmicos y el Poliestireno Expandido.....	19
Figura 4. Tamaños de las partículas de caucho reciclado triturado en el mercado.	23
Figura 5. Gráfico de diferencia entre grados Celsius y Kelvin	25
Figura 6. Transferencia de Calor entre dos cuerpos	26
Figura 7. Gráficos de los metodos que ocurren en la tranferencia de calor	26
Figura 8. Gráfico de la radiación incidente, en este caso, reflejada directamente del sol.....	28
Figura 9. Gráfico de la radiación saliente.	29
Figura 10. Control de Temperatura Inicial del murete sin tarrajeo antes del calentamiento	46
Figura 11. Control de Temperatura Inicial del murete con tarrajeo antes del calentamiento.	46
Figura 12. Registro de temperaturas sobre el murete, con mortero tradicional 1:4 en comparativa con volúmenes modificados de material alternativo.....	47
Figura 13. Registro de temperaturas al interior del murete, con mortero tradicional 1:4 en comparativa con volúmenes modificados de material alternativo.	48
Figura 14. Registro de temperaturas sobre el murete, con tarrajeo tradicional 1:5 en comparativa con volúmenes modificados de material alternativo.....	49
Figura 15. Registro de temperaturas al interior del murete, con tarrajeo tradicional 1:5 en comparativa con volúmenes modificados de material alternativo.	50
Figura 16. Falla en ensayo de compresión axial pilas de albañilería..	51
Figura 17. Falla en ensayo de compresión axial pilas de albañilería usando polvo de caucho... ..	52

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales	11
Tabla 2. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	12
Tabla 3. Tipos de mortero.....	13
Tabla 4. Métodos para determinar $f'm$ y $v'm$	14
Tabla 5. Incremento de $f'm$ y $v'm$ por Edad	15
Tabla 6. Resistencias Características de la Albañilería Mpa (kg/cm^2).....	15
Tabla 7. Factores de corrección	16
Tabla 8. Parque Vehicular total de circulación al 2012 en el Perú	24
Tabla 9. Tipo de Radiación.....	28
Tabla 10. Procedimiento y Construcción de Murete	36
Tabla 11. Registros de Temperaturas del mortero tradicional(base) y modificados	41
Tabla 12. Registros de Temperaturas del tarrajeo tradicional (base)y modificados	42
Tabla 13. Registro de Carga Máxima sobre pilas de albañilería por ensayo de compresión	43
Tabla 14. Resistencia a la compresión axial.....	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Anexo 2. Panel Fotográfico

Anexo 3. Informe CISMID – UNI

Anexo 4. Ensayo de Compresión axial UPT TACNA

RESUMEN

Problema: En el Perú el confort térmico en edificaciones es un tema poco estudiado y desarrollado, en comparación a muchos países en Europa y América del Norte, desde regiones en donde están sometidas a condiciones climáticas frías extremas a regiones con una radiación que supera la idea de bienestar en el ser humano.

Es la población más vulnerable ante estos cambios, teniendo como causas, carencia de viviendas adecuadas, falta de conocimiento en la población de conceptos térmicos, de ventilación y aprovechamiento de energía solar, entre otros.

En el Perú no existe aún mucha experiencia con el empleo de nuevos materiales de construcción, así como, una mejora en viviendas existentes, producto de esto, se da un primer inicio a materiales que son de desperdicio para algunas empresas y pueden ser reciclados, descartables con lenta degradación como el poliestireno expandido y el residuo de llantas, pueden ser aprovechados en la construcción de edificaciones en el auxilio de un desempeño térmico de muros o algún otro elemento estructural, después de ser procesado, como componente para incluir en las unidades de albañilería.

Objetivo: El presente trabajo de investigación tiene por finalidad evaluar el desempeño térmico utilizando polvo de caucho y poliestireno expandido para uso como material alternativo en acabados y juntas en muros de albañilería construidos con Hércules I en la ciudad de Tacna.

Metodología: Para la presente investigación se ha hecho el análisis de los materiales alternativos (polvo de caucho y poliestireno expandido) en ensayos de compresión axial con unidades de albañilería Hércules I, así mismo, la evaluación del desempeño térmico en juntas y acabados en muretes de 1.00x1.00m utilizando dichos materiales en comparativa el material y proporción patrón 1:4 para mortero y 1:5 en acabados.

Conclusiones: Del análisis se concluye que dichos materiales pueden funcionar muy bien como confort térmico, pero si se tiene en cuenta el fin estructural es el 10% de polvo de caucho máximo para usar.

Palabras Claves: Albañilería, compresión axial, Confort térmico, Hércules I, polvo de caucho, poliestireno expandido.

ABSTRACT

Problem: In Peru, thermal comfort in buildings is a little studied and developed topic, compared to many countries in Europe and North America, from regions where they are subjected to extreme cold climatic conditions to regions with radiation that exceeds the idea of welfare in humans.

It is the population most vulnerable to these changes, having as causes, lack of adequate housing, lack of knowledge in the population of thermal concepts, of ventilation and use of solar energy, among others.

In Peru there is still not much experience with the use of new construction materials, as well as an improvement in existing housing, as a result of this, a first start is given to materials that are waste for some companies and can be recycled, disposable with slow degradation as expanded polystyrene and tire residue, can be used in the construction of buildings in the aid of a thermal performance of walls or some other structural element, after being processed, as a component to include in the masonry units.

Objective: The purpose of this research work is to evaluate thermal performance using rubber powder and expanded polystyrene for use as an alternative material in finishes and joints in masonry walls built with Hercules I in the city of Tacna.

Methodology: For the present research the analysis of alternative materials (rubber powder and expanded polystyrene) has been made in axial compression tests with Hercules I masonry units, as well as the evaluation of the thermal performance in joints and finishes in walls of 1.00x1.00m using these materials in comparison with the material and standard ratio 1:4 for mortar and 1:5 in finishes.

Conclusions: From the analysis it is concluded that these materials can work very well as thermal comfort, but if one takes into account the structural purpose is the maximum 10% of rubber powder to use.

Keywords: Masonry, axial compression, thermal comfort, Hercules I, rubber dust, expanded polystyrene.

INTRODUCCIÓN

El concepto de confort térmico es referido al estado mental que expresa la satisfacción del hombre con el ambiente térmico que lo circula. Decir que no está satisfecho puede ser causado por la sensación de incomodidad por el calor o por el frío, cuando el balance térmico no es estable, o sea, cuando hay diferencias entre el calor producido por el cuerpo y el calor perdido para el ambiente.

En el Perú, la idea de confort térmico es poco atendida puesto que se ha acostumbrado a que solo existe un patrón común en la construcción. Las acciones que puede mejorar el confort térmico se reflejan en construcciones nuevas, así como conjugando materiales de construcción, técnicas constructivas y por qué no el uso de tecnologías para un aprovechamiento de fuentes de energías renovables.

Materiales que pueden reutilizarse o simplemente algunas empresas esperan miles de años para que estos puedan degradarse, pueden ser usados en el ámbito de la construcción, el proceso de confort térmico es a largo plazo y que gustosamente poco a poco están desarrollando investigaciones en nuestro país. Por otro lado, es de gran satisfacción presentar un indicio de soluciones térmicas constructivas para viviendas en la ciudad de Tacna, considerando que es un punto de partida ante la vulnerabilidad de las edificaciones antes los peligros climáticos.

Sin embargo, es de suma importancia recalcar que no solo aplica el uso de materiales reciclables, es por ello que esta investigación también enfoca parte del fin estructural en los porcentajes de estos materiales alternativos a usarse. Se ha considerado el uso de ladrillos de arcilla “Hércules I”, tomando como referencia a tesis de la Universidad Privada de Tacna, con sus investigaciones enfocadas al fin estructural con espesor de morteros de 1cm y 1.5cm.

Por lo tanto, basándose en los criterios de la Norma Técnica del Reglamento Nacional de Edificaciones (NTE) E.070 Albañilería se elaboró el presente trabajo de investigación titulado “Evaluación del desempeño térmico utilizando polvo de caucho y poliestireno expandido para uso como material alternativo en acabados y juntas en muros de albañilería en la ciudad de Tacna”, es importante determinar si existe una variación en la resistencia a la compresión ($f'm$) con el ensayo de pilas de albañilería, entre el mortero patrón y el modificado. Dicho estudio se realizó en el Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento de la Universidad Privada de Tacna.

De tal manera se contribuye con el uso de nuevos materiales de construcción para basarse en ensayos experimentales y estudiar el impacto térmico y estructural que pueda reflejar.

Esta tesis está estructurado en 05 capítulos.

En el capítulo I, se determina la problemática del confort térmico, la justificación, los objetivos y las hipótesis.

El capítulo II, se refiere al fundamento teórico científico, es decir, al marco referido a la albañilería, antecedentes de estudios de os nuevos materiales de construcción y la unidad de albañilería Hércules I, explicando la tesis base para seguir con la presente investigación. Así mismo se da a conocer algunos conceptos básicos para la presente tesis.

En el capítulo III, se desarrolla el marco metodológico que detalla todo el procedimiento que siguió la presente tesis, tipo de investigación, nivel y diseño, población y muestra considerada para el estudio, técnicas, instrumentos y variables para la recolección de datos para el procesamiento y análisis de estos utilizados en la investigación explicando los ensayos realizados.

En el capítulo IV, muestra los resultados de la investigación a partir de cuadros de resultados y curvas de calentamiento y enfriamiento que muestran los resultados ensayados de cada espécimen y el resultado final que entrará en discusión.

El capítulo V, presenta la discusión los resultados y los estudios que guardan relación a la investigación. Posteriormente dando a conocer las conclusiones del trabajo y recomendaciones relacionadas con los objetivos y las hipótesis planteadas.

Finalmente, en referencias bibliográficas se presenta un listado de las referencias consultadas para la ejecución de este trabajo de investigación y se presenta 03 anexos los que detallan en el Anexo 01 la matriz de consistencia, en el Anexo 02 el Panel Fotográfico.

Los Autores

Capítulo I:
PLANTEAMIENTO DEL
PROBLEMA

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el Perú el confort térmico ha sido poco investigado en comparación con países Europeos y de América del Norte, donde las edificaciones presentan un buen desempeño térmico sin la utilización de equipos mecánicos para el control de las temperaturas internas de los ambientes. Para que el ambiente interno sea considerado térmicamente confortable, el individuo necesita manifestar un bienestar en relación a la variación de la temperatura de su cuerpo con el ambiente.

Para un mejor desempeño térmico de las construcciones en el Perú fue instaurada la norma EM.110 “Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética” que beneficia el desempeño térmico de conjuntos habitacionales. De esta forma la construcción civil está en la obligación a evolucionar y buscar nuevas metodologías de construcciones utilizando combinaciones de diferentes materiales para que pueda atender las normas y proporcionar un mejor confort al usuario.

Debe destacarse que no sólo se busca el confort térmico con el uso de materiales alternativos (poliestireno expandido y el polvo de caucho), además es importante el fin estructural, tomando como referencia los requisitos de la Norma E.070 referente a la resistencia a la Compresión axial (f'm).

Materiales de desecho, han sido estudiados para el reaprovechamiento en la construcción civil. Descartables con lenta degradación, como el poliestireno expandido (EPS) y el residuo del polvo de caucho, pueden ser aprovechados en la construcción de edificaciones en la ayuda del desempeño térmico de juntas y acabados, después de ser procesados, como compuesto para añadir o reemplazar en los muros de Albañilería en la ciudad de Tacna.

Con el propósito de contribuir en el confort térmico en edificaciones construidas en el diseño de albañilería estructural y favorecer en la utilización de materiales de desecho, el estudio va a analizar el aporte de materiales alternativos para el aislamiento térmico de las edificaciones.

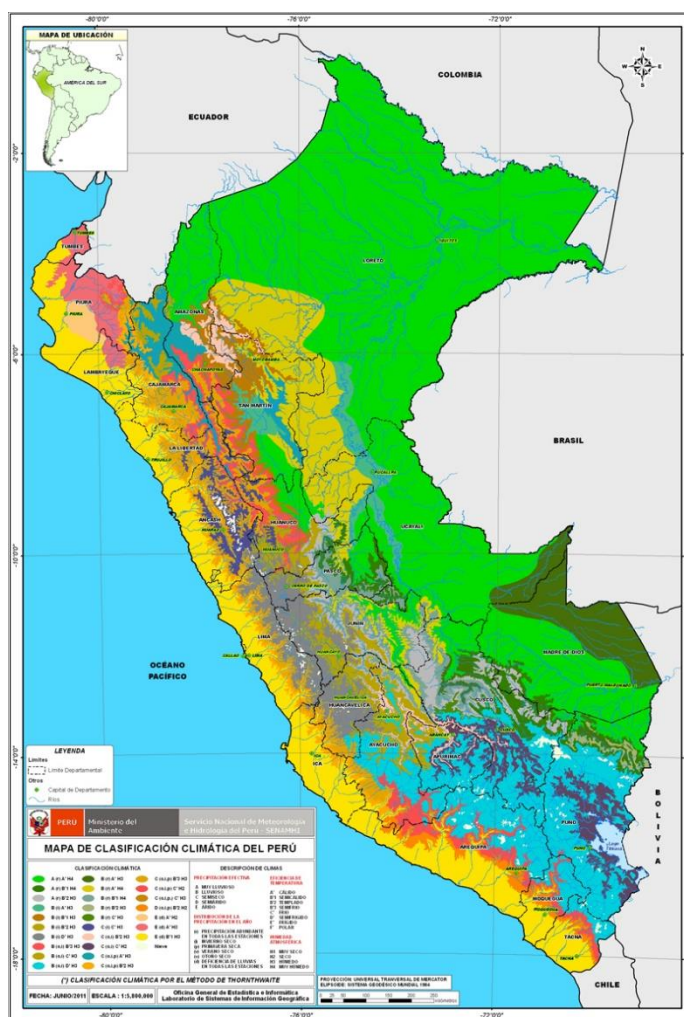


Figura 01. Vista del Mapa de clasificación Climática del Perú – 2016 (Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-SENAMHI).

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

Se formulan las siguientes preguntas:

Interrogante principal:

¿Cómo evaluar el desempeño térmico utilizando polvo de caucho y poliestireno expandido para uso como material alternativo en acabados y juntas en muros de albañilería construidos con Hércules I en la ciudad de Tacna?

Para dar respuesta a la interrogante principal, se ha planteado las siguientes interrogantes secundarias:

- ¿Cuál es el desempeño térmico en muretes de albañilería sin tarrajeo, con mortero tradicional 1:4 versus mortero modificado a un 10% y 30% utilizando polvo de caucho y poliestireno expandido?

- ¿Existe variación en la resistencia a la compresión ($f'm$) con el ensayo de pilas de albañilería con mortero tradicional 1:4 versus mortero modificado a un 10% y 30% utilizando polvo de caucho y polistireno expandido?
- ¿Cuál es el desempeño térmico en muretes de albañilería con tarrajeo tradicional y modificado utilizando polvo de caucho y poliestireno expandido?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La construcción con la técnica de albañilería estructural es común en Perú, y uno de los principales bloques utilizados es el ladrillo, sin embargo, la preocupación con el bienestar de los usuarios, muchas veces no han sido el foco de los proyectos. Visto que las paredes tienen suma contribución en el aislamiento térmico, el mismo merece una mayor atención al estudio en su capacidad de aislamiento térmico.

La capacidad de transmisión térmica en los bloques comúnmente utilizados no atiende los requisitos comprendidos como confortablemente térmico en un ambiente interno de una edificación. Debido a esta prerrogativa es considerable el estudio de nuevos métodos constructivos mezclados a la albañilería estructural para contribuir en la comodidad de la población peruana.

Por lo tanto, la presente tesis se justifica por lo siguiente:

- **Desde el punto de vista ambiental**, los materiales pueden causar graves problemas ambientales al concluir su vida útil. El impacto sobre el medio ambiente será menor o mayor según su destino (reciclaje, incineración, reutilización directa).
- **Desde el punto de vista social**, ya que a nivel mundial constituye una innovación en el campo de nuevos métodos de construcción, así como el uso de materiales reciclables, es por ello que, el presente estudio contribuye un paso al descubrimiento de materiales alternativos para su uso en la construcción civil, específicamente en el relleno de paredes construidas con unidades de albañilería Hércules I, minimizando o aumentando la transmisión de calor para el interior de los ambientes.
- **Desde el punto de vista económico**, permite gran disminución en el uso de aparatos eléctricos para el acondicionamiento del clima en las edificaciones.

- **Desde el punto de vista científico**, es importante conocer el efecto térmico y estructural en la utilización de materiales alternativos en muros de albañilería; ya que, en Perú, los estudios al respecto son muy limitados.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar del desempeño térmico utilizando polvo de caucho y poliestireno expandido para uso como material alternativo en acabados y juntas en muros de albañilería construidos con Hércules I en la ciudad de Tacna.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el desempeño térmico en muretes de albañilería sin tarrajeo, con mortero tradicional 1:4 versus mortero modificado a un 10% y 30% utilizando polvo de caucho y poliestireno expandido.
- Determinar la variación en la resistencia a la compresión axial (f'm) con el ensayo de pilas de albañilería con mortero tradicional 1:4 versus mortero modificado a un 10% y 30% utilizando polvo de caucho y poliestireno expandido.
- Evaluar el desempeño térmico en muretes de albañilería con tarrajeo tradicional y modificado utilizando polvo de caucho y poliestireno expandido.

1.5 HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

El polvo de caucho y poliestireno expandido para uso como material alternativo en acabados y juntas en muros de albañilería construidos con Hércules I en la ciudad de Tacna mejoran el desempeño térmico.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Hipótesis específica 1

El desempeño térmico en muretes de albañilería sin tarrajeo, con mortero tradicional 1:4 versus mortero modificado a un 10% y 30% utilizando polvo de caucho y polistireno expandido proporcionará mayor aislamiento térmico que un murete de albañilería sin tarrajeo con mortero tradicional;

- **Hipótesis específica 2**

Existirá variación en su resistencia a la compresión axial ($f'm$) con el ensayo de pilas de albañilería con mortero tradicional 1:4 versus mortero modificado a un 10% y 30% utilizando polvo de caucho y poliestireno expandido.

- **Hipótesis específica 3**

El desempeño térmico en muretes de albañilería con tarrajeo modificado utilizando polvo de caucho y poliestireno expandido proporcionará mayor aislamiento térmico que un murete de albañilería con tarrajeo tradicional.

Capítulo II:

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Para conocer más sobre composición y propiedades de los materiales alternativos a usar (polvo de caucho y poliestireno expandido), se consultó diferentes fuentes o trabajos a nivel nacional e internacional relacionados al tema de investigación.

A continuación, mencionamos algunos de los trabajos desarrollados a nivel Nacional e Internacional, los cuales sirven como antecedente a este trabajo de investigación.

Dorneles, P. (2017), en la tesis titulada “Termografia infravermelha aplicada a analise termica de alvenaria em blocos ceramicos estruturales”

En este estudio se explica que la construcción en Brasil se ha demostrado, a lo largo de los años, culturalmente basada en la condición de un menor costo, sin importar, en la mayoría de veces, el bienestar del usuario. Uno de los tipos bastante utilizados en la construcción de edificios es la albañilería estructural en bloques de cerámicos, si bien, los bloques actualmente usados no presentan un buen desempeño en lo que se refiere a aislamiento térmico de las caras externas verticales. Para impulsar el uso de nuevas tecnologías o el perfeccionamiento de los métodos constructivos utilizados, se crearon las normas NBR 15575 y NBR 15220, que describen parámetros para el desempeño de las edificaciones en Brasil.

Como conclusiones se tiene:

- El método de termografía infrarroja presenta buen desempeño en la detección de las diferentes temperaturas presentadas en las superficies de los bloques de arcilla, demostrando alto potencial para ser explorado en este tipo de estudio.
- Los morteros con adición de material alternativo presentan buen potencial en la contribución del confort térmico en las edificaciones construidas con albañilería estructural con ladrillos de arcilla, visto que obtuvieron una

diferencia en el gradiente de temperatura de hasta 2,8°C entre un prisma de albañilería común y otro con mortero con adición de polvo de caucho.

Cabanillas, H. (2017), en la tesis titulada “Comportamiento físico mecánico del Concreto Hidráulico adicionado con caucho reciclado”

Se presentó un estudio en la ciudad de Cajamarca, en donde determinó las propiedades físico mecánicas de los agregados y del cemento, diseño de la mezcla patrón, diseño de las mezclas de prueba, diseño de las mezclas de concreto con adición sustitutoria de agregado fino por partículas de caucho reciclado en 10%, 15% y 20%, determinación de la resistencia del concreto adicionado. Lo que ha permitido encontrar resultados de cómo es que actúa el caucho como material sustituyente en lo que a comportamiento físico mecánico del Concreto se refiere.

Como conclusiones se tiene:

- El porcentaje de disminución del módulo de elasticidad del concreto diseñado con la sustitución de diferentes porcentajes del agregado fino por partícula de caucho reciclado a los 28 días con respecto al módulo de elasticidad del concreto patrón es de 4.66% con respecto al concreto elaborado con una sustitución del 10%, un 21.62% con sustitución del 15% y un 26.87% con sustitución de 20%.
- El porcentaje óptimo de sustitución de agregado fino por caucho reciclado es de 10%, ya que se obtuvo el mayor valor de la resistencia mecánica a la compresión: 191.65kg/cm².
- La sustitución del 10, 15 y 20% del agregado fino por partículas de caucho reciclado influye negativamente en la resistencia mecánica del concreto.

Salomón, S. (1994), en la tesis titulada “Estudio del espesor del mortero en muros de albañilería cocida”

En esta tesis se presentó un estudio en la ciudad de Lima, en donde ha utilizado dos tipos de unidad de albañilería, tenido al ladrillo King Kong macizo de 8.5 x 12.5 x 21 cm con fabricación artesanal, mientras que la segunda unidad conocida como King Kong perforado con 18 huecos de 9 x 13.5 x 24 cm con fabricación industrial. Con el objetivo en esta investigación de cómo influye los espesores del mortero en la resistencia a la compresión axial, resistencia a la tracción diagonal y la adherencia

entre el mortero y la unidad. Es por ello que, se construyó pilas y muretes con un espesor del mortero variado entre sus unidades de albañilería, que posteriormente mediante ensayos permitirá estudiar las características de resistencia del muro relacionado al espesor del mortero.

Como conclusiones se tiene:

- El espesor del mortero, determina el general las propiedades de resistencia del muro de albañilería.
- El rango del espesor del mortero, donde las propiedades de resistencia de muro son máximos.

Rojas, M. & Arbildo, B. (2017), en la tesis titulada “Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna.”

El objetivo de este trabajo fue realizar ensayo en pilas y muretes con unidades de albañilería Hércules I, adquiridas en la ladrillera Martorell de la ciudad de Tacna, por lo cual va a permitir determinar propiedades mecánicas del Hércules I como son $f'm$ y $v'm$. En sus conclusiones resaltan que el ladrillo de arcilla Hércules I según la Tabla Nro. 01 “Clase de Unidad de Albañilería para fines Estructurales” de la NTE 070, se clasifica como un ladrillo Tipo III.

Como conclusiones se tiene:

- Se clasifica a la unidad Hércules I como un ladrillo Tipo III.
- Los resultados de los ensayos realizados en el ladrillo Hércules I, mostró resistencias menores a lo establecido en la norma.
- Los resultados de compresión a compresión axial y diagonal usando Ladrillos Hércules I, fueron $f'm= 49.3 \text{ kg/cm}^2$ y $v'm= 4.8 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1. Requisitos mínimos de clasificación de las Unidades para Fines Estructurales (Según NTE E.070 Albañilería, 2019)

En la Norma E.070 (2019) se especifica que, para el diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 1. Debido a que se realizaron ensayos de esta unidad de albañilería en el CISMID-UNI, la clasificación final para este ladrillo, sería un ladrillo TIPO III de acuerdo al fin estructural. (Ver Anexo 02, INFORME CISMID-UNI)

Tabla 1. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales

TABLA 1					
CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACION DE LA DIMENSION (máximo en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESION f'b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.9(70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.3(95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.7(130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.6(180)
Bloque P ⁽¹⁾	±4	±3	±2	4	4.9(50)
Bloque NP ⁽²⁾	±7	±6	±4	8	2.0(20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2019)

Según la NTE E.070 ALBAÑILERÍA (2019) se especifica que el uso o aplicación de la unidad de albañilería dependiendo del tipo deberá utilizarse de acuerdo a lo especificado en la Tabla 2. Considerando que las zonas sísmicas son las indicadas en la anterior NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

Tabla 2. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

TABLA 2			
LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA MUROS CONFINADOS			
TIPO	ZONA SÍSMICA 3 Y 4		ZONA SÍSMICA 1 Y 2
	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	Sí, hasta 2 pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Celdas totalmente rellenas con grout en los dos primeros pisos. En los pisos restantes de acuerdo a lo indicado en los planos.	Celdas totalmente rellenas con grout en los dos primeros pisos y en el piso restante de acuerdo a lo indicado en los planos.	Celdas parcialmente rellenas con grout de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto.
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

* Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2019)

Según la NTE E.070 ALBAÑILERÍA (2019) se especifica las siguientes pruebas en unidades de albañilería:

a) Muestreo: Será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

b) Resistencia a la Compresión, basándose en las Normas NTP 399.613 **UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en la albañilería** y NTP 339.604 **UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.** La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (f'_{b}) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

c) Variación Dimensional, Seguirá el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.613 y 399.604.

d) **Alabeo**, basándose en la Norma NTP 399.613.

2.2.2 Proporciones del mortero (Según NTE E.070 Albañilería, 2006)

Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 3.

Tabla 3. Tipos de mortero

TABLA 3				
TIPOS DE MORTERO				
TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a ¼	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a ½	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2019)

- Se podrá emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporciones resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos y se asegure la durabilidad de la albañilería.
- Si no se tiene cal hidratada normalizada, es posible utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 3.

2.2.2 Resistencia de Prismas de Albañilería (Capítulo 5 NTE E.070 ALBAÑILERIA, 2006).

La resistencia a la compresión axial (f'_m) y al corte (v'_m) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla 4.

Tabla 4. Métodos para determinar f'_m y v'_m

TABLA 4									
MÉTODOS PARA DETERMINAR f'_m y v'_m									
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 3 PISOS			EDIFICIOS DE 4 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MÁS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3 y 4	2	1	3 y 4	2	1	3 y 4	2	1
(f'_m)	A	A	A	B	B	A	B	B	B
(v'_m)	A	A	A	B	A	A	B	B	A

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y mortero

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2019)

Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería f'_m y v'_m deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

- a. Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 4, f'_m será verificado con ensayos de tres piladas por cada 500m² de área techada y v'_m con tres muretes por cada 1000m² de área techada.
- b. Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 4, f'_m será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500m² de área techada y v'_m con tres muretes por cada 500m² de área techada.

De acuerdo a la **Propuesta de Norma E.070 ALBAÑILERIA (2019)** los prismas serán elaborados en el laboratorio de ensayos, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva.

Los prismas tendrán un refrentado de cemento – yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería.

Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días, pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla 5.

Tabla 5. Incremento de f'_m y v'_m por Edad

TABLA 5			
INCREMENTO DE f'_m y v'_m POR EDAD			
	Edad	14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de Concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2019)

La resistencia característica f'_m en pilas y v'_m en muretes se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 6, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1: ½ : 4 (cuando la materia prima es sílice-cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivo

Tabla 6. Resistencias Características de la Albañilería Mpa (kg/cm²)

TABLA 6				
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg/cm ²)				
Materia Prima	Clase	UNIDAD	PILAS	MURETES
		f'_b	f'_m	v'_m
Arcilla	Clase I – Artesanal	4,9 (50)	3,4 (35)	0,50 (5,1)
	Clase II – Artesanal	6,9 (70)	3,9 (40)	0,55 (5,6)
	Clase III - Artesanal	9,3 (95)	4,6 (47)	0,64 (6,5)
	Clase IV – Industrial	12,7 (130)	6,4 (65)	0,79 (8,1)
	Clase V - Industrial	17,6 (180)	8,3 (85)	0,90 (9,2)
Concreto	Industrial Portante	17,5 (178)	7,0 (71)	0,44 (4,5)
Sílice Cal	Industrial Portante	12,6 (129)	10,1 (103)	0,93 (9,5)

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2019)

Los valores f'_m de la Tabla 6 han sido obtenidos contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 7.

Tabla 7. Factores de corrección

TABLA 7						
FACTORES DE CORRECCION DE f'm POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,00
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2019)

2.2.3 Confort Térmico

El concepto de confort térmico en un ambiente, sea este de trabajo, de descanso o de placer, se basa en el principio donde los cambios de temperatura entre el hombre y el ambiente proporcionen un estado de bienestar, se trata de la manifestación de placer del individuo con el ambiente. Siendo que en días calientes el individuo no produzca sudor y en días congelados no se sienta con frío. La sensación de confort térmico, se trata del estado mental expresando satisfacción con el ambiente térmico envolvente de la persona.

El confort térmico puede ser visto por dos puntos de vista: personal y ambiental. Si consideramos la forma personal, el confort térmico puede ser subentendido apenas como la sensación de satisfacción con el ambiente térmico. Del punto de vista físico, el confort del ambiente se trata de condiciones establecidas que permitan el mantenimiento interno del ambiente sin la necesidad de equipos de acondicionamiento, o sea, el organismo humano debe tener un equilibrio térmico con el ambiente.

Las principales variables físicas que influyen en la satisfacción térmica son: temperatura del aire, temperatura media radiante, humedad del aire y la velocidad relativa del aire. Inclusive se podría observar que influye un cambio de temperatura térmica conforme a la actividad que se desempeña y la vestimenta usada por la persona.

El principal influente en la ganancia de temperatura en las caras externas de los muros opacos es el sol. En condiciones normales, donde hay diferencia de temperatura entre ambientes internos y externos, habrá un cambio de calor, de forma que parte de la incidencia solar será reflejada, parcialmente absorbida por la pared y parcialmente disipada para el interior y exterior.

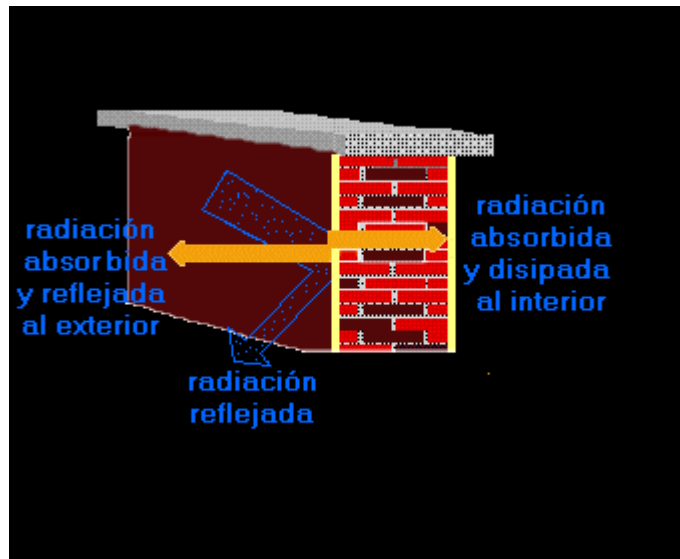


Figura 02. Flujo de calor a través de elementos opacos (Fuente: Humedad y Temperatura en los edificios, 1970)

Las estrategias utilizadas en el diseño de un proyecto para optimizar el consumo de energía y obtención de un mayor confort térmico están en la utilización de materiales alternativos (poliestireno expandido y polvo de caucho) en paredes, losas, entre otros, que poseen inercia térmica. Esa está relacionada con dos grandes fenómenos significativos para el comportamiento térmico de una casa o edificio: el amortecimiento y el atraso de calor, debido al calentamiento y enfriamiento de los materiales. Si tenemos un material con poca inercia la temperatura interna será parecida a la externa.

a. Desempeño térmico de los materiales

La típica construcción habitacional en el Perú es concebida normalmente por cuestiones culturales y financieras, no abordando la mayoría de las veces los aspectos técnicos. El desempeño térmico es un aspecto relevante para el actual escenario en nuestro país, ya que se ve un significativo costo del consumo de energía eléctrica en edificaciones, es debido al uso de equipos de climatización sea para calentar o enfriar un ambiente.

Se prueba que el estudio térmico del medio constructivo se hace necesario para el desarrollo de métodos que utilicen de medios naturales para que se torne en un ambiente térmicamente agradable.

b. Poliestireno Expandido

El poliestireno expandido o EPS es un material sintético originado a partir del petróleo. Al estar compuesto por 98% del aire y 2% de plástico, es un material bastante ligero y 100% reciclable.

Todas esas cualidades anteriores unidas a su gran resistencia físico mecánica lo han caracterizado y consolidado por muchos años en la industria de la construcción como un material óptimo para aislar y construir, y por cierto, compatible con el medio ambiente.

El uso del poliestireno expandido como material para aislamiento térmico tiene como principales ventajas su desempeño y costo-beneficio. El material presenta, todavía, características importantes como bajo peso, resistencia y durabilidad. Todo eso hace del poliestireno expandido un producto muy versátil.

El Poliestireno Expandido como material versátil tiene una diversidad de aplicaciones:

- **Baja Conductividad térmica:** Debido a su estructura de celular cerradas que contiene aire.
- **Bajo Peso:** Densidades de 10 a 35 kg/m³ permiten trabajos más seguros.
- **Baja absorción del agua:** Esto ayuda en el mantenimiento de las propiedades térmicas y mecánicas que serían afectada por la humedad.
- **Facilidad de manejo:** El material puede ser trabajado con las herramientas normales y garantiza un acabado y ajustes perfectos.
- **Por su versatilidad:** puede llegar en diversos formatos y tamaños que se adecuan a las necesidades de cada aplicación.
- Como paneles prefabricados diversos para su uso en viviendas y en la industria frigorífica.
- **Tiene resistencia al envejecimiento:** Los productos de poliestireno expandido no son alterados por parásitos u hongos, que no encontraran cualquier valor nutritivo en el material.
- **Como absorbente de golpes:** pues tiene alto índice de absorción de la energía en caso caiga o sea golpeado.
- **Es resistente a la compresión:** ya que se puede apilar sin causar daños al material.

Las formas de desempeño y usos del poliestireno expandido serían:

- Uno de los principales usos del poliestireno expandido en la construcción de edificios es justamente cuando el proyecto exige aislamiento térmico, es el caso del uso como adoquines o baldosas de poliestireno expandido como elemento inerte en losas.
- El Poliestireno Expandido puede ser empleado, prioritariamente, en elementos que envuelven una edificación (cubiertas y paredes externas), pues son elementos que proporcionan aislamiento térmico en la edificación, su desempeño térmico final será dependiente, también del sistema constructivo de estos elementos.
- En la producción de concreto ligero para uso no estructural, las piedras sustituyen el uso de piedras, agregando ser leves y resistentes.



Figura 3. Los Aislantes Térmicos y el Poliestireno Expandido. Uso de planchas de Poliestireno Expandido en muro y cubierta de una vivienda. (Fuente: Asociación Chilena del Poliestireno Expandido en Chile - ACHIPEX).

c. Polvo de Caucho (Reutilización, Reciclado y Disposición final de Neumaticos, Ing. Guillermo Castro, 2007)

La masiva fabricación de neumáticos y las dificultades para hacerlos desaparecer una vez usados, constituye uno de los más graves problemas medioambientales de los últimos años en todo el mundo. Un neumático necesita grandes cantidades de energía para ser fabricado (medio barril de petróleo crudo para fabricar un neumático de camión) y también provoca, si no es convenientemente reciclado, contaminación ambiental al formar parte, generalmente, de vertederos incontrolados. Existen métodos para conseguir un reciclado coherente de estos productos, pero faltan políticas que favorezcan su recolección, así como la implantación de industrias dedicadas a la tarea de recuperar o eliminar, de forma limpia, los componentes peligrosos de las gomas de los vehículos y maquinarias.

Un gran porcentaje se deposita en vertederos controlados sin tratar, otro porcentaje se deposita después de ser triturado, y, el resto no está controlado.

Para eliminar estos residuos se usa con frecuencia la quema directa que provoca graves problemas medioambientales ya que produce emisiones de gases que contienen partículas nocivas para el entorno, aunque no es menos problemático el almacenamiento, ya que provocan problemas de estabilidad por la degradación química parcial que éstos sufren y producen problemas de seguridad en el vertedero.

Las montañas de neumáticos forman arrecifes donde la proliferación de roedores, insectos y otros animales dañinos constituye un problema añadido. La reproducción de ciertos mosquitos, que transmiten por picadura fiebres y encefalitis, llega a ser 4.000 veces mayor en el agua estancada de un neumático que en la naturaleza.

En la actualidad se pueden utilizar diversos métodos para la recuperación de neumáticos y la destrucción de sus componentes peligrosos. Las operaciones de reutilización, recauchutado y reciclado de neumáticos usados representan una importante oportunidad para la creación de industria y tecnología, así como un

importante yacimiento de nuevos empleos. A continuación, se exponen algunas de ellas.

Para la Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje (FER), miembro del Comité Organizador de SRR, en la actualidad existe recorrido para aprovechar todo el potencial que ofrece este sector. “Aunque el caucho se recicla cada vez más con nuevas aplicaciones, una gran parte del mismo se emplea como combustible alternativo con fines energéticos”, asegura Alicia García-Franco, directora general de la FER. “Para optimizar la capacidad tecnológica de las plantas de recuperación y reciclado de NFU, es necesario promover nuevos proyectos y concienciar a la sociedad de las opciones que ofrece el caucho reciclado, de forma que se consuman productos hechos con este material”, añade la responsable de esta Federación.

Por su propia naturaleza, el caucho ofrece muchas posibilidades al reciclarlo. Entre otras utilidades, las distintas fracciones de este material se pueden utilizar para la fabricación de suelos elásticos prefabricados en forma de baldosas, planchas o rollos, para pavimentos deportivos o parques infantiles.

Las partículas de tamaño intermedio pueden dedicarse a rellenar campos de césped artificial, y las más finas como aditivo para mejorar la calidad de las mezclas asfálticas y como componente para la fabricación de piezas en la industria del caucho. Además, este material es un excelente aislante, tanto térmico como acústico, un campo donde existe una importante vía de desarrollo para el sector. Alternativas como estas permiten dar una salida más útil y eficiente al elevado volumen de neumáticos.

- Trituración mecánica:

Este proceso es puramente mecánico, no existen agentes químicos ni adición de calor. Consta de pasar el neumático inicial por una serie de triturados sucesivos hasta conseguir reducir su volumen a un tamaño de salida muy pequeño, el cual dependerá del uso posterior que se le vaya a dar al producto.

Este es el método empleado en el presente estudio para obtención de las partículas de caucho reciclado usadas

El proceso de transformación del caucho por el método de la trituración mecánica es el siguiente:

- **Desgarradora de llantas – acero:** Extrae el aro de acero de la llanta, obteniendo un acero que es nuevamente aprovechado en las siderúrgicas.
- **Primer proceso de trituración:** Las llantas son puestas en una banda que las dirige a la tolva principal en cuyo interior hay varios juegos de cuchillas de acero de alta resistencia, que cuentan con una capacidad de procesamiento de dos (2) toneladas/hora, de allí se obtienen los trozos de caucho con tamaño aproximado de 120 mm.
- **Pre-granulador o Rasper:** Equipo de molienda secundaria que tiene una capacidad de cuatro (4) toneladas/hora y que alimenta dos granuladores. A partir del pre-granulador es eliminado el acero hasta obtener un producto libre de metal.
- **Planta de granulometría fina:** Dos molinos granuladores producen gránulos entre malla 8 y malla 30; uno de los productos de mayor aceptación dentro del mercado mundial utilizado en la construcción de carreteras ecológicas.
- **Extractor de fibra:** Un conjunto de ciclones extrae la fibra del material generado por el molino granulador, que puede incorporarse a los procesos de fabricación de artículos de cemento, como tejas entre otros.
- **Extractor de acero:** El acero hecho casi polvo es separado del granulo de caucho en la última etapa, gracias a la presencia de dos electroimanes en línea.



Figura. 4. Tamaños de las partículas de caucho reciclado triturado en el mercado. Caso práctico utilizado en esta investigación polvo de caucho (Fuente: Cauchoperu.com).

- **Impacto Ambiental:**

Cada año, millones de neumáticos son desechados en todo el mundo. El principal inconveniente con los neumáticos usados es su disposición final; dado que la mayoría de ellos terminan en sitios eriazos o en vertederos clandestinos. El almacenamiento ocupa un espacio considerable, aparte del peligro por la posibilidad de incendios y además por ser un terreno ideal para la proliferación de roedores e insectos que a menudo son transmisores de enfermedades. La quema directa provoca graves problemas, ambientales ya que produce emisión de gases que contienen partículas nocivas para el entorno.

Se ha estimado que un 80 % de los neumáticos desechados, proceden de automóviles o camionetas, un 20 % de los vehículos pesados, y alrededor del 1 % restante son neumáticos especiales para motocicletas, aviones, equipos de construcción y vehículos especiales.

TABLA 8. Parque Vehicular total de circulación al 2012 en el Perú

AÑO	Tipo de Neumático	Cantidad de Vehiculos/und	Peso del NFU (Kg)	Neumático por Vehículo	Recambio anual medio	Unidades de NFU por año	Cant. De Ton. Por año
2012	CAMIONES	171,407.00	55	10	4	685,628.00	37,709.54
	PASAJEROS	377,502.00	10	4	1.33	502,170.76	5,021.71
	PARTICULARES	1,588,858.00	7	4	0.8	1,271,086.40	8,897.60
2012	TOTAL	2,137,837.00				2,458,885.16	51,628.85

Fuente: Ministerio de transportes 2012

NFU: Neumáticos fuera de uso

2.2.4 Aspectos sobre el calor y temperatura

El calor y la temperatura son conceptos que conviene tener claros, a pesar de que se ha oído hablar de ellos desde que se tiene uso de razón. Está claro que existe una relación entre ellos, pero son conceptos diferentes. El calor es la energía térmica que pasa de un cuerpo con mayor temperatura para otro con menor temperatura, cuando no hay diferencia de temperatura entre dos cuerpos, no existe calor.

Cuando las temperaturas de los cuerpos se igualan, se dice que el equilibrio térmico fue alcanzado, y en ese momento no habrá diferencia de temperatura porque el calor dejará de fluir. Por lo tanto, ya sea en la composición de un objeto donde se requiere analizar una transferencia de calor, cada uno se va a comportar diferente.

Es por ello que, el calor se genera por transformación de la energía, bien de proceso de combustión, por movimiento, rozamiento, etc.

Así, la temperatura se puede decir que es una medida relativa que permite comparar unos cuerpos con otros, sin embargo, el calor es una magnitud cuantificable y medible. A su vez, los cuerpos tendrán una capacidad térmica determinada, es decir, una capacidad para absorber o almacenar calor.

La energía es una medida absoluta, la temperatura es relativa, dice cómo se encuentra un objeto en relación a otro y es la consecuencia de la energía que posee el objeto. Además, dirá la facilidad que tendrá el objeto para ceder ese calor a otros

objetos. Existen varias escalas de temperatura, divididas en dos grupos, las absolutas (Kelvin) y las relativas (Celsius, Fahrenheit). Pasar de una a otra es sencillo.

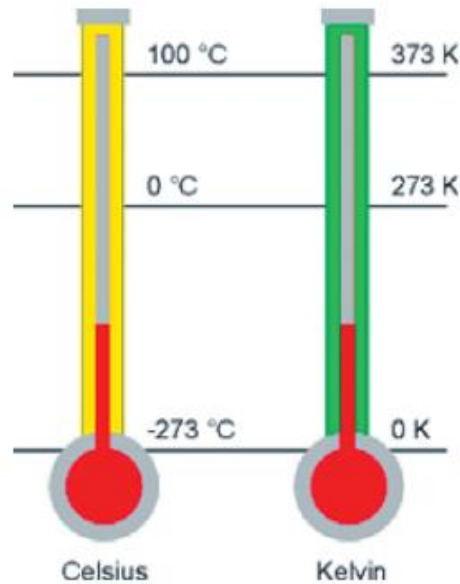


Figura 5. Gráfico de diferencia entre grados Celsius y Kelvin. (Fuente: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2011). Gráfico de diferencia entre grados Celsius y Kelvin.

Pese a que sea de manera genérica, es la termodinámica un área de la física que estudia las transferencias de energía. Busca comprender las relaciones entre calor, energía y trabajo, analizando cantidades de calor cambiadas y los trabajos realizados en un proceso físico, siendo estos:

- **Ley de la conservación de la energía:** en física, el término conservación se refiere a algo que no cambia. Se dice que un sistema aislado, la cantidad total de energía permanece constante, siendo así, que la energía no se crea ni se destruye, se transforma.
- **Ley de la transferencia de calor:** el calor es transferido de una zona más caliente a una zona más fría.

Esta diferencia de calor es producto del flujo de calor.

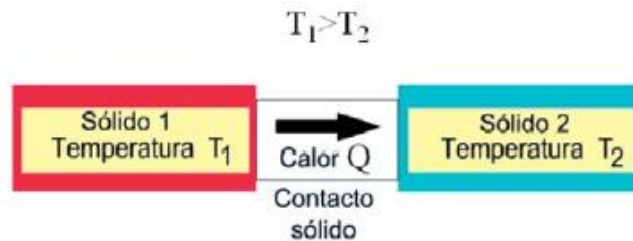


Figura 6. Transferencia de Calor entre dos cuerpos. (Fuente: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2011).

a. Métodos de Transmisión de Calor

Se sabe que el calor se transfiere entre los objetos con distinta temperatura, a continuación se muestra tres maneras distintas de transferencia de calor.

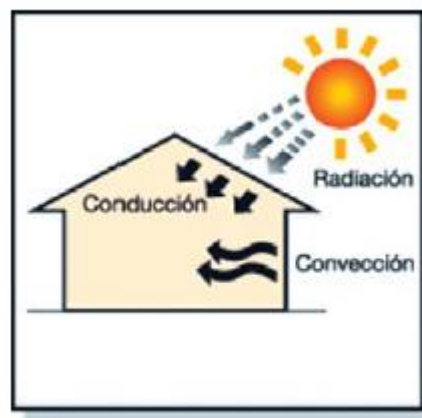


Figura 7. Gráfico de los métodos que ocurren en la transferencia de calor. (Fuente: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2011).

- **Conducción de Calor:** Es la situación en que el calor se propaga a través de un “conductor”. O sea, a pesar de no estar en contacto directo con la fuente de calor un cuerpo puede modificar su energía térmica si hubiese conducción de calor por otro cuerpo, o por otra parte del mismo cuerpo.

- **Convección de Calor:** Es el fenómeno en el cual el calor se propaga por medio del movimiento de masas fluidos de densidades diferentes, puede ser agua o aire.
- **Radiación de Calor:** Es la propagación de energía térmica que no necesita de un medio material para acontecer, pues el calor se propaga a través de ondas electromagnéticas, el cuerpo que emite energía radiante es emisor o radiador y el cuerpo que recibe, es el receptor.

Para que ocurra la transferencia de calor, es necesario que este sea transferido de una región a otra a través del propio cuerpo, o de un cuerpo para otro, y debe ocurrir los tres procesos descritos anteriormente.

b. Radiación

La radiación es la emisión de energía por una fuente en la forma de ondas electromagnéticas o partículas de alta energía. La radiación de calor es la transferencia de calor por medio de rayos infrarrojos.

La radiación es, por lo tanto, la forma como el calor se propaga al vacío. El calor del sol viaja millones de kilómetros para llegar hasta la Tierra. Esa propagación no se da por conducción ni por convección. En este trayecto, el calor se propaga al vacío por radiación, esto es, a través de ondas. Estas ondas electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz. La superficie del sol está extraordinariamente caliente y nosotros la sentimos en la piel parte de ese calor cuando nos exponemos a su luz.

Podemos percibir la radiación en otras situaciones. Por ejemplo, sintiendo calor que viene de un horno antes de aproximarnos a él o tocarlo. De hecho, todos los objetos irradian calor en todos los momentos. Cuando la temperatura de un cuerpo es constante, es porque existe un equilibrio entre el calor recibido y el calor concedido por conducción, convección o radiación.

Además, la transmisión de calor por radiación se lleva a cabo por emisión y absorción de radiación térmica. Todos los cuerpos emiten y absorben radiación

térmica al mismo tiempo. El calor neto transmitido será la diferencia entre lo que se ha absorbido y lo que se ha emitido.

Por ejemplo, enfocándonos en nuestra evaluación del desempeño térmico, una fachada de un edificio que se va a construir o rehabilitar, recibirá una radiación concreta, absorberá parte de esa radiación (la fachada se calienta), reflejará otra parte y el resto lo transmitirá al interior del edificio. Como se ha visto al principio, toda la energía que entra será toda la que sale.

- **Radiación Incidente:** Se define a toda radiación que llega a un objeto desde cualquier fuente de su entorno. En el siguiente diagrama se comprenderá lo que trata esto.

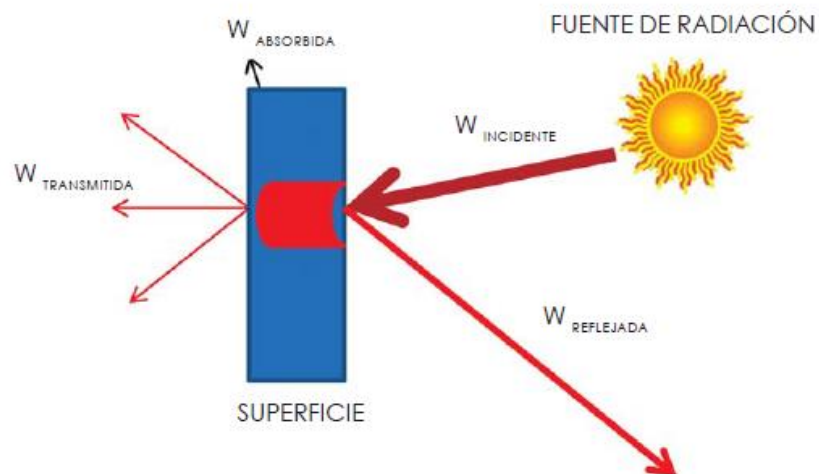


Figura 8. Gráfico de la radiación incidente, en este caso, reflejada directamente del sol.(Fuente: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2011).

De la Fig.7 se desprenden varias definiciones que se plasman en la siguiente tabla 9.

Tabla 9. Tipo de Radiación

TIPO DE RADIACIÓN	EFFECTO	PROPIEDAD DEL CUERPO
EMITIDAD	RADIACION EMITIDA	EMISIVIDAD
ABSORBIDAD	RADIACION RETENIDA	ABSORTIVIDAD
REFLEJADA	RADIACION REFLEJADA	REFLECTIVIDAD

TRANSMITIDA	RADIACION QUE PASA A TRAVÈS	TRANSMISIVIDAD
-------------	-----------------------------	----------------

Fuente: Elaboración propia

- **Radiación Saliente:** Es aquella que abandona la superficie de un objeto, al margen de cuál es su fuente original. En el siguiente diagrama se comprenderá lo que trata esto.

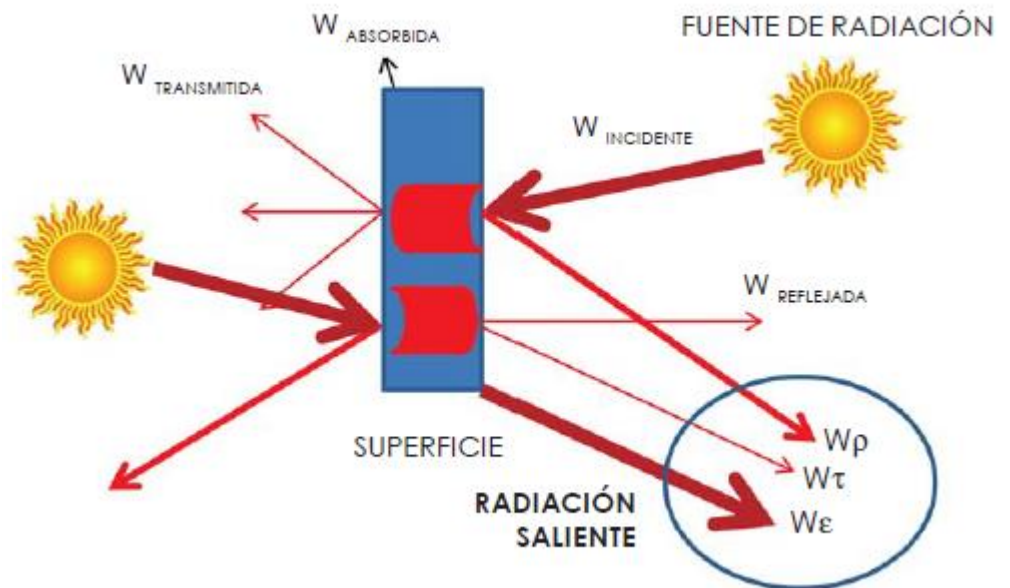


Figura 9. Gráfico de la radiación saliente.(Fuente: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2011).

- **Horas de Sol Pico (H.S.P.):** Se trata de las “horas de sol pico” que pueden definirse como el número de horas al día con una irradiación ficticia de 1000 W/m² que en conjunto suman la misma irradiación total que la real de ese día. El hecho de referir las horas de sol pico a una irradiación de 1000 W/m² es de gran interés ya que, como veremos más adelante, la potencia del panel de focos está asociada a una irradiación de 1000 W/m² por lo que si conocemos las horas de sol pico.

Debido a que se está haciendo un ensayo a escala, se ha usado un equipo llamado solarímetro, el cual va a indicar a que distancia del murete se debe colocar el panel de focos halógenos para simular los 1000 W/m²

DEFINICIÓN DE TERMINOS

Se hace una breve descripción de algunos términos técnicos:

- **Albañilería o Mamposteria:** Es un conjunto de ladrillos, bloques o piezas sobreexpuesta asentadas por una capa de mortero, formando un elemento vertical. La función de este elemtno es resistir a cargas gravitacionales, resistir a impactos, una mejora en la protección acústica y termina a los ambientes, etc.
- **Unidad de Albañilería:** Hechas con arcilla, la unidad de albañilería posee mejores características térmicas y acústicas. Es mas liviano y tiene dimensiones menores que el bloque de concreto. Es por ello que, su resistencia a la compresión también es menor.

Además, es el mas utilizado en nuestro país, debido a la cercamica de buena calidad y por el bajo costo, a pesar de eso, como tiene menor adherencia al mortero que la bloqueta.

- **Unidad de Albañilería Hueca:** Denominado así cuando la sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.(Norma E0.70 Albañilería)
- **Mortero:** Es una mezcla homogéneo de agregados, cemento y agua, conteniendo o no aditivos, con propiedades de adherencia y endurecimiento. Su función es que trabaja como un elemento adherente entre los materiales, haciendo el trabajo de un “pegamento”
- **Poliestireno Expandido:** Es el producto final del conjunto de perlas de poliestireno de hasta 3 milímetros de diámetro, que están destinadas a un proceso de transformación llamadas expansión, ya expandidas, la perlas consisten en 98% de aire y apenas 2% de poliestireno.(TERMOEPS, Brasil).
- **Polvo de Caucho:** Este compuesto de caucho es el resultado de una última etapa del proceso de reciclaje de neumáticos, reduce el tamaño de su caucho granulado hasta pulverizarlo, por esta última etapa de reciclado de neumáticos proporcionado caucho pulverizado limpio, libre de contaminantes.

- **Pilas:** Realizadas para determinar la resistencia de la albañilería a compresión axial ($f'm$) y su máxima carga. Este espécimen será un total de 15 pilas, 3 hiladas con espesor de juntas de 1.5cm.
- **Muretes:** Los muretes con dimensiones 1.00x1.00m, en total son 5, cada uno con su material correspondiente. En donde se evaluará el desempeño térmico. (Fuente: propia)
- **Solarímetro:** Equipo utilizado para medir la intensidad de la radiación solar global total recibida en la superficie terrestre, después de atravesar la atmósfera. Su respuesta es la radiación directa y difusa. La luz solar difusa continúa recibiendo sobre la tierra incluso cuando el sol está oculto tras una nube y en los periodos de penumbra anterior al amanecer y posterior a la puesta de sol. Su objetivo principal en nuestro murete, indicar a que distancia es reflejada los 1000 W/m² de radiación transmitida por el panel de focos (simulando radiación solar).(Fuente: Propia).
- **Conducción de Calor:** Es aquel mecanismo de transferencia de energía térmica entre dos sistemas por contacto directo de sus partículas sin flujo neto de materia y que tiende a igualar la temperatura dentro de un cuerpo y entre distintos cuerpos en contacto por medio de ondas. .(Guía de la termografía infrarroja, Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética, Madrid, 2011)
- **Convección de Calor:** Se produce por medio de un fluido (aire, agua) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas. (Guía de la termografía infrarroja, Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética, Madrid, 2011)
- **Radiación de Calor:** Es la transmisión de calor por emisión y absorción de radiación térmica. (Guía de la termografía infrarroja, Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética, Madrid, 2011)
- **Radiación Térmica:** Es la energía emitida continuamente por un cuerpo, en todas sus direcciones, dicha radiación depende exclusivamente de la temperatura.(Guía de la termografía infrarroja, Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética, Madrid, 2011)
- **Inercia Térmica:** Es una propiedad de los materiales que nos indica cuanta cantidad de calor puede conservar un cuerpo y a qué velocidad lo cede o lo conserva. Traducido a la construcción podemos deducir inmediatamente que es algo así como que la masa de la vivienda capta la energía y la va liberando progresivamente a medida que pasa el tiempo.(Certicalia)

Capítulo III:

MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACION

- El tipo de investigación es aplicada, dado que está orientada a lograr nuevos hallazgos científicos-tecnológicos destinados a buscar soluciones para la mejora en la calidad de vida y experiencia poblacional.
- Exploratorio, puesto que no existen antecedentes directos que ayuden a la realización del proyecto.

3.1.2 DISEÑO DE INVESTIGACION

- El diseño de la investigación es Diseño de laboratorio.

3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

- **Población:** Muros de albañilería en la ciudad de Tacna con ladrillos Hércules I.
- **Muestra:** Se tomará como muestra cinco (05) muretes con dimensiones 1.00x1.00m para su evaluación del desempeño térmico sustituyendo parcialmente las juntas y acabados con polvo de caucho y poliestireno expandido.

3.3 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

Para la presente investigación, se identificó 2 variables que pueden ser medidas.

A. VARIABLE DEPENDIENTE (VD)

Desempeño térmico utilizando polvo de caucho y poliestireno expandido material alternativo en acabados y juntas en muros de albañilería en la ciudad de Tacna.

- DEFINICIÓN OPERACIONAL

Se utilizará un multímetro digital con termocupla, el cual servirá para medir los cambios de temperatura en los muretes construidos.

- DIMENSIÓN

Aprovechamiento de materiales reciclables y adquiridos.

- INDICADORES

- Materiales de construcción
- Valor de temperatura expresado en Grados Centígrados (°C).

- MÉTODO

- Intervalos

B. VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)

Muros de albañilería Hércules I en la ciudad de Tacna.

- DEFINICIÓN OPERACIONAL

Se realizará el ensayo de compresión axial sobre pilas de 3 hiladas, comparando el mortero patrón (proporción 1:4) con el uso de materiales alternativos sobre la proporción en volumen del agregado.

- DIMENSIÓN

Ensayo de Pilas

- INDICADORES

Resistencia a la compresión axial expresado en kgf/cm², bajo normativa E070.

- **MÉTODO**

Escala de razón

3.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS

3.4.1 TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS

La técnica para la recolección de datos en la presente investigación es la observación directa.

3.4.1.1 Identificar los materiales adecuados para la construcción de los muretes

Se identificaron los siguientes materiales para la construcción de los muretes:

Unidad de albañilería: Usando ladrillo “Hércules I”.

Cemento: Para el de mortero y tarrajeo, se empleó Cemento Yura Tipo IP.

Agregado y Agua: Para el mortero y tarrajeo se agregó y agua de la ciudad de Tacna.

Polvo de Caucho: Se utilizó polvo de caucho de la planta de procesamiento de la reencauchadora MEGA de la ciudad de Tacna.

Poliestireno Expandido: Se utilizó perlas de poliestireno expandido de 1mm de diámetro.

Multímetro PRASEK PR 75C: Se utilizó multímetro digital Prasek PR-75 para la toma de temperatura que tiene un rango de -40°C-1000°C.

Triplay Fenólico: Se utilizó triplay fenólico de 18mm, es un material resistente a la humedad, ya que no se pudre ni se hincha.

Focos Halógenos SYLVANIA R80 100W: Se este tipo de focos puesto que la característica principal es que su temperatura tiende a ser mucho mas alta que la del foco estándar.

Prensa Digital para Rotura de Testigos de Concreto: La cual servirá para la rotura de las pilas de albañilería, con una capacidad de 250000lbs y una precisión de lectura del +1%.

3.4.1.2 Construcción de murete 1.00x1.00m

Para la construcción del murete, tiene por finalidad simular el ambiente de una edificación en donde en un lado del muro sea reflejada la luz solar, en este caso, son los focos halógenos los que harán esta simulación.

Tabla 10. Procedimiento y Construcción de Murete

PROCEDIMIENTO Y CONSTRUCCION DE MURETE		
ELEMENTO	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA
Ladrillo Hércules I	Se realizó el asentado de ladrillo artesanal Hércules I, tanto para la construcción del murete como para las pilas de albañilería, se utilizó plomada para comprobar la verticalidad del muro y el nivel de mano, con un espesor de junta de 1.5cm.	
Cemento, agregados y agua	Para el asentado de los muros se utilizaron los materiales de construcción (cemento Portland Tipo IP, arena gruesa y arena fina), todos adquiridos en la ciudad de Tacna	

Polvo de Caucho

Se utilizó este material alternativo para modificar el mortero y acabados en un 10% y 30% de la proporción volumétrica del agregado, proviene de la Planta Reencauchadora "Mega", se hizo el tamizado por la malla 4. Este material proviene de todo un proceso de trituración del caucho reciclado.



Poliestireno Expandido

Se utilizó este material alternativo para modificar el mortero y acabados en un 10% y 30% de la proporción volumétrica del agregado, se obtuvo las perlas de poliestireno de 1mm de diámetro.



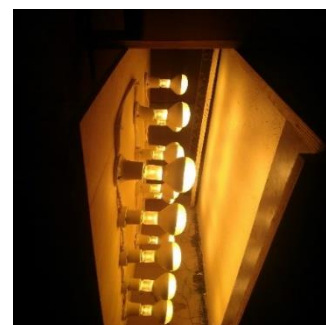
Construcción de Murete

Para la construcción de murete se tuvo mucho cuidado en las proporciones volumétricas, es decir, en proporciones de 1:4 para mortero, se modificó el 10% y 30% sobre el volumen de la arena gruesa, mientras que para el tarrajeo de proporción 1:5, también se modificó el 10% y 30% sobre el volumen de arena fina.



Simulación de Calor de las Horas Picas Sol mediante tablero de focos halógenos

Está claro que a diferencia de los focos LED, este tipo de focos halógenos tiende a ser muy alta a diferencia de los estándares, es por ello que, para la simulación del calor en nuestra ciudad, por dato del SENAMHI, la temperatura que puede ser reflejada del sol a la tierra en la hora punta, es de 1000W/m², es decir, mediante los focos de 100w se ha simulado esta temperatura.



Simulación ambiente de una edificación

Mediante la construcción del muro, se ha procedido a cerrar el cubo con triplay fenólico (resistente a la humedad), la idea es que se mantenga todo el cubo cerrado y solo habilitar una pequeña puerta para la toma de temperatura en el interior.



Registro de temperaturas

Se empieza a registrar la temperatura (4 horas de calentamiento tomando temperatura cada 30 minutos y 4 horas de enfriamiento también con registro de temperatura cada 30min) para luego elaborar las curvas de enfriamiento y calentamiento primero la de ambiente para evitar algún factor externo que interrumpa el proceso (por ejemplo, mucho viento), se tiene la temperatura reflejada, que es dada por el tablero de focos halógenos, y luego se tiene la temperatura absorbida interna (que va dentro del cubo) y así evaluar cuanto es que ha disipado y como se mantiene en su etapa de calentamiento y enfriamiento, simulando nuestro día a día.



**Ensayo
compresión axial**

Se construyeron un total de 15 pilas, de 3 hiladas a 1.5cm de juntas, se tuvo (03 con mortero tradicional, 03 con 10% polvo de caucho, 03 con 30% del mismo material, 03 con 10% de poliestireno expandido, 03 con 30% del mismo material, siendo un total de 15 pilas, las cuales fueron sometidas a compresión a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

3.4.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Siendo las fichas técnicas elaboradas en base al registro de temperaturas de los muretes, el instrumento de recolección de datos.

Ensayo de en laboratorio (Compresión axial) rotura de pilas de albañilería de 3 hiladas de 1.5cm de espesor a 28 días.

Una vez seleccionada la muestra a analizar, se presentarán cuadros contruidos en Excel y curvas de calentamiento y enfriamiento para la mejor ilustración de las muestras seleccionadas.

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El procesamiento de datos se realizó en tres (03) etapas empleando el **REGISTRO DE TEMPERATURAS**, dado que refleja una simulación de un día común, es decir, 4 horas de la etapa de calentamiento tomando cada 30min la temperatura y 4 horas de la etapa de enfriamiento, también tomando cada 30min la temperatura.

Siendo la primera etapa, el registro de temperaturas solo del mortero tradicional 1:4 (modelo patrón) y de los muretes con mortero modificado a un 10% y 30% de polvo de caucho y poliestireno expandido sobre el volumen del agregado (arena gruesa).

La segunda etapa, es el registro de temperatura del muro con tarrajeo tradicional 1:5 (modelo base) y de los muretes con tarrajeo modificado a un 10% y 30% de polvo de caucho y poliestireno expandido sobre el volumen del agregado

(arena fina). Para la primera y segunda etapa una vez obtenidos los resultados de temperatura se organizó en el programa Microsoft Excel 2010, para la obtención de resultados mediante curvas de calentamiento y enfriamiento.

La tercera etapa, es el registro de la carga máxima en (tnf) sobre las pilas 3 hiladas de albañilería a los 28 días mediante el ensayo de compresión axial, del mortero tradicional 1:4 (base) y las pilas con mortero modificado del 10% y 30% sobre el volumen del agregado (arena gruesa).

a. REGISTRO DE TEMPERATURA – MORTERO PATRON Y MODIFICADO

Tabla 11. Registros de Temperaturas del mortero tradicional (base) y modificados

REGISTRO DE TEMPERATURA											
CARACT.	TIEMPO(Min)	MORTERO TRADICIONAL		10% POLVO DE CAUCHO		30% POLVO DE CAUCHO		10% POLIESTIRENO EXPANDIDO		30% POLIESTIRENO EXPANDIDO	
		T (°C) MURETE	INTERIOR CUBO	T (°C) MURETE	INTERIOR CUBO	T (°C) MURETE	INTERIOR CUBO	T (°C) MURETE	INTERIOR CUBO	T (°C) MURETE	INTERIOR CUBO
INICIAL	0	20	20	21	20	20	20	21	19	20	20
CALENTAMIENTO	30	32	23	29	22	28	22	29	20	27	22
	60	33	24	30	22	29	23	30	21	28	22
	90	33	24	30	23	30	23	31	22	28	23
	120	34	25	31	23	31	24	32	22	29	23
	150	35	25	31	24	31	24	32	23	30	23
	180	35	26	31	25	33	27	33	24	31	24
	210	36	27	32	25	36	27	33	25	31	24
	240	37	28	33	25	36	28	34	26	32	25
ENFRIAMIENTO	270	29	27	30	24	28	27	31	25	29	25
	300	28	27	29	24	26	26	30	24	28	24
	330	28	26	28	23	26	26	29	24	27	24
	360	27	26	26	23	25	25	28	23	26	24
	390	26	25	25	23	25	25	28	23	26	23
	420	26	25	24	24	24	24	27	22	25	23
	450	25	23	24	23	24	23	27	22	25	22
	480	25	23	24	23	23	23	27	22	24	22

Fuente: Elaboración propia

b. REGISTRO DE TEMPERATURA – MORTERO Y TARRAJEO MODIFICADO

Tabla 12. Registros de Temperaturas del tarrajeo tradicional (base) y modificados

REGISTRO DE TEMPERATURA											
CARACT.	TIEMPO(Min)	TARRAJEO TRADICIONAL		10% POLVO DE CAUCHO		30% POLVO DE CAUCHO		10% POLIESTIRENO EXPANDIDO		30% POLIESTIRENO EXPANDIDO	
		T (°C) MURETE	INTERIOR CUBO	T (°C) MURETE	INTERIOR CUBO	T (°C) MURETE	INTERIOR CUBO	T (°C) MURETE	INTERIOR CUBO	T (°C) MURETE	INTERIOR CUBO
INICIAL	0	20	20	21	20	20	20	23	19	20	20
CALENTAMIENTO	30	34	23	31	21	34	24	36	24	33	24
	60	36	25	32	24	39	25	35	24	34	23
	90	38	26	35	24	40	26	35	24	38	24
	120	42	26	36	25	41	30	39	25	38	25
	150	43	26	36	26	39	26	42	25	41	26
	180	44	26	38	26	39	26	42	25	44	27
	210	47	28	38	26	41	29	43	26	45	28
	240	42	30	37	27	42	28	40	26	42	27
ENFRIAMIENTO	270	26	25	29	27	27	27	24	24	26	25
	300	25	26	27	26	24	26	24	24	24	24
	330	23	26	25	26	24	26	23	24	24	25
	360	24	26	24	25	23	26	23	24	23	24
	390	24	26	23	25	23	25	23	24	23	24
	420	23	26	22	25	22	24	23	24	24	26
	450	24	25	22	23	23	24	24	24	25	26
	480	24	24	21	22	23	24	23	24	23	27

Fuente: Elaboración propia

c. ENSAYO DE COMPRESION EN PILAS

Tabla 13. Registro de Carga Máxima sobre pilas de albañilería por ensayo de compresión

Identificación	Carga máxima Tonf	Esbeltez	Factor de Corrección	Resistencia Corregida (kgf/cm ²)
PILA MT-01	36.5	2.5	0.8	87.64
PILA MT-02	32.2	2.5	0.8	77.31
PILA MT-03	34.5	2.507	0.802	83.04
PILA 10%PC-01	36.5	2.5	0.8	87.56
PILA 10%PC-02	32.1	2.5	0.8	77.07
PILA 10%PC-03	31.5	2.464	0.795	75.21
PILA 30%PC-01	13.9	2.5	0.8	33.28
PILA 30%PC-02	10.5	2.5	0.8	25.31
PILA 30%PC-03	11.1	2.493	0.799	26.62
PILA 10%PE-01	35.2	2.5	0.8	84.61
PILA 10%PE-02	29.2	2.5	0.8	70.16
PILA 10%PE-03	30.1	2.514	0.803	72.59
PILA 30%PE-01	29.3	2.5	0.8	70.35
PILA 30%PE-02	31.5	2.5	0.8	75.63
PILA 30%PE-03	27.1	2.507	0.802	65.23

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, se muestra los resultados de compresión axial respecto a las pilas con mortero tradicional 1:4 y con los materiales alternativos respectivamente, 10% y 30% polvo de caucho y poliestireno expandido.

MT: Mortero Tradicional

PC: Polvo de caucho

PE: Poliestireno Expandido

Capítulo IV: RESULTADOS

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

4.1.1 ENSAYO DE COMPRESION AXIAL

En la tabla 14 se muestran las dimensiones de las pilas.

Tabla 14. Resistencia a la compresión axial

Identificación	Carga máxima Tonf	Esbeltez	Factor de Corrección	Resistencia Corregida (kgf/cm ²)	Promedio	Desviación Estándar	Resistencia a la compresión axial (kgf/cm ²)
PILA MT-01	36.5	2.500	0.800	87.64	82.66	5.17	77.49
PILA MT-02	32.2	2.500	0.800	77.31			
PILA MT-03	34.5	2.507	0.802	83.04			
PILA 10%PC-01	36.5	2.500	0.800	87.56	79.95	6.66	73.28
PILA 10%PC-02	32.1	2.500	0.800	77.07			
PILA 10%PC-03	31.5	2.464	0.795	75.21			
PILA 30%PC-01	13.9	2.500	0.800	33.28	28.40	4.27	24.13
PILA 30%PC-02	10.5	2.500	0.800	25.31			
PILA 30%PC-03	11.1	2.493	0.799	26.62			
PILA 10%PE-01	35.2	2.500	0.800	84.61	75.78	7.74	68.05
PILA 10%PE-02	29.2	2.500	0.800	70.16			
PILA 10%PE-03	30.1	2.514	0.803	72.59			
PILA 30%PE-01	29.3	2.500	0.800	70.35	70.40	5.20	65.20
PILA 30%PE-02	31.5	2.500	0.800	75.63			
PILA 30%PE-03	27.1	2.507	0.802	65.23			

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas, se muestra los resultados de compresión axial respecto a las pilas con mortero tradicional 1:4 y con los materiales alternativos respectivamente, 10% y 30% polvo de caucho y poliestireno expandido. En estos resultados se tiene en cuenta el promedio de muestras, su desviación estándar para finalmente mostrar la Resistencia a la compresión axial por usar.

MT: Mortero Tradicional

PC: Polvo de caucho

PE: Poliestireno Expandido

4.1.2 TEMPERATURAS INICIALES DEL ENSAYO

Antes de encender la fuente de calor (panel de focos) fueron tomadas las temperaturas para comparar la temperatura de ambiente en relación a la cara de los muretes con tarrajeo y sin tarrajeo, como puede ser vista en la figura. Las temperaturas de ambiente durante los ensayos fueron controladas para que no se alteren, quedando en torno a los 22°C.

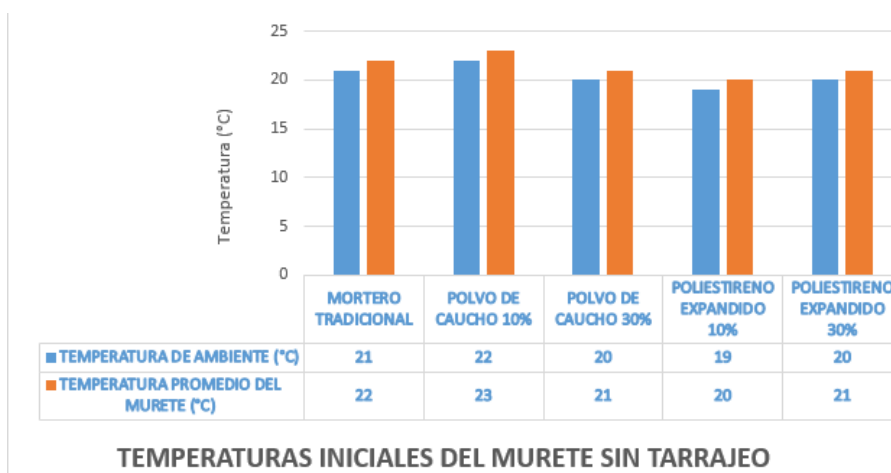


Figura 10. Control de Temperatura Inicial del murete sin tarrajeo antes del calentamiento. Esta imagen nos indica que no debe existir algún factor externo que altere estos valores, entre la toma de temperatura de ambiente. (Fuente: Propia).

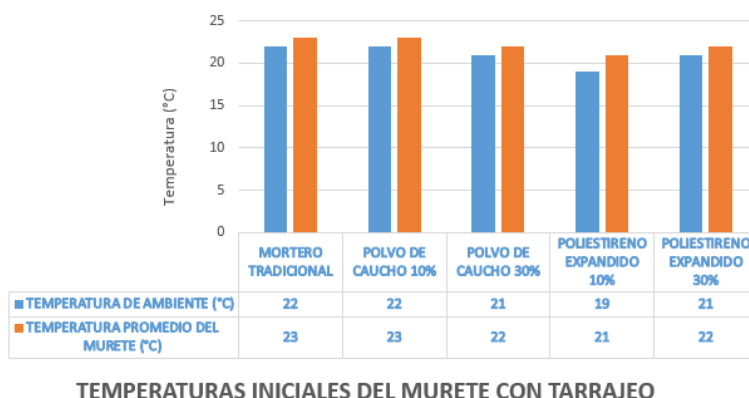


Figura 11. Control de Temperatura Inicial del murete con tarrajeo antes del calentamiento (Fuente: Propia). Esta imagen nos indica que no debe existir algún factor externo que altere estos valores, entre la toma de temperatura de ambiente.

Es posible observar que las temperaturas iniciales de los muretes están prácticamente iguales a las temperaturas del ambiente, demostrando que no hubo influencia posible de alterar los resultados de los diferentes tipos de muretes con y sin tarrajeo.

4.1.3 CURVAS DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO

Curvas de Calentamiento y Enfriamiento **ABSORBIDA SOBRE EL MURETE** del mortero patrón 1:4 en comparativa del volumen modificado del 10% y 30% de polvo de caucho y poliestireno expandido sobre la arena gruesa.

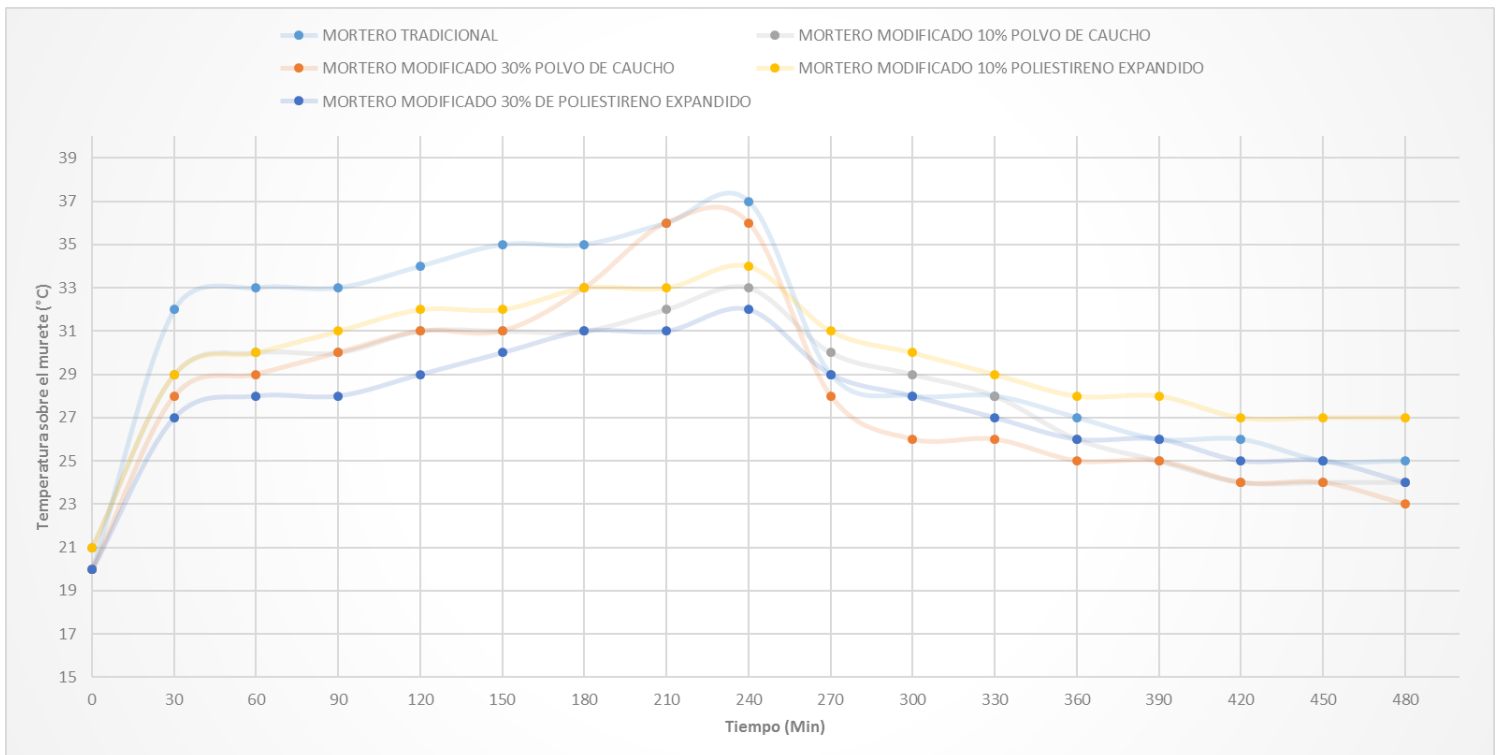


Figura 12. Registro de temperaturas sobre el murete, con mortero tradicional 1:4 en comparativa con volúmenes modificados de material alternativo (Fuente: Propia).

Curvas de Calentamiento y Enfriamiento **DISIPADA AL INTERIOR DEL MURETE** del mortero patrón 1:4 en comparativa del volumen modificado del 10% y 30% de polvo de caucho y poliestireno expandido sobre la arena gruesa.

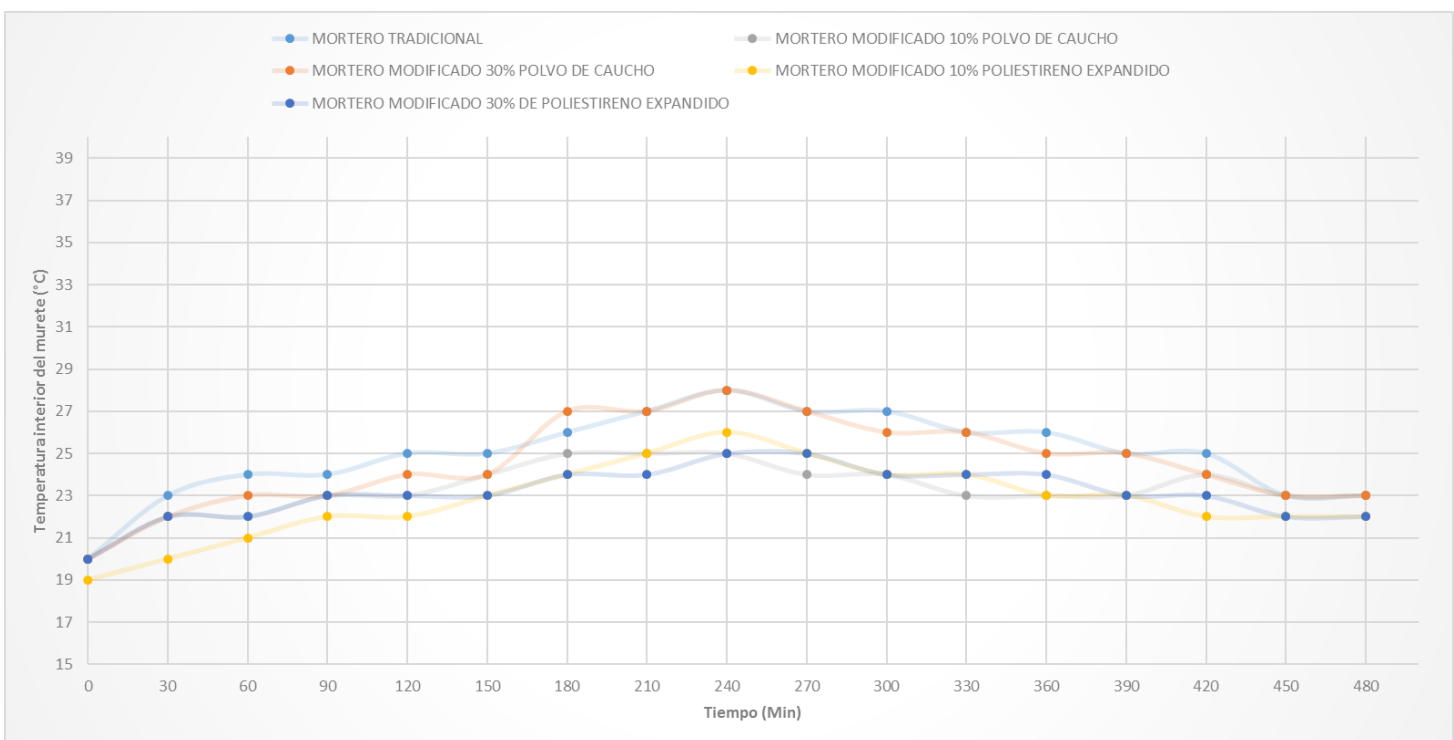


Figura 13. Registro de temperaturas al interior del murete, con mortero tradicional 1:4 en comparativa con volúmenes modificados de material alternativo (Fuente: Propia).

Curvas de Calentamiento y Enfriamiento **ABSORBIDA SOBRE EL MURETE** con tarrajeo base 1:5 en comparativa del volumen modificado del 10% y 30% con polvo de caucho y poliestireno expandido sobre la arena fina.

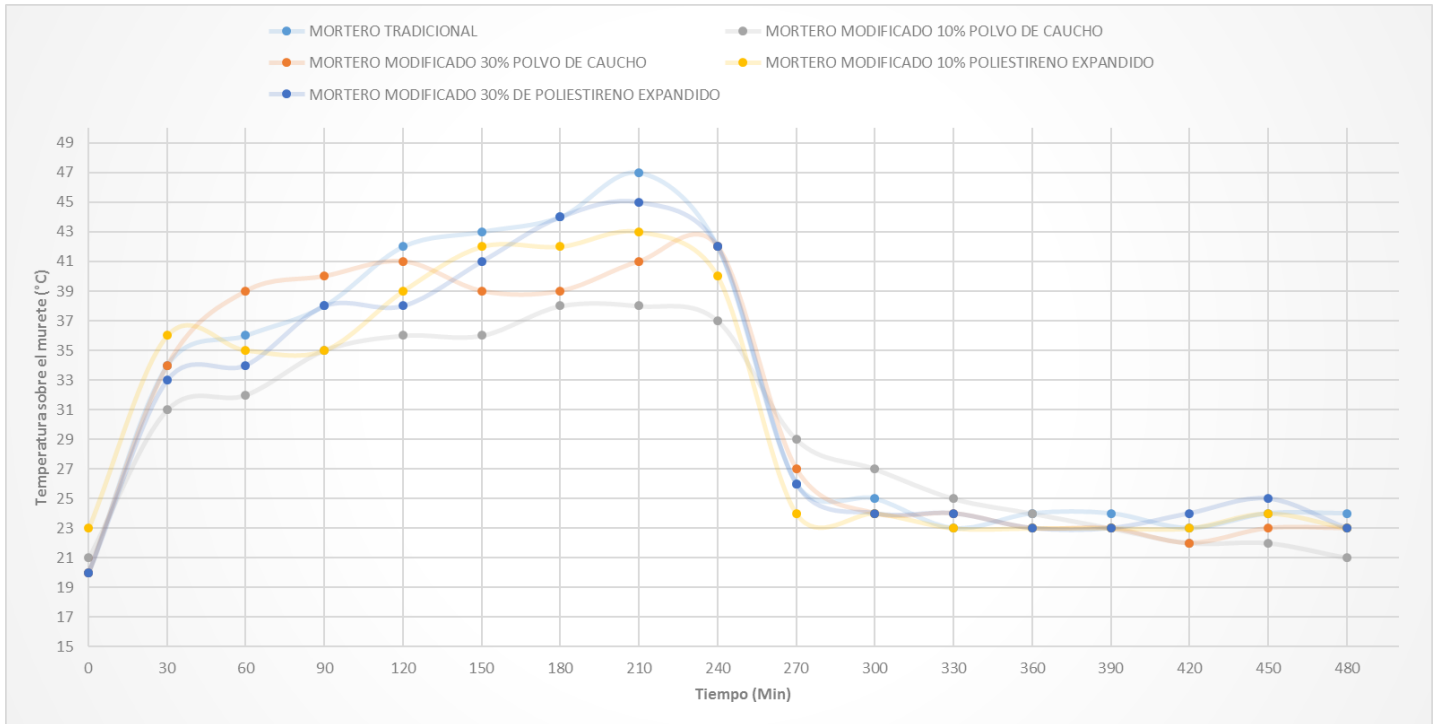


Figura 14. Registro de temperaturas sobre el murete, con tarrajeo tradicional 1:5 en comparativa con volúmenes modificados de material alternativo (Fuente: Propia).

Curvas de Calentamiento y Enfriamiento **DISIPADA AL INTERIOR DEL MURETE** del mortero patrón 1:4 en comparativa del volumen modificado del 10% y 30% de polvo de caucho y poliestireno expandido sobre la arena gruesa.

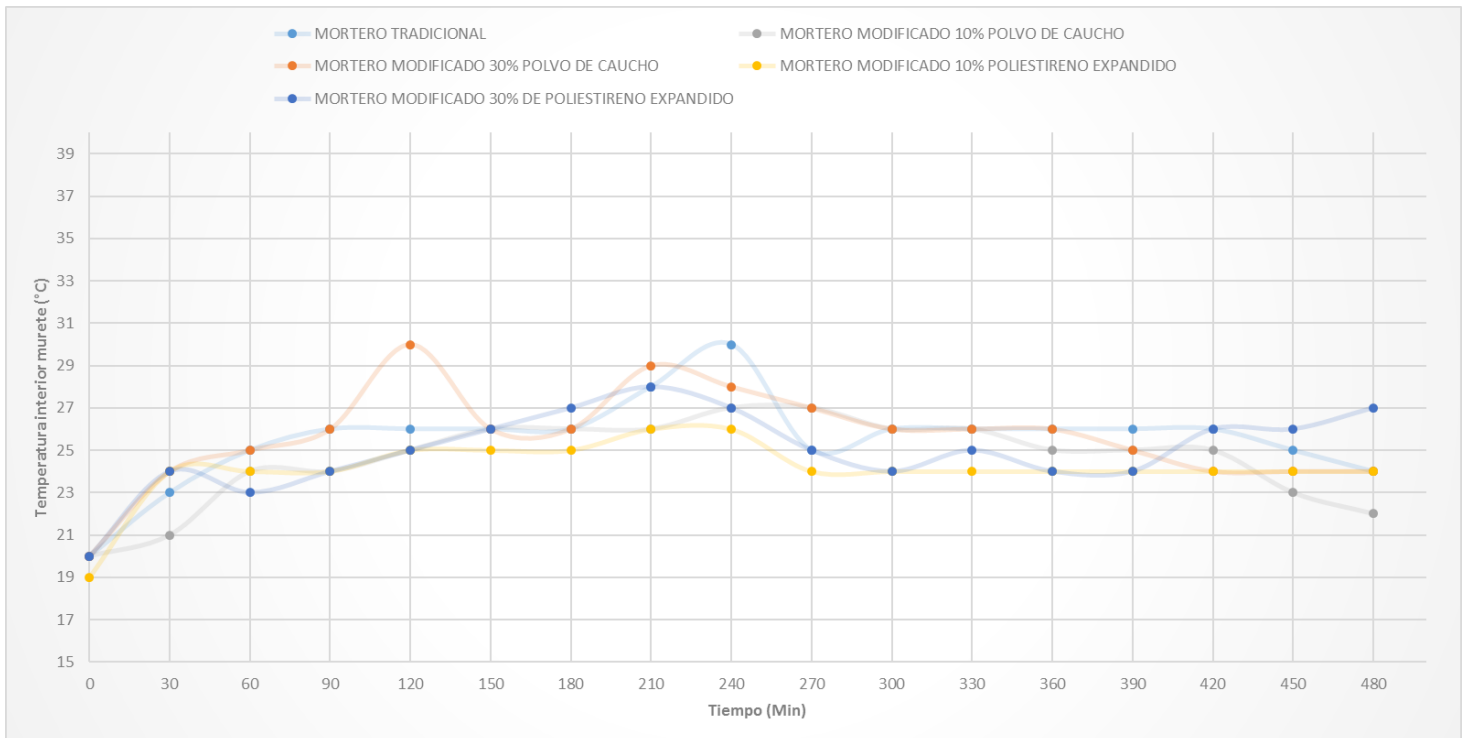


Figura 15. Registro de temperaturas al interior del murete, con tarrajeo tradicional 1:5 en comparativa con volúmenes modificados de material alternativo (Fuente: Propia).

4.1.4 FALLAS PRESENTES EN LOS ENSAYOS

FALLA DE COMPRESION AXIAL

Se describe las fallas presentadas en el ensayo de compresión axial, considerando que se ha trabajado las pilas de albañilería con ladrillo “Hércules I” con un espesor de mortero tradicional de 1.5cm de proporción 1:4, así mismo, otras pilas han sido modificar en las proporciones de arena con un 10% y 30% de polvo de caucho y poliestireno expandido

Las pilas con mortero tradicional y con el uso de poliestireno expandido, presentan una falla por agrietamiento vertical, prácticamente corta la unidad y el mortero.



Figura 16. Falla en ensayo de compresión axial pilas de albañilería. Esta imagen refleja la falla por agrietamiento vertical, corta la unidad y el mortero en el caso de 10% de poliestireno expandido. (Fuente: Propia).

Mientras que las pilas con el uso del 30% de polvo de caucho en la proporción de la arena, presentaba una falla por trituración.



Figura 17. Falla en ensayo de compresión axial pilas de albañilería. Esta imagen refleja una falla no deseada, puesto que se tritura parte de la unidad Hércules I, en este caso, usando 30% de polvo de caucho modificado en el mortero. (Fuente: Propia).

Capítulo V: DISCUSIÓN

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

De acuerdo con Paulo Sèrgio Domeles Almeida (2017), en su trabajo titulado “Termografia infravermelha aplicada a analise térmica de alvenaria em blocos cercamicos estruturales”, obtuvo que el mortero modificado con polvo de caucho tuvo mas eficiencia, pero presentò un punto negativo, puesto que el tiempo de enfriamiento del prisma de albañilería ocurrio mas lento que los demás morteros modificados. En cuanto a los resultados obtenidos, guardan cierta relación dado que la absorción del polvo de caucho sobre el muro tarrajado tiene a calentarse muy rápido y a un grado alto de temperatura, pero no coincide en su etapa de enfriamiento, ya que el autor menciona que es lento el enfriamiento, pero en el ensayo in situ, el uso de polvo de caucho tiende a enfriar muy rápido en comparación de los otros materiales.

De acuerdo con Emma Rocío Cabanillas Huachua (2017), en su trabajo titulado “Comportamiento Físico Mecánico del Concreto Hidraulico Adicionado con caucho reciclado”, obtuvo el porcentaje óptimo de sustitución de agregado fino por caucho reciclado es de 10%, ya que se obtuvo el mayor valor de la resistencia mecánica a la compresión con 191.65kg/cm², es decir, sustituyendo mas del 10, 15 y 20% de agregado fino por partículas de caucho reciclado este va a influir negativamente en la resistencia mecánica del concreto. En cuanto a los resultados obtenidos, guardan relación por su resistencia a la compresión con el polvo de caucho, puesto que las pilas de albañilería sometidas a compresión axial usando este material, refleja una falla por trituración, en este caso, usando 30% de polvo de caucho sobre el volumen del mortero patrón (agregado grueso) presenta fallas no deseadas en la unidad Hércules I.

CONCLUSIONES

CONCLUSION GENERAL

Se concluye que; con el uso de poliestireno expandido como material alternativo en acabados, presenta un mejor desempeño térmico en muros de albañilería con ladrillo Hércules I.

PRIMERA CONCLUSIÓN

Utilizando el 30% de polvo de caucho sobre el volumen de las proporciones del mortero 1:4 presenta un buen desempeño térmico a comparación del poliestireno expandido y mortero tradicional.

SEGUNDA CONCLUSIÓN

Existe una variación en la resistencia a la compresión axial $f'm$ con el ensayo de pilas, siendo el mortero patrón 1:4 el que muestra mayor resistencia con 77.49 kgf/cm², también los resultados de resistencia a la compresión utilizando poliestireno expandido, presentan datos por encima de lo mínimo requerido por la norma E070.

TERCERA CONCLUSIÓN

Se concluye que utilizando poliestireno expandido para uso como material alternativo en tarrajeo presenta un mejor desempeño térmico, puesto que el tiempo en su etapa de enfriamiento ocurrió lentamente que los demás materiales, demostrando un aumento de temperatura en promedio de 2°C y concluyendo ser un buen material aislante.

RECOMENDACIONES

PRIMERA RECOMENDACIÓN

Es importante destacar la variedad de investigaciones realizadas por docentes y tesis de la Universidad Privada de Tacna a diferentes temas relacionados a albañilería, actualmente nos enfrentamos a grandes problemas medio ambientales, quien sabe y haya otro tipo de materiales alternativos que puedan ayudar a un mejor desempeño térmico, no solo en la ciudad de Tacna, si no enfocar algunos proyectos a zonas alto andinas, creemos a futuro; las energías renovables y nuevos métodos de sistemas de construcción van a jugar un papel importante en nuestro país y ciudad.

SEGUNDA RECOMENDACIÓN

Se recomienda realizar alguna investigación con el poliestireno expandido, a fin de reemplazar el tarrajeo tradicional de 1:5, pero sin usar la arena, solo poliestireno y ver cómo actúa como material aislante, pero sin olvidar el fin estructural, así como otros materiales que se pueden encontrar en la ciudad y pueden ser reciclables.

TERCERA RECOMENDACIÓN

Se recomienda realizar más investigaciones en nuevos métodos constructivos, así como materiales alternativos, ver de qué manera influye en cada tipo de conjuntos habitacionales que estén por construirse, ya sea con este tipo de ladrillo Hércules I u otros, de alguna forma también emplear equipos más sofisticados si es que se toma la temperatura, como cámaras infrarrojas, que en otros países tienen mucho control sobre este, debido a un tema ambiental y económico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gordillo, N. (2014).** *Diseño de un Centro Cultural en la ciudad de Trujillo, orientado a mejorar el confort térmico en las actividades de los estudiantes, en base al diseño de la envolvente térmica.* Trujillo - Perú.
- Machuca, J. (2015).** *Incidencia térmica de la piedra volcánica como elemento constructivo en las viviendas de la comunidad campesina de Sacsamarca.* Huancayo - Perú.
- Cuellar, J. (2017).** *Estudio para el acondicionamiento térmico de viviendas sometidas a heladas. Caso: Centro poblado de Santa Rosa (PUNO).* Lima - Perú.
- Pastor, J. (2017).** *Variación de temperatura en un modelo de vivienda con sistema ondol aplicado a las zonas alto andinas del Perú-2017.* Chimbote - Perú.
- Acero, J., & Cotrado, D. (2017).** *Trabajo de Investigación y Proyección Social: "Estudios realizados en la UPT demuestran que los muros portantes de las viviendas informales de la ciudad de Tacna construidas con Blocker II son altamente vulnerables frente a un evento sísmico.* Tacna - Perú.
- Quiun, D., & Mendoza, G. (2015).** *Corrección por Esbeltez en Pilas de Albañilería ensayadas a compresión axial. Proyecto Sencico-PUCP.* Lima - Perú.
- Arbildo B. , & Rojas M. (2017).** *"Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la Ciudad de Tacna".* Tacna - Perú.
- Cabrera, C. (2018).** *"Evaluación de resistencias en prisimas de albañilería con mortero de espesor de 1.5cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna".* Tacna - Perú.
- Antonelli, E. (2003).** *Comportamento de Argamassas com o empreso de pó de borracha.* Sao Paulo - Brasil.
- Dorneles, P. (2017).** *Termografia Infravermelha aplicada á análise térmica de alvenaria em blocos cerâmicos estruturais.* Alegrete, Brasil.

- Fundación de la Energía de la comunidad de Madrid, Consejería de Economía y Hacienda Comunidad de Madrid. (2011).** *Guía de la termografía infrarroj. Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética.* Madrid - España.
- Prieto, R., Quispe Cárdenas & Orezzoli Alvarez, G. (2013).** *Soluciones Constructivas para elevar la temperatura interior en viviendas rurales ubicadas en zonas Altoandinas.*
- Bernal, K. (2013).** *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo king kong del centro poblado el Cerrillo-baños del Inka y Lark de Lambayeque.* Cajamarca, Perú.
- Harman, L. (2010).** *Confort Térmico en Viviendas Altoandinas...un enfoque integral.*
- Bonilla, D. (2006).** *Factores de corrección de la resistencia en compresión de prismas de albañilería por efectos de esbeltez.* Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Campo, R. (s.f.).** *Reutilización de materiales de construcción. Un paso intermedio necesario.*
- Dunker D., A. (2003).** *Los Aislantes Térmicos y el Poliestireno Expandido.* Chile
- Rayer A. D. (2011).** *Normatividad en el Sector Construcción del Perú para edificaciones sustentables. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.* Lima - Perú.
- Cabanillas, E. R. (2017).** *Comportamiento Físico Mecánico del Concreto Hidraulico adicionado con caucho reciclado.* Cajamarca - Perú.
- Chura, S. S. (1994).** *Estudio del espesor del mortero en muros de albañilería de arcilla cocida.* Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- CISMID. (2016).** *Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de bloques de arcilla fabricados en la Ciudad de Tacna.* Lima-Perú.
- Ladrillos Maxx. (s.f.).** Obtenido de <http://www.ladrillosmaxx.com/new/>
- Morante, A. (2008).** *Mejora de la adherencia mortero-ladrillo de concreto.* Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Norma Técnica E.070 Albañilería. (2006).** Perú.

Normas de Unidades NTP 399.613. (2005). Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -INDECOPI.

Normas para pilas de albañilería. (2004) NTP 399.605 . Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI.

Quiun, D. (2005). *Corrección por esbeltez en pilas de albañilería ensayadas a compresión axial.* Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima-Perú.

Sáens, M. (2016). *Influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería.* Cajamarca - Perú.

San Bartolomé, Á. (1994). *Construcciones de Albañilería-Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural-* (Primera Edición ed.). Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

SENCICO. (2005). *Comentarios a la Norma Técnica de Edificaciones E.070 Albañilería.* Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO N°01: Matriz de Consistencia

ANEXO N°02: Panel Fotográfico

ANEXO N°03: Informe de Ensayos – CISMID

ANEXO N°04: Ensayo de compresión axial – UPT – TACNA

ANEXO N°01:
Matriz de Consistencia

ANEXO N°02:
Panel Fotográfico

ANEXO N°03:
Informe CISMID - UNI

ANEXO N°04:

Ensayo de compresión axial

UPT - TACNA