

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



TESIS

**“INFLUENCIA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, DENSIDAD Y
AISLAMIENTO TÉRMICO EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE
CONCRETO EN MUROS PORTANTES EN TACNA, 2021”**

**PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:
Bach. NATALY LIGHTS CHAÑA TORRES
Bach. RICHARD ANTONIO MOISÉS LARINO CHURA**

TACNA – PERÚ

2021

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

TESIS

**“INFLUENCIA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, DENSIDAD Y
AISLAMIENTO TÉRMICO EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE
CONCRETO EN MUROS PORTANTES EN TACNA, 2021”**

**Tesis sustentada y aprobada el 08 de diciembre del 2021; estando
jurado calificador integrado por:**

PRESIDENTE: Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIO: Mtro. ULIANOV FARFÁN KEHUARUCHO

VOCAL: Mtro. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS

ASESOR: Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Nataly Lights Chaiña Torres, 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 71326943.

Yo Richard Antonio Moisés Larino Chura, 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 47520787.

Declaramos bajo juramento que:

1. Es de nuestra autoría la tesis titulada:
“Influencia del poliestireno expandido en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico en unidades de albañilería de concreto en muros portantes en Tacna, 2021” 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 se asume 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 pudieran ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del 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 derive, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada De Tacna.

Tacna, 08 de diciembre de 2021



Richard Antonio Moisés Larino Chura
47520787



Nataly Lights Chaíña Torres
71326943

DEDICATORIA

La realización de esta tesis va dedicada con mucho amor y agradecimiento a mis padres Guido Chayña y Margarita Torres, por todo el esfuerzo y sacrificio que han hecho para que yo pueda ser mejor cada día, por los consejos, enseñanzas y valores que han puesto en mí.

A mis hermanos, por preocuparse por mí y por alentarme para que siga esforzándome en cumplir mis metas y sé que ellos también se esforzaran por cumplir sus propias metas y ser buenos profesionales.

A mis maestros, que siempre han estado prestos a brindar su conocimiento para que mejoremos cada vez más como profesionales.

A la Universidad Privada de Tacna, por ser mi primera casa de estudios en la que me forme como profesional y en donde pase momentos importantes de mi vida.

Nataly Lights Chaiña Torres

Esta tesis está dedicada a mi padre Ricardo Larino y madre Susana Chura por darme la vida y apoyarme en cada decisión que he tomado.

A mi maestro Lee Gyeong Jun por ser mi guía hacia la excelencia y enseñarme a aspirar ser la mejor versión de mí.

Richard Antonio Moisés Larino Chura

AGRADECIMIENTO

A Dios, por iluminar y guiar mi camino, por darme la vida, cuidar de mí y de mi familia en todo momento, gracias por darme sabiduría para cumplir con mis metas.

A mis padres, por el apoyo incondicional que me han dado, por su esfuerzo y dedicación, ya que gracias a ellos soy la persona que soy ahora, siempre estaré eternamente agradecida por todo lo que me han dado y me seguiré esforzando para que puedan sentirse orgullosos de mí.

A mis hermanos, por el apoyo, preocupación y compañía que me han brindado, gracias a ellos nunca eh estado sola y espero ser un buen ejemplo como hermana mayor.

A mi compañero de vida, por escucharme, motivarme y apoyarme en los momentos más difíciles.

A todos los ingenieros que creyeron en mí y me dieron la oportunidad de demostrar que puedo llegar a hacer, gracias por sus enseñanzas, paciencia y confianza.

Nataly Lights Chaiña Torres

A Dios por iluminar mi camino hasta aquí, por la salud y las personas que puso en mí camino que apoyaron a que todo esto sea posible.

A mi pareja por ser la persona que más me motiva a ser mejor, a cumplir mis metas y sueños para poder construir un mejor futuro juntos.

A mis padres y maestro por estar siempre ahí para mí, y a todos los ingenieros, docentes y compañeros que fueron parte de mi vida académica.

Richard Antonio Moisés Larino Chura

ÍNDICE GENERAL

PAGINA DE JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis.....	4
1.5.1. Hipótesis general.....	4
1.5.2. Hipótesis específicas	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes del estudio	6
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	7
2.2. Bases teóricas.....	8

2.2.1. Concreto.....	8
2.2.2. Concreto ligero	8
2.2.3. Resistencia a la compresión	9
2.2.4. Densidad	9
2.2.5. Poliestireno expandido	9
2.2.6. Unidad de albañilería.....	9
2.2.7. Aislamiento térmico	10
2.3. Definición de términos	10
2.3.1. Agregado fino	10
2.3.2. Agregado grueso	10
2.3.3. Agregado ligero	11
2.3.4. Cemento.....	11
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	12
3.1. Tipo y nivel de investigación	12
3.2. Población y/o muestra de estudio	12
3.2.1. Población.....	12
3.2.2. Muestra	12
3.3. Operacionalización de variables	13
3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos.....	14
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	15
3.5.1. Análisis de materiales.....	15
3.5.1.1. Análisis granulométrico por tamizado.....	15
3.5.1.2. Gravedad específica y absorción de la arena.....	15
3.5.1.3. Gravedad específica y absorción de la grava.....	15
3.5.1.4. Ensayo de pesos unitarios	15
3.5.1.5. Ensayo de humedad natural.....	16
3.5.1.6. Ensayo del "Cono de Abrams" o "Slump"	16
3.5.2. Diseño de mezcla de concreto.....	16
3.5.3. Ensayos de calidad para unidades de albañilería solida	16

3.5.4. Evaluación de costos de la adición de poliestireno en el diseño de mezcla	17
CAPITULO IV: RESULTADOS	18
4.1. Análisis de materiales	18
4.1.1. Análisis granulométrico por tamizado	18
4.1.2. Gravedad específica y absorción de la arena	20
4.1.3. Gravedad específica y absorción de la grava	21
4.1.4. Ensayo de pesos unitarios	22
4.1.5. Ensayo de humedad natural	23
4.1.6. Ensayo del "Cono de Abrams" o "Slump"	23
4.2. Diseño de mezcla de concreto	24
4.2.1. Cálculo de diseño de mezcla sin poliestireno expandido	25
4.2.1.1. Cálculo de la resistencia a la compresión requerida	25
4.2.1.2. Contenido de agua	25
4.2.1.3. Relación agua – cemento	26
4.2.1.4. Contenido de cemento	27
4.2.1.5. Peso del agregado grueso	27
4.2.1.6. Volúmenes absolutos	28
4.2.1.7. Diseño de mezcla seco	29
4.2.1.8. Corrección por humedad y aporte de agua a la mezcla	29
4.2.1.9. Presentación del diseño de mezcla	30
4.2.2. Cálculo de diseño de mezcla con poliestireno expandido	31
4.2.2.1. Reemplazando 10 % del agregado fino	31
4.2.2.2. Reemplazando 20 % del agregado fino	34
4.2.2.3. Reemplazando 30 % del agregado fino	37
4.2.2.4. Reemplazando 40 % del agregado fino	40
4.2.2.5. Reemplazando 50 % del agregado fino	43
4.3. Ensayos de calidad para unidades de albañilería	46
4.3.1. Ensayo de variabilidad dimensional	46
4.3.2. Ensayo de alabeo	47

4.3.3. Ensayo de resistencia a la compresión.....	48
4.3.4. Ensayo de absorción	48
4.3.5. Medición del aislamiento térmico	49
4.3.6. Cálculo de la densidad de las unidades de albañilería.....	50
4.4. Evaluación de costos de la adición de poliestireno en el diseño de mezcla.....	53
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	57
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXO.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	13
Tabla 2. Etapas, técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
Tabla 3. Análisis granulométrico del agregado fino.....	18
Tabla 4. Análisis granulométrico del agregado grueso.....	19
Tabla 5. Cálculo del peso específico de la arena	21
Tabla 6. Cálculo de la absorción de la arena	21
Tabla 7. Cálculo del peso específico de la grava	21
Tabla 8. Cálculo de la absorción de la grava	22
Tabla 9. Cálculo del peso unitario suelto y varillado de la arena	22
Tabla 10. Cálculo del peso unitario suelto y varillado de la grava	23
Tabla 11. Cálculo de la Humedad de la arena y la grava.....	23
Tabla 12. Slump obtenido de las diferentes muestras con poliestireno expandido.....	24
Tabla 13. Propiedades de los materiales	24
Tabla 14. Cantidades aproximadas de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño nominal máximo del agregado.....	26
Tabla 15. Relación Agua/Cemento	26
Tabla 16. Peso del agregado grueso por unidad de volumen	28
Tabla 17. Diseño de mezcla sin poliestireno expandido.....	30
Tabla 18. Dosificaciones del diseño de mezcla sin poliestireno expandido	30
Tabla 19. Diseño de mezcla con adición del 10 % de poliestireno expandido	33
Tabla 20. Dosificaciones del diseño de mezcla con 10 % de poliestireno expandido	33
Tabla 21. Diseño de mezcla con adición del 20 % de poliestireno expandido	36
Tabla 22. Dosificaciones del diseño de mezcla con 20 % de poliestireno expandido	36
Tabla 23. Diseño de mezcla con adición del 30 % de poliestireno expandido.....	39

Tabla 24. Dosificaciones del diseño de mezcla con 30 % de poliestireno expandido.....	39
Tabla 25. Diseño de mezcla con adición del 40 % de poliestireno expandido	42
Tabla 26. Dosificaciones del diseño de mezcla con 40 % de poliestireno expandido	42
Tabla 27. Diseño de mezcla con adición del 50 % de poliestireno expandido	45
Tabla 28. Dosificaciones del diseño de mezcla con 50 % de poliestireno expandido	45
Tabla 29. Resumen de resultados del ensayo de variabilidad dimensional.....	47
Tabla 30. Resumen de resultados del ensayo de alabeo.....	47
Tabla 31. Resumen de resultados del ensayo de resistencia a la compresión.....	48
Tabla 32. Resumen de resultados del ensayo de absorción	49
Tabla 33. Resumen del aislamiento térmico de las unidades de albañilería.....	49
Tabla 34. Densidad de las unidades de albañilería solida sin poliestireno expandido	50
Tabla 35. Densidad de las unidades de albañilería solida con 10 % de poliestireno expandido	51
Tabla 36. Densidad de las unidades de albañilería solida con 20 % de poliestireno expandido	51
Tabla 37. Densidad de las unidades de albañilería solida con 30 % de poliestireno expandido	52
Tabla 38. Densidad de las unidades de albañilería solida con 40 % de poliestireno expandido	52
Tabla 39. Densidad de las unidades de albañilería solida con 50 % de poliestireno expandido	53
Tabla 40. Costo de bloque de concreto sin poliestireno expandido.....	54
Tabla 41. Costo de bloque de concreto con 10 % de poliestireno expandido.....	54
Tabla 42. Costo de bloque de concreto con 20 % de poliestireno expandido.....	55
Tabla 43. Costo de bloque de concreto con 30 % de poliestireno expandido.....	55
Tabla 44. Costo de bloque de concreto con 40 % de poliestireno expandido.....	56
Tabla 45. Costo de bloque de concreto con 50 % de poliestireno expandido.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva granulométrica del agregado fino	19
Figura 2. Curva granulométrica del agregado grueso	20
Figura 3. Participación porcentual de los elementos de la mezcla de concreto f'c 140 kg/cm ²	31
Figura 4. Participación porcentual de los elementos de la mezcla de concreto con 10 % de poliestireno expandido	34
Figura 5. Participación porcentual de los elementos de la mezcla de concreto con 20 % de poliestireno expandido	37
Figura 6. Participación porcentual de los elementos de la mezcla de concreto con 30 % de poliestireno expandido	40
Figura 7. Participación porcentual de los elementos de la mezcla de concreto con 40 % de poliestireno expandido	43
Figura 8. Participación porcentual de los elementos de la mezcla de concreto con 50 % de poliestireno expandido	46

RESUMEN

La tesis titulada Influencia del poliestireno expandido en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico en unidades de albañilería de concreto en muros portantes en Tacna, 2021, tiene como objetivo determinar la influencia del poliestireno expandido en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico de unidades de albañilería sólida de concreto, así como determinar la cantidad óptima de adición para que dichas unidades cumplan con lo especificado en la norma E-70 Albañilería del RNE, además de comparar el costo de la adición del poliestireno expandido en el concreto. Se empleó el tipo de investigación experimental, del nivel perceptual ya que se realizarán muestras de unidades de albañilería con diferentes proporciones de poliestireno expandido que reemplazarán diferentes porcentajes de la arena en la mezcla. Finalmente se concluyó que la adición de poliestireno expandido en el concreto disminuye la resistencia a la compresión del diseño, además de la densidad del concreto, haciéndolo más ligero y de la misma forma la adición de poliestireno expandido mejora el aislamiento térmico de las unidades de albañilería, y también reducir el costo de fabricación por bloque.

Palabras Clave: aislamiento térmico, albañilería, compresión, concreto ligero, densidad, diseño de mezcla.

ABSTRACT

The thesis entitled "Influence of expanded polystyrene on compressive strength, density and thermal insulation in concrete masonry units in bearing walls in Tacna, 2021", aims to determine the influence of expanded polystyrene on resistance to compression, density and thermal insulation of solid concrete masonry units, as well as determining the optimal amount of addition so that said units comply with those specified in the RNE E-70 Masonry standard, in addition to comparing the cost of adding polystyrene expanded in concrete. The type of experimental research was used, of the perceptual level since samples of masonry units will be made with different proportions of expanded polystyrene that will replace different percentages of the sand in the mixture. Finally, it was concluded that the addition of expanded polystyrene in the concrete decreases the compressive strength of the design, in addition to the density of the concrete, making it lighter and in the same way the addition of expanded polystyrene improves the thermal insulation of the masonry units. and also reduce the cost of manufacturing per block.

Key Words: thermal insulation, masonry, compression, lightweight concrete, density, mix design.

INTRODUCCIÓN

La tesis titulada Influencia del poliestireno expandido en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico en unidades de albañilería de concreto en muros portantes en Tacna, 2021 busca analizar la adición del poliestireno expandido en las unidades de albañilería solida de concreto, reemplazando el agregado grueso en un 10 %, 20 %, 30 %, 40 % y 50 % en el diseño de mezcla, a fin de evaluar los efectos que estos producen en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico en el concreto. Esta investigación se dividió en los siguientes capítulos.

En el capítulo 1 se encuentra el planteamiento del problema, el cual describe el motivo que con llevo a realizar la investigación, además de los objetivos e hipótesis planteadas.

En el capítulo 2 tenemos el marco teórico en el cual se menciona los antecedentes del estudio, nacionales e internacionales, así como también las bases teóricas y definición de términos.

En el capítulo 3 se encuentra el marco metodológico donde se describe el nivel y tipo de investigación, además de la población y/o muestra de estudio, las técnicas e instrumentos que se usaron para recolectar los datos, su proceso y análisis.

En el capítulo 4 se muestran los resultados obtenidos de la realización del marco metodológico.

En el capítulo 5 se realiza una discusión de los resultados obtenidos con respecto a las hipótesis y objetivos planteados en el capítulo 1.

Finalmente se mencionarán las conclusiones y recomendaciones obtenidas en relación con los objetivos de la investigación.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En la actualidad el concreto es uno de los materiales más usados en la industria de la construcción, debido a su resistencia a la compresión y a su durabilidad. Debido a los materiales que se incorporan, el concreto tiene una densidad promedio de 2350 kg/m³, lo cual influye en la carga muerta, el cual es un factor importante.

El concreto liviano se crea a partir del problema del considerable peso de las edificaciones en zonas donde se tienen suelos de baja capacidad portante, los cuales no son ideales para construcciones con excesivas cargas, por lo que se recurren a plateas o pilotes, aumentando así el costo de construcción. De tal manera que estas construcciones generen grandes excentricidades, las cuales pueden ser perjudiciales para la vivienda y para las que la habitan.

El Perú se encuentra en el anillo de fuego del Pacífico y Tacna es una de las zonas que se encuentra en silencio sísmico. El sismo tiene la característica de producir aceleraciones que generan grandes fuerzas sísmicas, las cuales dependen linealmente de la masa de la edificación y que afectan a los componentes de la estructura del edificio, por lo que si disminuimos la masa de la edificación también disminuirá la fuerza sísmica que afectan a los elementos de la estructura.

En la actualidad la tasa de crecimiento en Tacna ha aumentado, por lo que se requiere la construcción de más viviendas para que la población tenga una buena calidad de vida, debido al estado de emergencia en que nos encontramos por del covid-19, muchas personas han perdido su empleo y según el ministerio de Desarrollo en Inclusión Social la pobreza monetaria ha experimentado un aumento entre 8 y 10 puntos porcentuales en el país, por lo que se busca una alternativa para poder cubrir las necesidades de la población a un bajo costo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia del Poliestireno expandido en la resistencia, densidad y aislamiento térmico en unidades de albañilería de concreto en la ciudad de Tacna, 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la cantidad de Poliestireno necesaria a agregarle a la unidad de albañilería de concreto para obtener una mezcla optima?
- ¿Cuánto será la diferencia de costo debido a la adición de poliestireno en las unidades de albañilería de concreto?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

El concreto es uno de los materiales más usados en la industria de la construcción, por lo que a lo largo del tiempo se han ido adicionando materiales a este compuesto para así mejorar sus características, la adición de Poliestireno expandido al concreto genera un avance tecnológico del concreto al mejorar sus características.

Justificación social: Esta investigación es necesaria para las construcciones en general que estén ubicadas en suelos de baja capacidad portante, generando ambientes térmicos y acústicos debido al Poliestireno expandido que se le adiciona al concreto, mejorando así la calidad de vida de la sociedad.

Justificación económica: Debido a la baja densidad del concreto ligero, y a la reducción de la carga muerta de la edificación, las secciones de los elementos estructurales como vigas, columnas y cimentaciones se podrán reducir, consecuentemente se reducirán los costos de construcción.

Justificación ambiental: El material principal para la elaboración de unidades de albañilería de concreto liviano en el estudio es el poliestireno expandido el cual se puede adquirir de manera reciclada e introduciéndola en una molienda puede ser empleado para la fabricación de unidades de albañilería de concreto ligero.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia del Poliestireno expandido en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico en unidades de albañilería de concreto.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad óptima de Poliestireno expandido que se debe agregar a la mezcla de concreto para que nos proporcione una resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico adecuado para las unidades de albañilería de concreto.
- Comparar el costo beneficio de las unidades de concreto y concreto ligero a base de Poliestireno expandido.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La adición del Poliestireno en la mezcla de concreto disminuirá la densidad de las unidades de albañilería.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La adición de Poliestireno en la mezcla de concreto en cualquier cantidad disminuirá la resistencia de las unidades de albañilería.
- La adición de Poliestireno en la mezcla de concreto debería reducir su costo por metro cúbico.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

La tesis concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogotá, en la cual su objetivo fue establecer una dosificación apropiada del Concreto Liviano Estructural con Arcillas del sur de la Sabana de Bogotá, que permitan tener una resistencia a la compresión mínima de $178,45 \text{ kg/cm}^2$ y una masa unitaria seca en equilibrio menor a 1920 kg/m^3 , para ello se aplicó norma practica para la selección de proporciones para concreto liviano estructural A.C.I. 211,2, lo que dio como resultado una resistencia a la compresión a los 28 días de $295,72 \text{ kg/cm}^2$ y $377,3 \text{ kg/cm}^2$ y presento masas unitarias de equilibrio, alrededor de 1950 kg/m^3 lográndose una disminución en peso entre un 15 % y 20 % con respecto a hormigones de peso normal (Martínez, 2010).

La tesis producción de concretos ligeros con agregados vitrocerámicos elaborados con lodos de plantas potabilizadoras, En la cual su objetivo fue determinar los valores óptimos de las variables con influencia significativa sobre las principales propiedades de los agregados vitrocerámicos producidos, que permitan cumplir los requerimientos técnicos establecidos en la norma ASTM C 330 / C 330 M-14 (Especificaciones para agregados ligeros para concretos estructurales), y se concluyó que los concretos producidos con agregados vitrocerámicos fabricados con un 50 % de incorporación de lodos, con una relación $a/c = 0,61$ y un contenido de cemento de 311 kg/m^3 , cumplen con los requisitos técnicos para clasificarlos como concreto ligero estructural, lo cual permitió alcanzar el valor mínimo de resistencia a la compresión normado para concretos estructurales (Ramírez, 2016).

2.1.2. Antecedentes nacionales

La tesis análisis comparativo de la utilización del concreto simple y el concreto liviano con perlitas de poliestireno como aislante térmico y acústico aplicado a unidades de albañilería en el Perú, en la cual su objetivo fue realizar un análisis comparativo entre los materiales conocidos como concreto simple y concreto liviano con perlitas de Poliestireno a través de unidades de albañilería, las cuales se diseñaron con el método ACI, en donde se obtuvo un peso y densidad de 9,20 kg y 1671 kg/m³ respectivamente, teniendo una disminución del 25 % y 27 % respecto al concreto simple, debido al reemplazo del agregado grueso por perlitas de Poliestireno. Respecto al aislamiento térmico del concreto liviano, se obtuvo un coeficiente de conductividad térmica de 0,59 W/m^{°K} y la del concreto simple de 1,73 W/m^{°K} (Paulino y Espino, 2017).

La tesis evaluación de las propiedades mecánicas del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado, en la cual su objetivo fue evaluar la trabajabilidad, contenido de aire, peso unitario, temperatura, resistencia a la compresión y tracción por flexión del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado, agregando al diseño de mezcla diferentes cantidades de agregados y poliestireno expandido para obtener una relación resistencia-volumen del poliestireno y así estimar que cantidad de poliestireno se requiere para un diseño de mezcla con un f'c determinado, en donde se concluyó que a mayor contenido de agregado ligero menor es la resistencia a la compresión, debido a que el poliestireno expandido aumenta la cantidad de aire ocluido. También se determinó que a menor densidad del concreto menor es la resistencia a la compresión (Bustamante y Díaz, 2014).

La tesis diseño de unidades de albañilería de concreto liviano a base de poliestireno expandido, en la cual su objetivo fue determinar las propiedades físicas y mecánicas del poliestireno expandido, donde se realizó el diseño de mezcla de concreto liviano según la guía ACI 523-3R-14 reemplazando la escoria de aluminio por poliestireno expandido modificado, se trabajó con unidades de albañilería de 24 cm largo, 14 de ancho y 9 de altura, resultando con una resistencia a la compresión de F'c= 69,75 kg/cm² a los 28 días y una densidad promedio de 1679 kg/m³, también se concluyó que el costo de la unidad de albañilería ligera es más económica que la unidad de albañilería de concreto tradicional en un S/. 0,39 (Álvarez y Meca, 2018).

La tesis diseño de bloques de concreto ligero con la aplicación de perlas de poliestireno, distrito de Tarapoto, en la cual su objetivo fue determinar una dosificación óptima para el diseño de mezcla de concreto ligero en base a perlas de Poliestireno para obtener una resistencia a la compresión de 50 kg/cm^2 , el cual se diseñó como un concreto celular y se concluyó que la dosificación optima tiene una densidad de $1606,11 \text{ kg/m}^3$ lo que representa una reducción del 40 % del peso frente a otros bloques de similar composición, cuya dosificación por metro cubico es de 375,54 kg de cemento, 168,31 litros de agua, 1156,15 kg de agregado fino y 3,51 kg de perlas de poliestireno, obteniendo una resistencia de $57,43 \text{ kg/cm}^2$ (Amasifuén, 2018).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

El concreto es uno de los materiales más usados en el mundo, se forma a partir de la mezcla de cemento, arena, piedra y agua que al solidificarse se vuelve un material resistente, la resistencia a la compresión ($f'c$) varía según la cantidad de materiales que se usen y dependerá de donde se utilizara el concreto, se puede usar en pisos, cimientos, columnas, vigas, losas, muros, etc., la densidad del concreto convencional varía entre 2200 kg/m^3 hasta 2400 kg/m^3 (Álvarez y Meca, 2018).

Teniendo en cuenta lo antes mencionado nos basamos en buscar una relación agua cemento que nos proporcione principalmente una resistencia aceptable en base a la norma de albañilería del reglamento nacional de edificaciones, ya que es un punto importante a ser evaluado.

2.2.2. Concreto ligero

Es aquel concreto en el que su densidad es menor que la de un concreto convencional y varía entre $1350 - 1850 \text{ kg/m}^3$, este concreto se puede producir con agregados ligeros naturales como la piedra pómez, arcilla, ceniza volante, etc. y agregados ligeros sintéticos como perlas de poliestireno expandido, burbujas de aire producidas químicamente, entre otros (Paulino y Espino, 2017).

Este concreto es recomendado usar en las zonas con baja capacidad portante ya que disminuye la carga muerta que generara la estructura.

2.2.3. Resistencia a la compresión

Es el máximo esfuerzo que puede soportar un cuerpo, su medición generalmente es en kg/cm^2 , lo cual representa la carga que se le aplica a una determinada área, la cual es empleada para evaluar el concreto y es una de las principales propiedades mecánicas que tiene, se calcula realizando la rotura de testigos de concreto en una máquina de prueba de compresión (Reglamento nacional de edificaciones).

2.2.4. Densidad

La densidad del concreto se define como la cantidad de peso en una unidad de volumen (m^3), este puede variar dependiendo en qué estado se encuentre, también varía dependiendo la cantidad de materiales que se usen para la mezcla de concreto, la densidad del concreto es aproximadamente 2400 kg/m^3 (Reglamento nacional de edificaciones).

2.2.5. Poliestireno expandido

Es un material plástico espumado, es usado en el sector de la construcción por su propiedad como aislante térmico y acústico, son totalmente reutilizables, no dañan el medio ambiente y son capaces de reducir la energía hasta en un 40 % (Bustamante y Díaz, 2014).

2.2.6. Unidad de albañilería

Son ladrillos y bloques elaborados a base de arcilla, arena-cal y de concreto, si pueden ser manipulados con una mano se le llama ladrillo, cuando es necesario emplear las dos manos, se clasifican de acuerdo a las perforaciones que tienen; si

no tienen hueco es una unidad sólida o maciza, si el área neta en la cara del asiento es menor a 75 % es una unidad hueca, si las perforaciones se encuentran paralelas a la superficie del asiento es una unidad tubular (Reglamento nacional de edificaciones).

2.2.7. Aislamiento térmico

El aislante térmico se puede asociar a la capacidad que tiene un elemento de controlar la transmisión de energía (calor), esto funciona como una barrera que impide que el calor traspase de un ambiente a otro (Ramírez, 2016).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Agregado fino

Es un conjunto de partículas que se forma a partir de la disgregación de las rocas, pueden ser de origen aluvial o poder producirse artificialmente, su granulometría debe pasar el tamiz 3/8 de pulgada y debe ser retenido por el tamiz número 200, el agregado fino actúa como llenante, es decir su granulometría permite cubrir todos los espacios vacíos que se generen por el agregado grueso, además también ayuda a darle una mejor trabajabilidad al concreto (Bustamante y Díaz, 2014).

2.3.2. Agregado grueso

El agregado grueso se obtiene de la trituración de roca que es retenido en el tamiz número 4, para el concreto generalmente se usa la piedra chancada por ser resistente y durable, estas deben estar libres de partículas alargadas o planas, la cantidad de este tipo de agregado en la mezcla de concreto debe ser de acuerdo al diseño de mezcla establecido ya que si la cantidad es excesiva puede producirse segregación y tener una mala trabajabilidad (Bustamante y Díaz, 2014).

2.3.3. Agregado ligero

El concreto de agregado ligero tiene un peso volumétrico menor debido a los agregados que contiene, los cuales generalmente son porosos y de muy baja densidad, la elaboración del concreto ligero y el concreto convencional son parecidos, no se puede aplicar la misma norma de los agregados como la grava y la arena a los agregados ligeros ya que sus propiedades son diferentes (Paulino y Espino, 2017).

2.3.4. Cemento

El cemento es un material aglomerante, que al entrar en contacto con el agua tiene la propiedad de endurecerse y obtener una buena resistencia a la compresión, el cemento más conocido es el cemento portland, el cual está formado por una mezcla de piedra caliza, arcilla y yeso, se emplea para formar el concreto mezclando arena, grava y agua, para formar un aglomerante como el mortero se mezcla con solo arena y agua (Ramírez, 2016).

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación será experimental porque se manipularán la cantidad de variable independiente; prospectivo, porque los datos serán resultados de los ensayos a realizarse; longitudinal, porque se realizarán varias mediciones de la variable de estudio realizándose comparaciones y analítico, porque el análisis estadístico es bivariado (Supo, 2014).

El nivel de investigación será explicativo porque se buscará explicar el comportamiento de una variable en función a otra, haciendo estudios de causa y efecto.

3.2. Población y/o muestra de estudio

La norma E070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones menciona la cantidad de unidades de albañilería solida necesarias para ser evaluadas en determinados ensayos.

3.2.1. Población

La población del estudio será conformada por las unidades de albañilería solida de 10 cm de alto, 14 cm de ancho y 24 cm de alto, de concreto con poliestireno expandido en el distrito de Tacna, Provincia de Tacna.

3.2.2. Muestra

El muestreo está conformado por 10 unidades de albañilería solida de concreto con poliestireno expandido con un determinado porcentaje adicionado, estas unidades serán evaluadas en los diferentes ensayos mencionados en la norma E070

de albañilería y el ensayo de aislamiento térmico que no se rige bajo ninguna norma técnica, así mismo se realizará muestreo para los porcentajes de 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 % de poliestireno expandido y 10 unidades sin poliestireno expandido en las cuales, principalmente se analizara la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico de dichas muestras.

3.3. Operacionalización de variables

Para poder desarrollar la operacionalización de variables se tomó en cuenta lo planteado en el plan de tesis, tal y como se muestra en la matriz de consistencia, la cual resume el problema, los objetivos, la hipótesis y finalmente las variables, como muestra el anexo.

En la Tabla 1 se identifican las variables y sus indicadores de la tesis propuesta, principalmente la definición operacional que será el criterio con la cual se evaluará las variables.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador
Poliestireno expandido	Son los agentes que influirán en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico en los elementos que son incorporados	Evaluación física y mecánica	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad 0 % • Cantidad 10 % • Cantidad 20 % • Cantidad 30 % • Cantidad 40 % • Cantidad 50 %
Resistencia a la compresión, densidad, y aislamiento térmico	Mediante ensayos de laboratorio se medirá: la carga máxima que soporta un elemento en una determinada área, la relación entre la masa y el volumen toma de temperatura en ambientes distintos.	Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de Mezcla • Relación agua - cemento • Granulometría de Agregados • Peso Unitario

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

Para la recolección de datos a emplear para esta investigación será del tipo de observación y análisis de contenido, que será dividido en 4 etapas, primero por el análisis de materiales, segundo por el cálculo de diseño de mezcla, tercero por los ensayos de calidad para unidades de albañilería solida según la norma E070 del reglamento nacional de edificaciones y finalmente por la evaluación de costos de la adición de poliestireno en el diseño de mezcla.

La Tabla 2 muestra las etapas, técnicas e instrumentos de recolección de datos empleados en nuestra investigación

Tabla 2

Etapas, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Etapas	Técnica	Instrumentos
Análisis De Materiales	Observación y Análisis De Contenido	Normas ASTM y Planillas De Excel
Diseño De Mezcla	Observación y Análisis De Contenido	Método ACI y Panilla De Excel
Ensayos De Calidad Para Unidades De Albañilería Solida	Observación y Análisis De Contenido	Norma E-070 y Planillas De Excel
Evaluación De Costos	Observación y Análisis De Contenido	Hoja de Excel

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Análisis de materiales

Para el desarrollo del diseño de mezcla es necesario antes realizar el análisis de los materiales a emplearse en su cálculo, por lo cual se procederá a realizar los siguientes ensayos de laboratorio

3.5.1.1. Análisis granulométrico por tamizado

Para el desarrollo de este ensayo se empleará la norma ASTM C-136 en el cual contiene las especificaciones técnicas de su realización y además se usará una planilla de Excel en el cual se analizará los resultados.

3.5.1.2. Gravedad específica y absorción de la arena

Para el desarrollo de este ensayo se empleará la norma ASTM C-128 en el cual contiene las especificaciones técnicas de su realización y además se usará una planilla de Excel en el cual se analizará los resultados.

3.5.1.3. Gravedad específica y absorción de la grava

Para el desarrollo de este ensayo se empleará la norma ASTM C-127 en el cual contiene las especificaciones técnicas de su realización y una planilla de Excel en el cual se analizará los resultados.

3.5.1.4. Ensayo de pesos unitarios

Para el desarrollo de este ensayo se empleará la norma ASTM C-29 en el cual contiene las especificaciones técnicas de su realización y además se usará una planilla de Excel en el cual se analizará los resultados

3.5.1.5. Ensayo de humedad natural

Para el desarrollo de este ensayo se empleará la norma ASTM D-2216 en el cual contiene las especificaciones técnicas de su realización y además se usará una planilla de Excel en el cual se analizará los resultados

3.5.1.6. Ensayo del "Cono de Abrams" o "Slump"

Para el desarrollo de este ensayo se empleará la norma NTP 339,035 ó ASTM C-143 en el cual contiene las especificaciones técnicas de su realización y además se usará una planilla de Excel en el cual se analizará los resultados

3.5.2. Diseño de mezcla de concreto

Para el cálculo del diseño de mezcla se empleará el método ACI para un concreto de una resistencia de 140 kg/cm^2 para así asegurar una resistencia superior al mínimo indicado en la norma E-070 para unidades de albañilería solida de concreto y se analizará los resultados obtenidos en una planilla Excel.

3.5.3. Ensayos de calidad para unidades de albañilería solida

En el caso de unidades de albañilería solida de concreto la norma E-070 nos indica que debemos usar como muestra 10 unidades de albañilería a las cuales se les realizara los siguientes ensayos de calidad.

- Ensayo de variabilidad dimensional
- Ensayo de alabeo
- Ensayo de resistencia a la compresión
- Ensayo de absorción.

Para el desarrollo de los ensayos se empleará la norma NTP 399,604 y 399,613 en el cual contiene las especificaciones técnicas de su realización y además se usará una planilla de Excel en el cual se procesarán y analizarán todos los resultados obtenidos.

Adicionalmente se realizará un ensayo no normado para medir el aislamiento térmico de las unidades de albañilería maciza, en el cual usaremos de 6 a 10 bloques de concreto para crear un ambiente cerrado en el cual usaremos un termómetro de temperatura ambiente para medir la temperatura en su interior después de 1 a 10 horas de permanecer aislado en su interior, este ensayo se realizara al aire libre, después lo compararemos con la temperatura ambiente en el exterior en el transcurso de este tiempo y analizaremos los resultados obtenidos.

Finalmente se calculará la densidad promedio de cada muestra de albañilería solida con adición y sin adición de poliestireno expandido.

3.5.4. Evaluación de costos de la adición de poliestireno en el diseño de mezcla

Para la evaluación de costo se tomará registro de todos los gastos en materiales, mano de obra y equipos, empleados en la fabricación y evaluación de las unidades de albañilería solida de concreto con adición y sin adición de poliestireno expandido para poder así evaluar las diferencias que existen entre los diferentes tipos de muestras que se tendrán en la investigación.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Análisis de materiales

A continuación, se detallarán los resultados obtenidos en la etapa de análisis de materiales, de acuerdo a los ensayos antes mencionados y sus respectivas normas.

4.1.1. Análisis granulométrico por tamizado

Una vez realizados los ensayos en base a la norma ASTM C-136, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 3, asimismo, se muestra en la Figura 1 la curva granulométrica, donde se visualiza que los resultados obtenidos no excedan los límites permitidos.

Tabla 3

Análisis granulométrico del agregado fino

Tamices	Abertura	Peso	retenido	retenido	Pasante	Rango de	
Astm	mm	Retenido (g)	Parcial (%)	Acumulado (%)	(%)	Aceptación	
3/8"	9,525	0	0	0	100	-	-
No 4	4,76	21,3	4,31	4,31	95,69	95	100
No 8	2,38	49,1	9,94	14,25	85,75	80	100
No 16	1,19	106,1	21,48	35,74	64,26	50	85
No 30	0,59	98,4	19,92	55,66	44,34	25	60
No 50	0,3	90,6	18,34	74	26	10	30
No 100	0,149	80,6	16,32	90,32	9,68	2	10
No 200	0,074	36,5	7,39	97,71	2,29	0	5
Fondo		11,3	2,29	100	0	-	-
Total		493,9	-	-	-	-	-

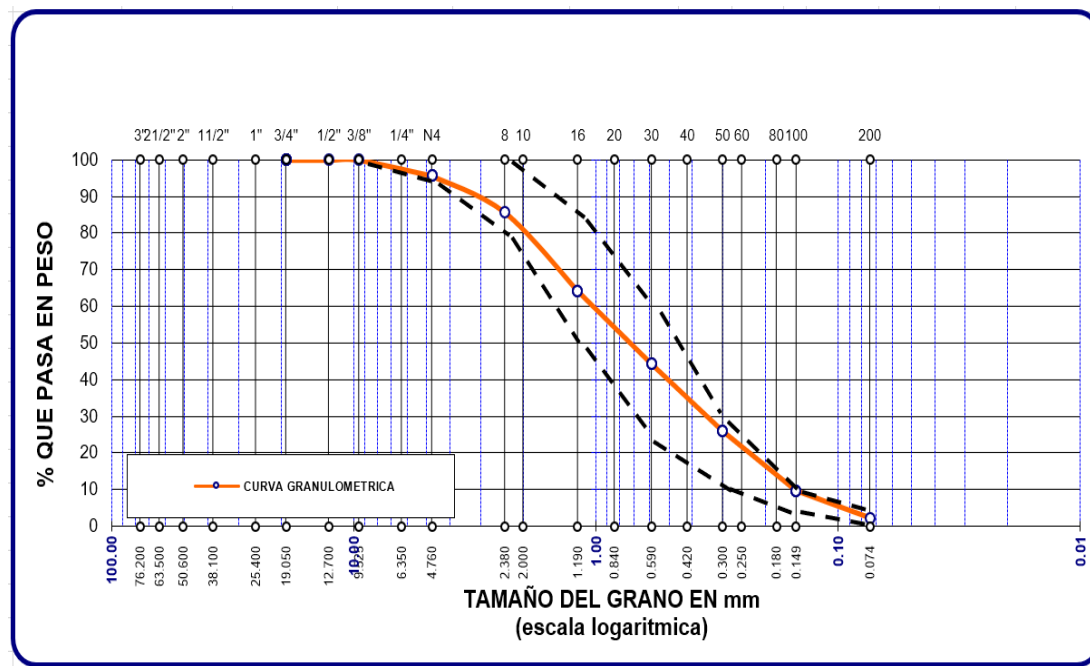
Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

En la Figura 1, se muestran los resultados de los ensayos para el análisis granulométrico para el agregado fino a través de una curva naranja, también se observa líneas negras que muestran el margen mínimo y máximo que debe tener los

agregados ensayados, en base a eso observamos que estamos dentro de los límites establecidos según la norma ASTM C-136.

Figura 1

Curva granulométrica del agregado fino



Nota. Figura tomada del ensayo de laboratorio de la empresa TECOSUR.

Se puede observar en la Tabla 3 que en los resultados del análisis del agregado fino contiene una gradación aceptable según los parámetros de la norma ASTM C-136, de la misma manera se realizó los ensayos para el análisis granulométrico para el agregado grueso, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Análisis granulométrico del agregado grueso

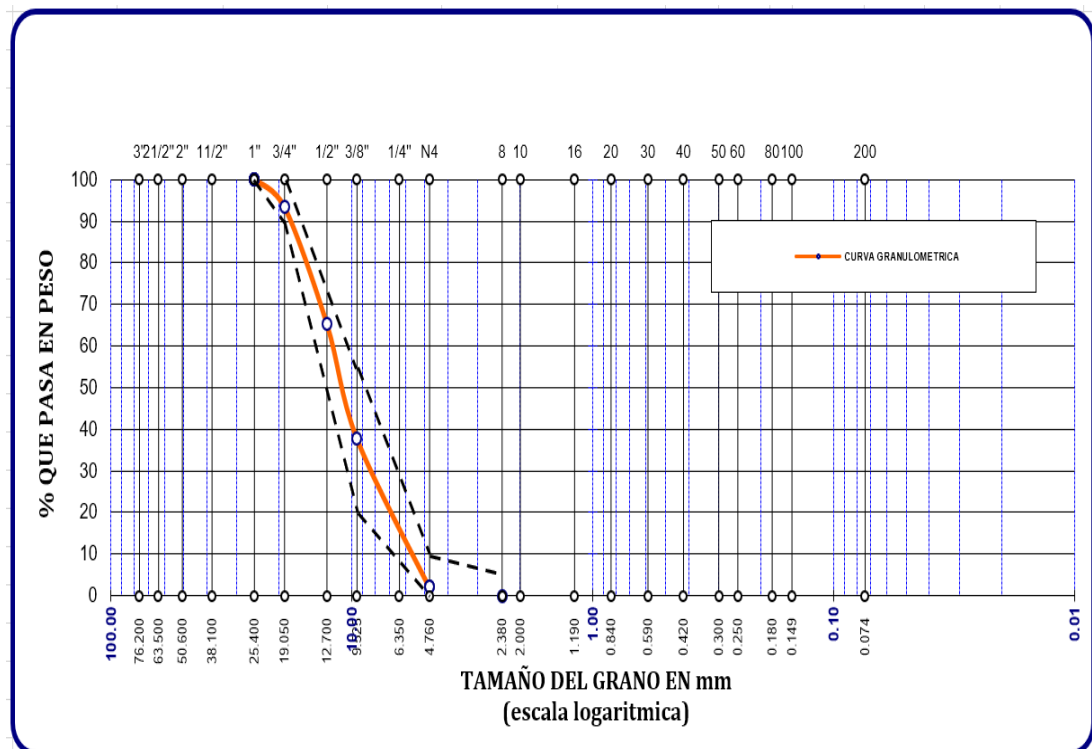
Tamices Astm	Abertura mm	Peso Retenido (g)	retenido Parcial (%)	retenido Acumulado (%)	Pasante (%)	Rango de Aceptación
1"	25,4	0	0	0	100	0 100
3/4"	19,05	310	6,59	6,59	93,41	90 100
1/2"	12,7	1318	28	34,58	65,42	- -
3/8"	9,525	1297	27,55	62,14	37,86	20 55
No 4	4,76	1682,4	35,74	97,88	2,12	0 10
No 8	2,38	100	2,12	100	0	0 5
Total		4707,4	-	-	-	- -

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

En la Figura 2, se muestran los resultados de los ensayos para el análisis granulométrico para el agregado grueso a través de una curva naranja, también se observa líneas negras que muestran el margen mínimo y máximo que debe tener los agregados ensayados, en base a eso observamos que estamos dentro de los límites establecidos según la norma ASTM C-136.

Figura 2

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota. Figura tomada del ensayo de laboratorio de la empresa TECOSUR.

4.1.2. Gravedad específica y absorción de la arena

Se muestra los resultados los ensayos de gravedad específica y absorción de la arena mediante la Tabla 5 y la Tabla 6. Los cuales servirán para calcular el diseño de mezcla para la fabricación de las muestras,

Tabla 5*Cálculo del peso específico de la arena*

Muestra	Unidad	1	2
Peso de la fiola + muestra + Agua	g	757,6	777,9
Peso de la fiola + Agua	g	633,4	653,7
Peso de la muestra (sss)	g	200	200
Volumen desplazado	cm ³	75,8	75,8
Peso <i>específico</i>	g/cm ³	2,638	2,639
Promedio	g/cm ³	2,639	

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

Tabla 6*Cálculo de la absorción de la arena*

Muestra	Unidad	1	2
Peso de la muestra (sss)	g	212,5	211,7
Peso de la muestra seca	g	209,3	208,5
Peso del Agua	g	3,2	3,2
Porcentaje de Absorción	%	1,53	1,55
Promedio	%	1,54	

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

El ensayo fue realizado en base a la norma ASTM C-128 cuyos resultados obtenidos fueron 2,639 gr/cm³ de peso específico como se muestra en la Tabla 5 y 1.54 % de absorción de la arena como se muestra en la Tabla 6.

4.1.3. Gravedad específica y absorción de la grava

Se realizó los ensayos de gravedad específica y absorción de la grava cuyos datos que se muestran en la Tabla 7 y Tabla 8 respectivamente.

Tabla 7*Cálculo del peso específico de la grava*

Muestra	Unidad	1	2
Peso de la muestra en el aire	g.	1095,4	1067,8
Peso de la muestra en el agua	g.	684,2	667,3
Volumen Desplazado	g.	411,2	400,5
Peso específico	cm ³	2,664	2,666
Promedio	g/cm ³	2,665	

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

Tabla 8*Cálculo de la absorción de la grava*

Muestra	Unidad	1	2
Peso de la muestra (sss)	g.	1082,4	1075,1
Peso de la muestra seca	g.	1070,7	1063,8
Peso del Agua	g.	11,7	11,4
Porcentaje de Absorción	%	1,09	1,07
Promedio	%	1,08	

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

El ensayo fue realizado en base a la norma ASTM C-127 cuyos resultados obtenidos fueron $2,665 \text{ gr/cm}^3$ de peso específico como se muestra en la Tabla 7 y 1,08 % de absorción de la arena como se muestra en la Tabla 8.

4.1.4. Ensayo de pesos unitarios

El ensayo fue realizado en base a la norma ASTM C-29 cuyos resultados obtenidos de las Tabla 9 fueron $1,685 \text{ gr/cm}^3$ de PUSS. (Peso unitario seco suelto) y $1,853 \text{ gr/cm}^3$ de PUSC. (Peso unitario seco compactado) para la arena, los resultados obtenidos de la Tabla 10 fueron de $1,384 \text{ gr/cm}^3$ de PUSS. y $1,540 \text{ gr/cm}^3$ de PUSC. para la grava.

Tabla 9*Cálculo del peso unitario suelto y varillado de la arena*

Tipo de muestra	Unidad	S u e l t o			V a r i l l a d o		
Número de muestra	-	1	2	3	1	2	3
Peso del molde + la muestra seca	g.	11169	11600	11575	12339	12876	12516
Peso del molde	g.	5345	5778	5733	5922	6473	6110
Peso de la muestra seca neta	g.	5825	5821	5842	6416	6403	6406
Volumen del molde	cm^3	3459	3459	3459	3459	3459	3459
Peso Unitario	g/cm^3	1,684	1,683	1,689	1,855	1,851	1,852
Promedio	g/cm^3	1,685			1,853		

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

Tabla 10*Cálculo del peso unitario suelto y varillado de la grava*

Tipo de muestra	Unidad	S u e l t o			V a r i l l a d o		
		1	2	3	1	2	3
Número de muestra	-	1	2	3	1	2	3
Peso del molde + la muestra seca	g.	10685	10300	10685	11462	11436	11134
Peso del molde	g.	5898	5523	5891	6198	6044	5807
Peso de la muestra seca neta	g.	4787	4777	4794	5265	5393	5327
Volumen del molde	cm ³	3459	3459	3459	3459	3459	3459
Peso Unitario	g/cm ³	1,384	1,381	1,386	1,522	1,559	1,540
Promedio	g/cm ³		1,384			1,540	

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

4.1.5. Ensayo de humedad natural

El ensayo fue realizado en base a la norma ASTM D-2216 cuyos resultados que se muestran en la tabla 11 fueron de 1,32 % para la arena y 0,98 % para la grava.

Tabla 11*Cálculo de la Humedad de la arena y la grava*

Muestra	Unidad	Agregado fino		Agregado grueso	
Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del recipiente	g.	0	0	0	0
Peso del recipiente + la muestra húmeda	g.	775,4	842,6	1263,1	1322,8
Peso del recipiente + la muestra seca	g.	765,5	831,5	1250,8	1309,8
Peso del Agua	g.	10	11,1	12,3	13
Peso de la muestra seca neta	g.	765,5	831,5	1250,8	1309,8
Porcentaje de humedad	%	1,3	1,33	0,98	0,99
Promedio	%		1,32		0,98

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

4.1.6. Ensayo del "Cono de Abrams" o "Slump"

El objetivo de este ensayo es definir la consistencia de la mezcla por el asentamiento, el asentamiento es un índice de la consistencia del concreto y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 12, esto quiere decir que el slump se encuentra dentro del rango de diseño planteados al inicio, no debe ser menor que 7,62 cm y no exceder los 10,16 cm.

Tabla 12

Slump obtenido de las diferentes muestras con poliestireno expandido

Muestra	Slump (cm)
Muestra con 10 % de P.E.	8,89
Muestra con 20 % de P.E.	8,64
Muestra con 30 % de P.E.	8,64
Muestra con 40 % de P.E.	8,38
Muestra con 50 % de P.E.	8,.8
Muestra sin P.E.	9,14

Nota. P.E. = Poliestireno expandido. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

4.2. Diseño de mezcla de concreto

Para el cálculo de diseño de mezcla se empleó el método del instituto americano del concreto o ACI (American Concrete Institute) por sus siglas en inglés, en el cual se emplearon los datos que se muestran en la Tabla 13, el cual mencionan el resumen de las propiedades de los materiales obtenidos resultado de los ensayos elaborados por en este tesis.

Tabla 13

Propiedades de los materiales

Descripción	Unidad	Ag. Fino	Ag. Grueso	Cemento Tipo IP	Poliestireno Expandido
Peso unitario suelto	g/cm ³	1,685	1,384	-	-
Peso unitario compactado	g/cm ³	1,853	1,54	-	-
Peso específico	g/cm ³	2,638	2,665	2,86	0,01
Módulo de fineza	-	2,7	-	-	-
Tamaño máximo nominal	mm	19,05	-	-	-
Absorción	%	1,54	1,08	-	4
Humedad	%	1,32	0,98	-	-

4.2.1. Cálculo de diseño de mezcla sin poliestireno expandido

Se procedió a realizar el cálculo del diseño de mezcla sin poliestireno expandido en base al método del Instituto Americano del Concreto o ACI por sus siglas en inglés.

4.2.1.1. Cálculo de la resistencia a la compresión requerida

Para el cálculo de la resistencia a la compresión requerida se empleó la ecuación (1).

$$f'_{cr} = f'_c + 70 \quad (1)$$

Donde:

f'_{cr} = Resistencia a la compresión requerida.

f'_c = Resistencia a la compresión planteada.

Entonces empleando la ecuación (1) para una resistencia planteada de 140 f'_c obtenemos el siguiente resultado.

$$f'_{cr} = 140 + 70 = 210 \frac{kg}{cm^2}$$

4.2.1.2. Contenido de agua

Para obtener el contenido de agua de diseño se empleó la Tabla 14, teniendo en cuenta lo siguiente

- Slump= 3 “ a 4 “
- Sin contenido de aire
- Tamaño máximo nominal = $\frac{3}{4}$ ”

Tabla 14

Cantidades aproximadas de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño nominal máximo del agregado

Concretos sin aire incorporado								
Asentamiento	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2 "	2 "	3 "	6 "
1 " a 2 "	207	199	190	179	166	154	130	113
3 " a 4 "	228	216	205	193	181	169	145	124
6 " a 7 "	243	228	216	202	190	178	160	-
Contenido de Aire atrapado (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Concretos con aire incorporado								
Asentamiento	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2 "	2 "	3 "	6 "
1 " a 2 "	181	175	168	160	150	142	122	107
3 " a 4 "	202	193	184	175	165	157	133	119
6 " a 7 "	216	205	197	184	174	166	154	-
Contenido total de Aire (%)	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3

Nota. Tomada y adaptada del comité 211 del ACI.

El contenido de agua, teniendo en cuenta los parámetros antes mencionados es de 205 litros.

4.2.1.3. Relación agua – cemento

Para obtener la relación agua-cemento se empleó la Tabla 15, considerando que el $f'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 15

Relación Agua/Cemento

f'_{cr} (kg /cm ²)	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0,38	-
400	0,43	-
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,70	0,61
150	0,80	0,71

Nota. Tomada y adaptada del comité 211 del ACI.

Como el valor de nuestro f'_{cr} se encuentra entre los valores de 200 y 250 kg/cm^2 , se realizó la siguiente interpolación para obtener el valor de la relación agua cemento para un f'_{cr} de 210 kg/cm^2 .

$$\begin{array}{ll} 200 & 0,70 \\ 210 & x \\ 250 & 0,62 \end{array} \quad \frac{200-210}{200-250} = \frac{0,70-x}{0,70-0,62} \Rightarrow x = 0,68$$

$$\frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}} = 0,684$$

4.2.1.4. Contenido de cemento

Aplicando la relación agua-cemento se procedió a reemplazar los valores obtenidos y despejar los datos que deseamos obtener.

$$\frac{205}{\text{Cemento}} = 0,684 \Rightarrow \text{Cemento} = 299,71 \text{ kg}$$

$$\text{Bolsas de Cemento} = \frac{277,78}{42,5} = 7,05 \text{ bls}$$

4.2.1.5. Peso del agregado grueso

Para obtener el peso del agregado grueso se empleó la ecuación (2), pero para eso se necesitó obtener el peso del agregado grueso por unidad de volumen $\left(\frac{b}{bo}\right)$, para lo cual se empleó la Tabla 16, considerando un tamaño máximo nominal del agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " y un módulo de fineza del agregado fino de 2,7.

$$\text{Peso agregado grueso} = \frac{b}{bo} * \text{PUSC} \quad (2)$$

Tabla 16*Peso del agregado grueso por unidad de volumen*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso/Modulo de fineza del agregado fino	2,40	2,60	2,80	3,00
3 / 8 "	0,50	0,46	0,46	0,44
1 / 2 "	0,59	0,57	0,55	0,53
3 / 4 "	0,66	0,64	0,62	0,60
1 "	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2 "	0,75	0,73	0,71	0,69
2 "	0,78	0,76	0,74	0,72
3 "	0,82	0,80	0,78	0,76
6 "	0,87	0,85	0,83	0,81

Nota. Tomada y adaptada del comité 211 del ACI.

Para obtener el valor de $\frac{b}{b_0}$ se interpolo de la siguiente manera.

$$\begin{array}{ccc} 2,8 & 0,62 \\ 2,7 & X \\ 2,6 & 0,64 \end{array} \Rightarrow \frac{2,8-2,7}{2,8-2,6} = \frac{0,62-x}{0,62-0,64} \Rightarrow x = 0,63$$

Aplicando la ecuación (2) se obtuvo el siguiente resultado.

$$\text{Peso agregado grueso} = 0,63 * 1540 = 970,20 \text{ kg}$$

4.2.1.6. Volúmenes absolutos

Para el cálculo de los volúmenes absolutos, se empleó la ecuación (3) para todos los materiales que conformaran la mezcla de concreto.

$$\text{volumen} = \frac{\text{Peso}}{\text{Peso específico}} \quad (3)$$

Entonces obtuvimos lo siguiente.

$$\text{Cemento} = \frac{299,71}{2860} = 0,105 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{205}{1000} = 0,205 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = \frac{970,2}{2665} = 0,364 \text{ m}^3$$

Se considero 2 % de aire atrapado

$$\text{aire} = 0,02$$

La sumatoria de los volúmenes absolutos de cemento, agua, agregado grueso y aire fue de $0,694 \text{ m}^3$.

La sumatoria de todos los volúmenes absolutos es igual a 1 por lo cual para obtener el volumen de agregado fino se realizó la siguiente operación.

$$\text{Vol a. fino} = 1 - 0,694 = 0,306 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso agregado fino} = 0,306 * 2638 = 807,64 \text{ kg}$$

4.2.1.7. Diseño de mezcla seco

Los valores obtenidos para un diseño de mezcla en seco fueron los siguientes.

$$\text{Cemento} = 299,71 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ L}$$

$$\text{agregado grueso} = 970,20 \text{ kg}$$

$$\text{agregado fino} = 807,64 \text{ kg}$$

4.2.1.8. Corrección por humedad y aporte de agua a la mezcla

Debido a que el agregado fino y grueso contienen una humedad natural se corrigió el peso de los agregados que se emplearon en el diseño de mezcla.

$$\text{agregado grueso} = 970,20 * \left(\frac{0,98}{100} + 1 \right) = 979,71 \text{ kg}$$

$$\text{agregado fino} = 807,64 * \left(\frac{1,32}{100} + 1 \right) = 818,30 \text{ kg}$$

Debido a la humedad y absorción de los agregados, se tuvo que calcular el aporte de agua o agua efectiva en el diseño de mezcla.

$$\text{agua efectiva} = 205 - \left(\left(\frac{(1,32 - 1,54) * 979,71}{100} \right) + \left(\frac{(0,98 - 1,08) * 818,30}{100} \right) \right)$$

$$\text{agua efectiva} = 207,78 \text{ L}$$

4.2.1.9. Presentación del diseño de mezcla

En la tabla 17 se aprecia la cantidad de kilogramos y metros cúbicos que se empleó para 1 metro cubico de concreto sin poliestireno expandido, y en la tabla 18 se muestra la dosificación en peso, volumen y por tanda de bolsa de cemento de nuestro diseño de mezcla calculado.

Tabla 17

Diseño de mezcla sin poliestireno expandido

Materiales	Peso (kg)	Volumen (m³)
Agua	207,78	0,208
Cemento	299,71	0,105
Ag. Grueso	979,71	0,368
Ag. Fino	818,3	0,31

Tabla 18

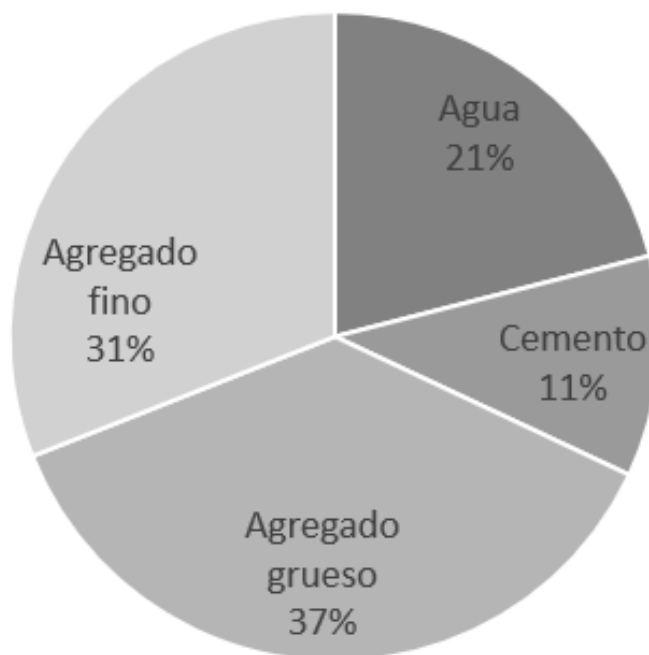
Dosificaciones del diseño de mezcla sin poliestireno expandido

Dosificación	Cemento	Arena	Piedra	Agua
En peso	1	2,73	3,27	0,69
En volumen	1	2,96	3,51	1,98
Tanda 1 bolsa de cemento (kg)	42,5	116,03	138,98	29,33

En la figura 3 se observa la participación en porcentaje de los elementos que conforman el diseño de mezcla calculado sin poliestireno expandido.

Figura 3

Participación porcentual de los elementos de la mezcla de concreto $f'c$ 140 kg/cm²



4.2.2. Cálculo de diseño de mezcla con poliestireno expandido

Habiendo calculado el diseño de mezcla sin poliestireno expandido, para la investigación se procedió a recalcularlo reemplazando el agregado fino en diferentes proporciones.

4.2.2.1. Reemplazando 10 % del agregado fino

El diseño de mezcla con adición del 10 % de poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino, se calculó de la siguiente manera.

A. Calculamos el volumen y peso del poliestireno expandido

Para poder proporcionar adecuadamente las cantidades de materiales, debemos considerar el volumen que estos ocuparan. Por lo tanto, reemplazamos el 10 % del volumen absoluto del agregado fino para proceder a calcular así el peso de poliestireno expandido en la mezcla en seco.

$$\text{Volumen de poliestireno expandido} = 0,306 \text{ m}^3 * 0,10 = 0,031 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de poliestireno expandido} = 0,031 \text{ m}^3 * 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,31 \text{ kg}$$

B. Cálculo del diseño de mezcla en seco

Se procedió a calcular el volumen y peso del agregado Fino en la nueva mezcla de concreto debido a la inclusión de poliestireno expandido.

$$\text{Volumen de agregado Fino} = 0,306 \text{ m}^3 - 0,031 \text{ m}^3 = 0,276 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de agregado Fino} = 0,276 \text{ m}^3 * 2638 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 726,88 \text{ kg}$$

Entonces tenemos que el diseño de mezcla en seco es el siguiente

$$\text{Cemento} = 299,70 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ L}$$

$$\text{Agregado grueso} = 970,20 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 726,88 \text{ kg}$$

$$\text{Poliestireno Expandido} = 0,31 \text{ kg}$$

C. Corrección por humedad y aporte de agua a la mezcla

Como se explicó en el cálculo de diseño de mezcla sin poliestireno expandido, se realizó la corrección de los agregados por humedad natural y agua efectiva.

$$\text{Agregado grueso} = 970,20 * \left(\frac{0,98}{100} + 1 \right) = 979,71 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 776,88 * \left(\frac{1,32}{100} + 1 \right) = 736,47 \text{ kg}$$

agua efectiva = 205

$$- \left(\left(\frac{(1,32 - 1,54) * 979,71}{100} \right) + \left(\frac{(0,98 - 1,08) * 736,47}{100} \right) + \frac{(0 - 4) * 0,31}{100} \right) = 207,61 \text{ L}$$

D. Presentación del diseño de mezcla

En la tabla 19 se aprecia la cantidad de kilogramos y metros cúbicos que se empleó para 1 metro cubico de concreto con 10 % de poliestireno expandido, y en la tabla 20 se muestra la dosificación en peso, volumen y por tanda de bolsa de cemento de nuestro diseño de mezcla calculado.

Tabla 19

Diseño de mezcla con adición del 10 % de poliestireno expandido

Materiales	Peso (kg)	Volumen (m³)
Agua	207,61	0,208
Cemento	299,7	0,105
Poliestireno expandido	0,31	0,031
Agregado Grueso	979,71	0,368
Agregado Fino	736,47	0,279

Tabla 20

Dosificaciones del diseño de mezcla con 10 % de poliestireno expandido

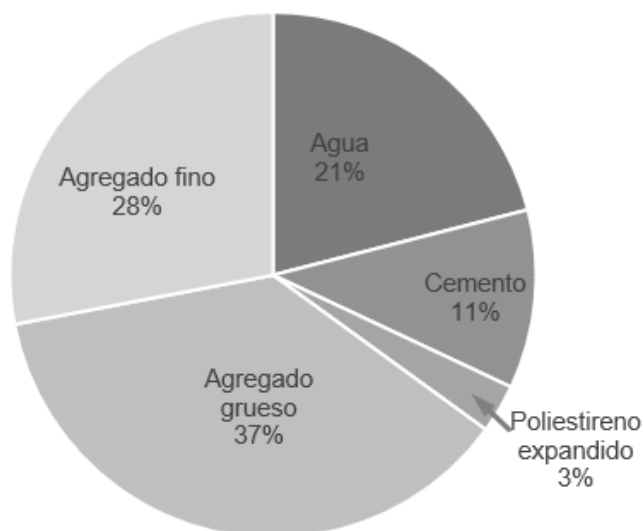
Dosificación	Cemento	Arena	Piedra	Agua	P.e.
En peso	1	2,46	3,27	0,69	0
En volumen	1	2,66	3,51	1,98	0,29
Tanda 1 bolsa de cemento (kg)	42,50	104,55	138,98	29,33	0,04

Nota. P.e. = Poliestireno expandido.

En la figura 4 se observa la participación en porcentaje de los elementos que conforman el diseño de mezcla calculado con 10 % poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino.

Figura 4

Participación porcentual de los elementos de la mezcla de concreto con 10 % de poliestireno expandido



4.2.2.2. Reemplazando 20 % del agregado fino

El diseño de mezcla con adición del 20 % de poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino, se calculó de la siguiente manera.

A. Calculamos el volumen y peso del poliestireno expandido

Para poder proporcionar adecuadamente las cantidades de materiales, debemos considerar el volumen que estos ocuparan. Por lo tanto, reemplazaremos el 20 % del volumen absoluto del agregado fino para proceder a calcular así el peso de poliestireno expandido que usaremos en la mezcla en seco.

$$\text{Volumen de poliestireno expandido} = 0,306 \text{ m}^3 * 0,20 = 0,061 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de poliestireno expandido} = 0,061 \text{ m}^3 * 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,61 \text{ kg}$$

B. Cálculo del diseño de mezcla en seco

Se procedió primero a calcular el volumen y peso del agregado fino en la nueva mezcla de concreto debido a la inclusión de poliestireno expandido.

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0,306 \text{ m}^3 - 0,061 \text{ m}^3 = 0,245 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de Agregado fino} = 0,245 \text{ m}^3 * 2638 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 646,11 \text{ kg}$$

Entonces tenemos que el diseño de mezcla en seco es el siguiente

$$\text{Cemento} = 299,70 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ L}$$

$$\text{Agregado grueso} = 970,20 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 646,11 \text{ kg}$$

$$\text{Poliestireno expandido} = 0,61 \text{ kg}$$

C. Corrección por humedad y aporte de agua a la mezcla

Como se explicó en el cálculo de diseño de mezcla sin poliestireno expandido, se realizó la corrección de los agregados por humedad natural y agua efectiva

$$\text{agregado grueso} = 970,20 * \left(\frac{0,98}{100} + 1 \right) = 979,71 \text{ kg}$$

$$\text{agregado fino} = 646,11 * \left(\frac{1,32}{100} + 1 \right) = 654,64 \text{ kg}$$

agua efectiva = 205

$$- \left(\left(\frac{(1,32 - 1,54) * 979,71}{100} \right) + \left(\frac{(0,98 - 1,08) * 654,64}{100} \right) + \frac{(0 - 4) * 0,61}{100} \right) = 207,44 \text{ L}$$

D. Presentación del diseño de mezcla

En la Tabla 21 se aprecia la cantidad de kilogramos y metros cúbicos que se empleó para 1 metro cubico de concreto con 20 % de poliestireno expandido, y en la Tabla 22 se muestra la dosificación en peso, volumen y por tanda de bolsa de cemento de nuestro diseño de mezcla calculado.

Tabla 21

Diseño de mezcla con adición del 20 % de poliestireno expandido

Materiales	Peso (kg)	Volumen (m³)
Agua	207,44	0,207
Cemento	299,7	0,105
Poliestireno expandido	0,61	0,061
Agregado Grueso	979,71	0,368
Agregado Fino	654,64	0,248

Tabla 22

Dosificaciones del diseño de mezcla con 20 % de poliestireno expandido

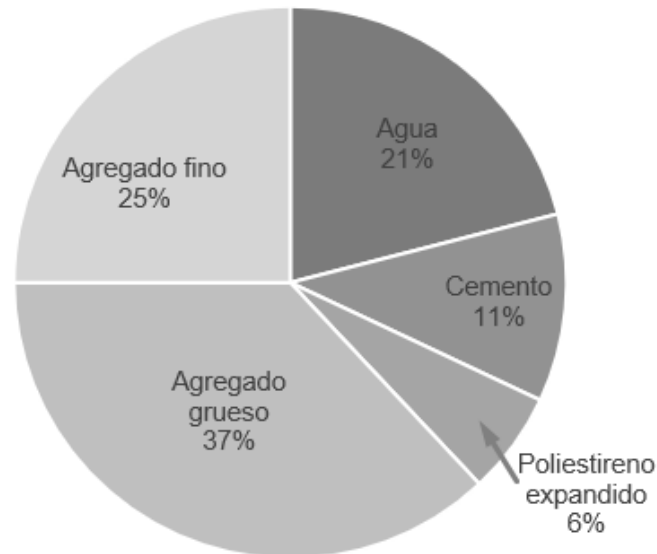
Dosificación	Cemento	Arena	Piedra	Agua	P.e.
En peso	1	2,18	3,27	0,69	0,00
En volumen	1	2,37	3,51	1,98	0,58
Tanda 1 bolsa de cemento (kg)	42,5	92,65	138,98	29,33	0,09

Nota. P.e. = Poliestireno expandido.

En la figura 5 se observa la participación en porcentaje de los elementos que conforman el diseño de mezcla calculado con 20 % poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino.

Figura 5

Participación porcentual de los elementos de la mezcla de concreto con 20 % de poliestireno expandido

**4.2.2.3. Reemplazando 30 % del agregado fino**

El diseño de mezcla con adición del 30 % de poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino, se calculó de la siguiente manera.

A. Calculamos el volumen y peso del poliestireno expandido

Para poder proporcionar adecuadamente las cantidades de materiales, debemos considerar el volumen que estos ocuparan. Por lo tanto, reemplazaremos el 30% del volumen absoluto del agregado fino para proceder a calcular así el peso de poliestireno expandido que usaremos en la mezcla en seco.

$$\text{Volumen de poliestireno expandido} = 0,306 \text{ m}^3 * 0,30 = 0,092 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de poliestireno expandido} = 0,092 \text{ m}^3 * 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,92 \text{ kg}$$

B. Cálculo del diseño de mezcla en seco

Se procedió a calcular el volumen y peso del agregado Fino en la nueva mezcla de concreto debido a la inclusión de poliestireno expandido

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0,306 \text{ m}^3 - 0,092 \text{ m}^3 = 0,214 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de agregado fino} = 0,214 \text{ m}^3 * 2638 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 565,35 \text{ kg}$$

Entonces tenemos que el diseño de mezcla en seco es el siguiente

$$\text{Cemento} = 299,70 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ L}$$

$$\text{Agregado grueso} = 970,20 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 565,35 \text{ kg}$$

$$\text{Poliestireno Expandido} = 0,92 \text{ kg}$$

C. Corrección por humedad y aporte de agua a la mezcla

Como se explicó en el cálculo de diseño de mezcla sin poliestireno expandido, se realizó la corrección de los agregados por humedad natural y agua efectiva

$$\text{Agregado grueso} = 970,20 * \left(\frac{0,98}{100} + 1 \right) = 979,71 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 565,35 * \left(\frac{1,32}{100} + 1 \right) = 572,81 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 205$$

$$\begin{aligned} & - \left(\left(\frac{(1,32 - 1,54) * 979,71}{100} \right) + \left(\frac{(0,98 - 1,08) * 572,81}{100} \right) \right) \\ & + \left(\frac{(0 - 4) * 0,92}{100} \right) = 207,28 \text{ L} \end{aligned}$$

D. Presentación del diseño de mezcla

En la tabla 23 se aprecia la cantidad de kilogramos y metros cúbicos que se empleó para 1 metro cubico de concreto con 30 % de poliestireno expandido, y en la tabla 24 se muestra la dosificación en peso, volumen y por tanda de bolsa de cemento de nuestro diseño de mezcla calculado.

Tabla 23

Diseño de mezcla con adición del 30 % de poliestireno expandido

Materiales	Peso (kg)	Volumen (m³)
Agua	207,28	0,207
Cemento	299,7	0,105
Poliestireno expandido	0,92	0,092
Agregado Grueso	979,71	0,368
Agregado Fino	572,81	0,217

Tabla 24

Dosificaciones del diseño de mezcla con 30 % de poliestireno expandido

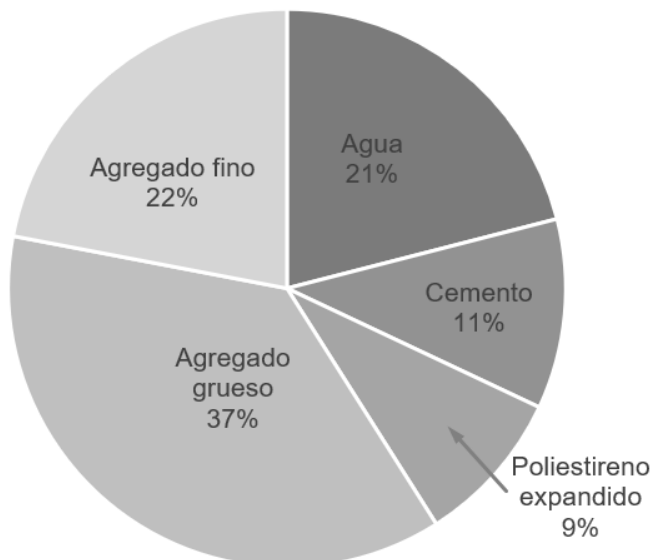
Dosificación	Cemento	Arena	Piedra	Agua	P.e.
En peso	1	1,91	3,27	0,69	0
En volumen	1	2,07	3,51	1,98	0,88
Tanda 1 bolsa de cemento (kg)	42,5	81,18	138,98	29,33	0,13

Nota. P.e. = Poliestireno expandido.

En la figura 6 se observa la participación en porcentaje de los elementos que conforman el diseño de mezcla calculado con 30 % poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino.

Figura 6

Participación porcentual de los elementos de la mezcla de concreto con 30 % de poliestireno expandido



4.2.2.4. Reemplazando 40 % del agregado fino

El diseño de mezcla con adición del 40 % de poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino, se calculó de la siguiente manera.

A. Calculamos el volumen y peso del poliestireno expandido

Para poder proporcionar adecuadamente las cantidades de materiales, debemos considerar el volumen que estos ocuparan. Por lo tanto, reemplazaremos el 40 % del volumen absoluto del agregado fino para proceder a calcular así el peso de poliestireno expandido que usaremos en la mezcla en seco.

$$\text{Volumen de poliestireno expandido} = 0,306 \text{ m}^3 * 0,40 = 0,122 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de poliestireno expandido} = 0,122 \text{ m}^3 * 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,22 \text{ kg}$$

B. Cálculo del diseño de mezcla en seco

Se procedió a calcular el volumen y peso del agregado fino en la nueva mezcla de concreto debido a la inclusión de poliestireno expandido.

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0,306 \text{ m}^3 - 0,122 \text{ m}^3 = 0,184 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de agregado fino} = 0,184 \text{ m}^3 * 2638 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 484,59 \text{ kg}$$

Entonces tenemos que el diseño de mezcla en seco es el siguiente

$$\text{Cemento} = 299,70 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ L}$$

$$\text{Agregado grueso} = 970,20 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 484,59 \text{ kg}$$

$$\text{Polietireno Expandido} = 1,22 \text{ kg}$$

C. Corrección por humedad y aporte de agua a la mezcla

Como se explicó en el cálculo de diseño de mezcla sin poliestireno expandido, se realizó la corrección de los agregados por humedad natural y agua efectiva

$$\text{Agregado grueso} = 970,20 * \left(\frac{0,98}{100} + 1 \right) = 979,71 \text{ kg}$$

$$\text{agregado fino} = 484,59 * \left(\frac{1,32}{100} + 1 \right) = 490,98 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 205$$

$$\begin{aligned} & - \left(\left(\frac{(1,32 - 1,54) * 979,71}{100} \right) + \left(\frac{(0,98 - 1,08) * 490,98}{100} \right) \right) \\ & + \left(\frac{(0 - 4) * 1,22}{100} \right) = 207,11 \text{ L} \end{aligned}$$

D. Presentación del diseño de mezcla

En la tabla 25 se aprecia la cantidad de kilogramos y metros cúbicos que se empleó para 1 metro cubico de concreto con 40 % de poliestireno expandido, y en la tabla 26 se muestra la dosificación en peso, volumen y por tanda de bolsa de cemento de nuestro diseño de mezcla calculado.

Tabla 25

Diseño de mezcla con adición del 40 % de poliestireno expandido

Materiales	Peso (kg)	Volumen (m³)
Agua	207,11	0,207
Cemento	299,7	0,105
Poliestireno expandido	1,22	0,122
Agregado Grueso	979,71	0,368
Agregado Fino	490,98	0,186

Tabla 26

Dosificaciones del diseño de mezcla con 40 % de poliestireno expandido

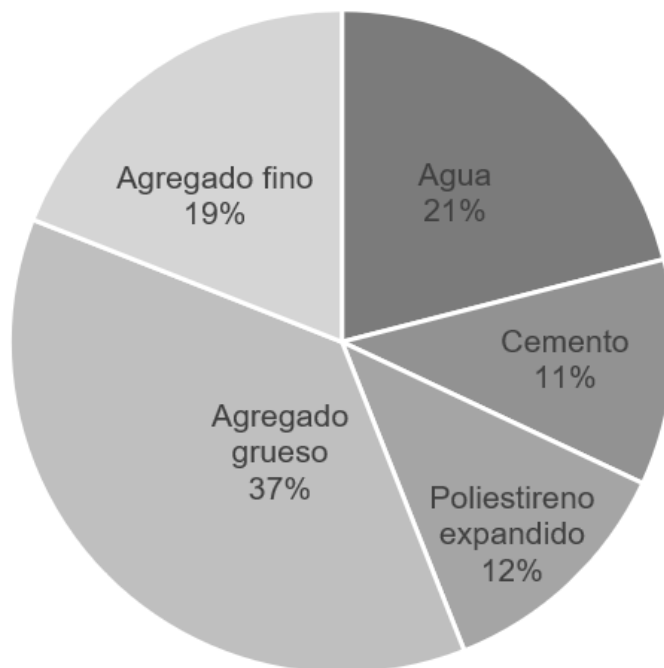
Dosificación	Cemento	Arena	Piedra	Agua	P.e.
En peso	1	1,64	3,27	0,69	0,00
En volumen	1	1,78	3,51	1,98	1,17
Tanda 1 bolsa de cemento (kg)	42,5	69,7	138,98	29,33	0,17

Nota. P.e. = Poliestireno expandido.

En la figura 7 se observa la participación en porcentaje de los elementos que conforman el diseño de mezcla calculado con 40 % poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino.

Figura 7

Participación porcentual de los elementos de la mezcla de concreto con 40 % de poliestireno expandido



4.2.2.5. Reemplazando 50 % del agregado fino

El diseño de mezcla con adición del 50 % de poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino, se calculó de la siguiente manera.

A. Calculamos el volumen y peso del poliestireno expandido

Para poder proporcionar adecuadamente las cantidades de materiales, debemos considerar el volumen que estos ocuparan. Por lo tanto, reemplazaremos el 50 % del volumen absoluto del agregado fino para proceder a calcular así el peso de poliestireno expandido que usaremos en la mezcla en seco.

$$\text{Volumen de poliestireno expandido} = 0,306 \text{ m}^3 * 0,50 = 0,153 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de poliestireno expandido} = 0,153 \text{ m}^3 * 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,53 \text{ kg}$$

B. Cálculo del diseño de mezcla en seco

Se procedió a calcular el volumen y peso del agregado Fino en la nueva mezcla de concreto debido a la inclusión de poliestireno expandido.

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0,306 \text{ m}^3 - 0,153 \text{ m}^3 = 0,153 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de agregado fino} = 0,153 \text{ m}^3 * 2638 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 403,82 \text{ kg}$$

Entonces tenemos que el diseño de mezcla en seco es el siguiente

$$\text{Cemento} = 299,70 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ L}$$

$$\text{ag. grueso} = 970,20 \text{ kg}$$

$$\text{ag. fino} = 403,82 \text{ kg}$$

$$\text{Polietireno Expandido} = 1,53 \text{ kg}$$

C. Corrección por humedad y aporte de agua a la mezcla

Como se explicó en el cálculo de diseño de mezcla sin poliestireno expandido, se realizó la corrección de los agregados por humedad natural y agua efectiva

$$\text{Agregado grueso} = 970,20 * \left(\frac{0,98}{100} + 1 \right) = 979,71 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 403,82 * \left(\frac{1,32}{100} + 1 \right) = 409,15 \text{ kg}$$

Agua efectiva = 205

$$- \left(\left(\frac{(1,32 - 1,54) * 979,71}{100} \right) + \left(\frac{(0,98 - 1,08) * 409,15}{100} \right) + \frac{(0 - 4) * 1,53}{100} \right) = 206,94 \text{ L}$$

D. Presentación del diseño de mezcla

En la tabla 27 se aprecia la cantidad de kilogramos y metros cúbicos que se empleó para 1 metro cubico de concreto con 50 % de poliestireno expandido, y en la tabla 28 se muestra la dosificación en peso, volumen y por tanda de bolsa de cemento de nuestro diseño de mezcla calculado.

Tabla 27

Diseño de mezcla con adición del 50 % de poliestireno expandido

Materiales	Peso (kg)	Volumen (m³)
Agua	206,94	0,207
Cemento	299,7	0,105
Poliestireno expandido	1,53	0,153
Agregado Grueso	979,71	0,368
Agregado Fino	409,15	0,155

Tabla 28

Dosificaciones del diseño de mezcla con 50 % de poliestireno expandido

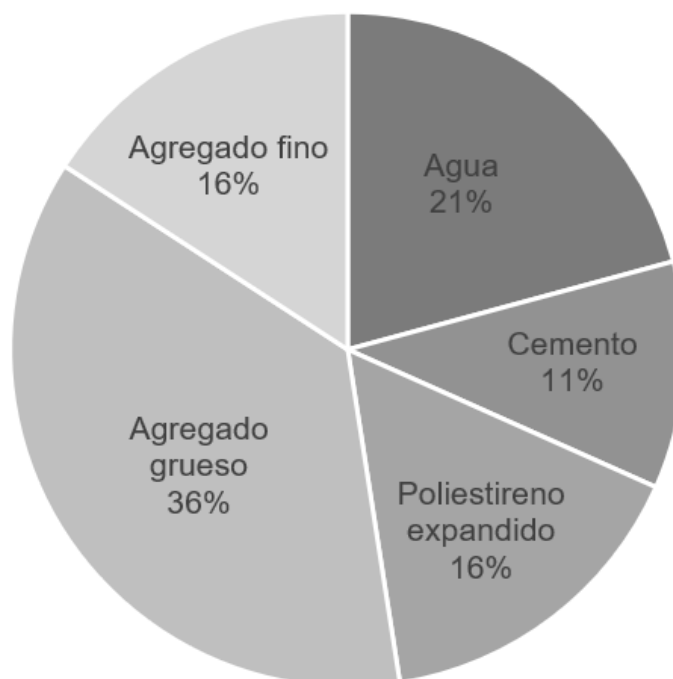
Dosificación	Cemento	Arena	Piedra	Agua	P.e.
En peso	1	1,37	3,27	0,69	0,01
En volumen	1	1,48	3,51	1,97	1,46
Tanda 1 bolsa de cemento (kg)	42,5	58,23	138,98	29,33	0,22

Nota. P.e. = Poliestireno expandido.

En la figura 8 se observa la participación en porcentaje de los elementos que conforman el diseño de mezcla calculado con 50 % poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino.

Figura 8

Participación porcentual de los elementos de la mezcla de concreto con 50 % de poliestireno expandido



4.3. Ensayos de calidad para unidades de albañilería

Se realizó los ensayos de calidad para unidades de albañilería de concreto en base a la norma técnica E-070 del Reglamento nacional de edificación (RNE). Además, se realizó un ensayo no normado para medir el aislamiento térmico en las unidades de albañilería.

4.3.1. Ensayo de variabilidad dimensional

La tabla 29 muestra el resumen de los resultados obtenidos en el ensayo de variabilidad dimensional realizado a las unidades de albañilería de concreto.

Tabla 29*Resumen de resultados del ensayo de variabilidad dimensional*

Descripción	Promedio	Promedio	Promedio
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
Muestra con 0 % P.E.	24	14	10,1
Muestra con 10 % P.E.	24	14	10
Muestra con 20 % P.E.	24	14	10
Muestra con 30 % P.E.	24	14	10
Muestra con 40 % P.E.	24	14	10
Muestra con 50 % P.E.	24	14	10

Nota. P.E. = Poliestireno expandido. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

El ensayo fue realizado en base a la norma NTP 399,604 y 399,613 en el cual los resultados promedios obtenidos mostrados en la tabla 29 son aceptables en base al diseño de dimensiones planteado al inicio de la investigación y según las medidas máximas y mínimas especificadas en la Norma E-070 Albañilería del RNE.

4.3.2. Ensayo de alabeo

La tabla 30 muestra el resumen de los resultados obtenidos en el ensayo de alabeo realizado a las unidades de albañilería de concreto.

Tabla 30*Resumen de resultados del ensayo de alabeo*

Descripción	Cara 1	Cara 2
	Concavidad Promedio (cm)	Convexo promedio (cm)
Muestra con 0 % P.E.	0,00	0,02
Muestra con 10 % P.E.	0,03	0,02
Muestra con 20 % P.E.	0,02	0,01
Muestra con 30 % P.E.	0,02	0,02
Muestra con 40 % P.E.	0,01	0,00
Muestra con 50 % P.E.	0,01	0,01

Nota. P.E. = Poliestireno expandido. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

El ensayo fue realizado en base a la norma NTP 399,604 y 399,613 en el cual los resultados promedios mostrados en la tabla 30 obtenidos son aceptables y no exceden los 4 mm (0,4 cm) que estipula la norma E-070 de albañilería.

4.3.3. Ensayo de resistencia a la compresión

La tabla 31 muestra el resumen de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión realizado a las unidades de albañilería de concreto.

Tabla 31

Resumen de resultados del ensayo de resistencia a la compresión

Descripción	Lectura Promedio (Kg-f)	f'_b Promedio $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$
Muestra con 0 % P.E.	51122,6	152,15
Muestra con 10 % P.E.	49322,0	146,29
Muestra con 20 % P.E.	47556,2	141,25
Muestra con 30 % P.E.	45292,8	135,10
Muestra con 40 % P.E.	40582,6	121,30
Muestra con 50 % P.E.	34338,2	102,34

Nota. P.E. = Poliestireno expandido. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

El ensayo fue realizado en base a la norma NTP 399,604 y 399,613 en el cual los resultados promedios obtenidos en la tabla 31 superan los $50 \frac{kg}{cm^2}$, el cual es el mínimo aceptable para unidades de albañilería de concreto en muros portantes según la norma E-070 Albañilería del RNE.

4.3.4. Ensayo de absorción

La tabla 32 muestra el resumen de los resultados obtenidos en el ensayo de absorción realizado a las unidades de albañilería de concreto.

Tabla 32*Resumen de resultados del ensayo de absorción*

Descripción	% Absorción Promedio
Muestra con 0 % P.E.	3,96
Muestra con 10 % P.E.	4,08
Muestra con 20 % P.E.	4,52
Muestra con 30 % P.E.	5,00
Muestra con 40 % P.E.	5,67
Muestra con 50 % P.E.	6,32

Nota. P.E. = Poliestireno expandido. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

El ensayo fue realizado en base a la norma NTP 399,604 y 399,613 en el cual los resultados promedios obtenidos en la tabla 32 no superan el 12 % de absorción por lo cual este resultado es aceptable según la norma E-070 de Albañilería del RNE para el uso de bloques de concreto portante.

4.3.5. Medición del aislamiento térmico

La tabla 33 muestra el resumen de los resultados obtenidos en el ensayo de aislamiento térmico realizado a las unidades de albañilería de concreto, cabe resaltar que este ensayo no contiene parámetros que midan el grado de aceptación de las unidades de albañilería ensayadas.

Tabla 33*Resumen del aislamiento térmico de las unidades de albañilería*

Descripción	Temperatura Exterior (C°)	Temperatura Interior (C°)
Muestra con 0 % P.E.	18,6	19,2
Muestra con 10 % P.E.	20,1	19,5
Muestra con 20 % P.E.	18,7	19,6
Muestra con 30 % P.E.	18,2	19,2
Muestra con 40 % P.E.	18,4	19,4
Muestra con 50 % P.E.	21,6	19,2

Nota. P.E. = Poliestireno expandido. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

Como se puede observar en la tabla 33, la temperatura en el interior de las unidades de albañilería se mantiene constante a pesar de la temperatura ambiente, su diferencia aumenta en base al mayor porcentaje de poliestireno expandido que se adiciona en las muestras de confinamiento, por lo que podemos concluir que el poliestireno expandido permite aislar la temperatura en su interior y así permitir estar protegidos de climas muy fríos o muy calientes.

4.3.6. Cálculo de la densidad de las unidades de albañilería

Para determinar la densidad de todas las muestras fabricadas para la investigación, se procedió a pesar y medir sus dimensiones para calcular su volumen.

El resultado obtenido de la tabla 34. Es en promedio de $2394 \text{ kg}/\text{m}^3$ para unidades de albañilería sin poliestireno expandido.

Tabla 34

Densidad de las unidades de albañilería sólida sin poliestireno expandido

Descripción	Masa (kg)	Volumen (m^3)	Densidad (kg/m^3)
Muestra 1	8,128	0,00339	2395
Muestra 2	8,111	0,00339	2390
Muestra 3	8,148	0,00339	2401
Muestra 4	8,009	0,00336	2384
Muestra 5	8,13	0,00338	2402
Muestra 6	8,127	0,00339	2395
Muestra 7	8,033	0,00336	2391
Muestra 8	8,022	0,00336	2388
Muestra 9	8,106	0,00337	2402
Muestra 10	8,028	0,00336	2389
		Promedio	2394

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

El resultado obtenido de la tabla 35. Es en promedio de $2364 \text{ kg}/\text{m}^3$ para unidades de albañilería con 10 % de poliestireno expandido.

Tabla 35*Densidad de las unidades de albañilería sólida con 10 % de poliestireno expandido*

Descripción	Masa (kg)	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)
Muestra 1	7,924	0,00336	2358
Muestra 2	7,916	0,00335	2363
Muestra 3	7,928	0,00336	2360
Muestra 4	7,936	0,00336	2362
Muestra 5	7,942	0,00333	2388
Muestra 6	7,928	0,00336	2360
Muestra 7	7,935	0,00336	2362
Muestra 8	7,961	0,00335	2379
Muestra 9	7,923	0,00336	2358
Muestra 10	7,948	0,00338	2349
		Promedio	2364

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

El resultado obtenido de la tabla 36. Es en promedio de 2330 kg/m³ para unidades de albañilería con 20 % de poliestireno expandido.

Tabla 36*Densidad de las unidades de albañilería sólida con 20 % de poliestireno expandido*

Descripción	Masa (kg)	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)
Muestra 1	7,814	0,00336	2326
Muestra 2	7,839	0,0034	2307
Muestra 3	7,861	0,00336	2340
Muestra 4	7,834	0,00336	2332
Muestra 5	7,824	0,00336	2329
Muestra 6	7,869	0,00336	2342
Muestra 7	7,833	0,00336	2331
Muestra 8	7,843	0,00336	2334
Muestra 9	7,829	0,00337	2320
Muestra 10	7,846	0,00336	2335
		Promedio	2330

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

El resultado obtenido de la tabla 37. Es en promedio de 2253 kg/m³ para unidades de albañilería con 30 % de poliestireno expandido.

Tabla 37*Densidad de las unidades de albañilería sólida con 30 % de poliestireno expandido*

Descripción	Masa (kg)	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)
Muestra 1	7,541	0,00335	2254
Muestra 2	7,534	0,00336	2242
Muestra 3	7,521	0,00334	2254
Muestra 4	7,539	0,00337	2234
Muestra 5	7,587	0,00332	2284
Muestra 6	7,593	0,00337	2250
Muestra 7	7,572	0,00336	2254
Muestra 8	7,582	0,00334	2273
Muestra 9	7,529	0,00336	2241
Muestra 10	7,536	0,00336	2243
		Promedio	2253

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

El resultado obtenido de la tabla 38. Es en promedio de 2180 kg/m³ para unidades de albañilería con 40 % de poliestireno expandido.

Tabla 38*Densidad de las unidades de albañilería sólida con 40 % de poliestireno expandido*

Descripción	Masa (kg)	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)
Muestra 1	7,33	0,00336	2182
Muestra 2	7,301	0,00336	2173
Muestra 3	7,321	0,00336	2179
Muestra 4	7,316	0,00336	2177
Muestra 5	7,328	0,00336	2181
Muestra 6	7,349	0,00336	2187
Muestra 7	7,32	0,00335	2188
Muestra 8	7,318	0,00336	2178
Muestra 9	7,328	0,00336	2181
Muestra 10	7,326	0,00337	2171
		Promedio	2180

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

El resultado obtenido de la tabla 39. Es en promedio de 2040 kg/m^3 para unidades de albañilería con 50% de poliestireno expandido.

Tabla 39

Densidad de las unidades de albañilería solida con 50 % de poliestireno expandido

Descripción	Masa (kg)	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)
Muestra 1	6,824	0,00336	2031
Muestra 2	6,894	0,00336	2052
Muestra 3	6,872	0,00336	2045
Muestra 4	6,813	0,00336	2028
Muestra 5	6,846	0,00339	2017
Muestra 6	6,836	0,00335	2043
Muestra 7	6,854	0,00336	2040
Muestra 8	6,861	0,00336	2042
Muestra 9	6,829	0,00336	2032
Muestra 10	6,894	0,00333	2073
		Promedio	2040

Nota. Datos obtenidos del ensayo realizado por la empresa TECOSUR.

4.4. Evaluación de costos de la adición de poliestireno en el diseño de mezcla

Para poder evaluar el costo de la adición de poliestireno expandido a la mezcla de concreto, se tuvo que calcular el coste por bloque según el porcentaje de poliestireno expandido aumentado en cada muestra, por lo cual se tubo los siguientes resultados.

Lo que indica la tabla 40 es que el costo de un bloque sin poliestireno expandido es equivalente a S/. 1,49.

Tabla 40*Costo de bloque de concreto sin poliestireno expandido*

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento	bls/bloque	0,0272	18,5	0,5
Ag. Fino	m ³ /bloque	0,0012	48,55	0,06
Ag. Grueso	m ³ /bloque	0,0014	56,25	0,08
Agua	m ³ /bloque	0,001	8,5	0,01
Poliestireno expandido	kg/bloque			
Mano de obra		0,02	23,44	0,47
Operario	hh/bloque	0,02	16,76	0,34
Peón	hh/bloque			
equipos		0,05	0,8	0,04
Herramientas manuales	% mo	0,0272	18,5	0,5
Costo total por bloque				1,49

Nota. P.U. = Precio unitario. hh = horas hombre. bls = bolsas.

Lo que indica la tabla 41 es que el costo de un bloque con un reemplazo del 10 % de poliestireno expandido en reemplazo de la arena es equivalente a S/. 1,49.

Tabla 41*Costo de bloque de concreto con 10 % de poliestireno expandido*

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento	bls/bloque	0,0272	18,5	0,5
Ag. Fino	m ³ /bloque	0,0011	48,55	0,05
Ag. Grueso	m ³ /bloque	0,0014	56,25	0,08
Agua	m ³ /bloque	0,001	8,5	0,01
Poliestireno expandido	kg/bloque	0,0012	2	0
Mano de obra				
Operario	hh/bloque	0,02	23,44	0,47
Peón	hh/bloque	0,02	16,76	0,34
equipos				
Herramientas manuales	% mo	0,05	0,8	0,04
Costo total por bloque				1,49

Nota. P.U. = Precio unitario. hh = horas hombre. bls = bolsas.

Lo que indica la tabla 42 es que el costo de un bloque con un reemplazo del 20 % de poliestireno expandido en reemplazo de la arena es equivalente a S/. 1,48

Tabla 42

Costo de bloque de concreto con 20 % de poliestireno expandido

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento	bls/bloque	0,0272	18,5	0,5
Ag. Fino	m ³ /bloque	0,001	48,55	0,05
Ag. Grueso	m ³ /bloque	0,0014	56,25	0,08
Agua	m ³ /bloque	0,001	8,5	0,01
Poliestireno expandido	kg/bloque	0,0024	2	0
Mano de obra				
Operario	hh/bloque	0,02	23,44	0,47
Peón	hh/bloque	0,02	16,76	0,34
equipos				
Herramientas manuales	% mo	0,05	0,8	0,04
Costo total por bloque				1,49

Nota. P.U. = Precio unitario. hh = horas hombre. bls = bolsas.

Lo que indica la tabla 43 es que el costo de un bloque con un reemplazo del 30 % de poliestireno expandido en reemplazo de la arena es equivalente a S/. 1,48.

Tabla 43

Costo de bloque de concreto con 30 % de poliestireno expandido

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento	bls/bloque	0,0272	18,5	0,5
Ag. Fino	m ³ /bloque	0,0008	48,55	0,04
Ag. Grueso	m ³ /bloque	0,0014	56,25	0,08
Agua	m ³ /bloque	0,001	8,5	0,01
Poliestireno expandido	kg/bloque	0,0035	2	0,01
Mano de obra				
Operario	hh/bloque	0,02	23,44	0,47
Peón	hh/bloque	0,02	16,76	0,34
equipos				
Herramientas manuales	% mo	0,05	0,8	0,04
Costo total por bloque				1,48

Nota. P.U. = Precio unitario. hh = horas hombre. bls = bolsas.

Lo que indica la Tabla 44 es que el costo de un bloque con un reemplazo del 40 % de poliestireno expandido en reemplazo de la arena es equivalente a S/. 1,48.

Tabla 44

Costo de bloque de concreto con 40 % de poliestireno expandido

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento	bls/bloque	0,0272	18,5	0,5
Ag. Fino	m ³ /bloque	0,0007	48,55	0,03
Ag. Grueso	m ³ /bloque	0,0014	56,25	0,08
Agua	m ³ /bloque	0,001	8,5	0,01
Poliestireno expandido	kg/bloque	0,0047	2	0,01
Mano de obra				
Operario	hh/bloque	0,02	23,44	0,47
Peón	hh/bloque	0,02	16,76	0,34
equipos				
Herramientas manuales	% mo	0,05	0,8	0,04
Costo total por bloque				1,48

Nota. P.U. = Precio unitario. hh = horas hombre. bls = bolsas.

Lo que indica la tabla 45 es que el costo de un bloque con un reemplazo del 50 % de poliestireno expandido en reemplazo de la arena es equivalente a S/. 1,48.

Tabla 45

Costo de bloque de concreto con 50 % de poliestireno expandido

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento	bls/bloque	0,0272	18,5	0,5
Ag. Fino	m ³ /bloque	0,0006	48,55	0,03
Ag. Grueso	m ³ /bloque	0,0014	56,25	0,08
Agua	m ³ /bloque	0,001	8,5	0,01
Poliestireno expandido	kg/bloque	0,0059	2	0,01
Mano de obra				
Operario	hh/bloque	0,02	23,44	0,47
Peón	hh/bloque	0,02	16,76	0,34
equipos				
Herramientas manuales	% mo	0,05	0,8	0,04
Costo total por bloque				1,48

Nota. P.U. = Precio unitario. hh = horas hombre. bls = bolsas.

CAPITULO V: DISCUSIÓN

Para el desarrollo de la tesis se requirió como primer paso la evaluación de los análisis de los materiales que se emplearían en la mezcla de concreto, tal como lo indica Pablo Márquez, en su tesis, donde aclara que es muy importante la evaluación de dichos materiales para que estos puedan cumplir con los parámetros especificados en las normas NTP y ASTM para así tener un buen desempeño de dichos elementos a la hora de preparar la mezcla de concreto (Márquez, 2000). En ese sentido todos nuestros agregados y materiales aprobaron sin problemas los ensayos a los que se sometieron.

Ya con los materiales aprobados se calculó el diseño de mezcla de concreto para una resistencia a la compresión ($f'c$) de 140 kg/cm^2 , se escogió esta resistencia a la compresión para el diseño a fin de trabajar en base a una relación agua cemento optima, que garantice la resistencia y trabajabilidad del concreto, además de superar en 90 kg/cm^2 el mínimo establecido por la norma E070 en la cual especifica un mínimo de resistencia a la compresión para bloques portantes de 50 kg/cm^2 por lo cual teníamos un amplio margen de cumplimiento en caso las unidades de albañilería se debilitaran mucho con la adición del poliestireno expandido, de la misma forma se optó por reemplazar un 10, 20, 30, 40 y 50 por ciento del agregado fino con poliestireno expandido a fin de evaluar la influencia que este tendría sobre la mezcla. Para lo cual se trabajó con los volúmenes absolutos debido a que el peso específico del poliestireno no permitía trabajar con los pesos de la mezcla debido a una amplia diferencia de características físicas, debido que de este modo se pudo obtener un diseño de mezcla para cada porcentaje añadido en reemplazo del agregado fino, y favorablemente las mezclas calculadas no tuvieron problemas de adherencia de sus componentes, por lo que se tubo unidades de albañilería solida sin la necesidad de algún aditivo adicional.

Una vez realizado el diseño de mezcla se elaboró 10 unidades de albañilería sin poliestireno expandido y 10 con 10 %, 20 %, 30 %, 40 % y 50 % de poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino respectivamente, sumando un total de 60 unidades, las cuales fueron sometidas primeramente a los ensayos establecidos para su aprobación como unidades de albañilería solida según la norma E070 del reglamento nacional de edificaciones, aunque la finalidad de la tesis es analizar la influencia en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico de las unidades de albañilería con poliestireno expandido, también podemos resaltar y

discutir los resultados de los ensayos de calidad para unidades de albañilería por lo que podemos decir que. En cuanto a la absorción de las unidades de albañilería para 10 % de poliestireno expandido tenemos 4,08 % de absorción, para 20 % de poliestireno expandido tenemos 4,52 % de absorción, para 30 % de poliestireno expandido tenemos 5 % de absorción, para 40 % de poliestireno expandido tenemos 5,67 % de absorción y para 50 % de poliestireno expandido tenemos 6,32 % de absorción. Esto significa que a medida que se adiciona poliestireno expandido en la mezcla, esta tiende a aumentar su absorción, sin embargo, seguimos teniendo una amplia diferencia del máximo permitido por la norma E070 que especifica que las unidades de albañilería sólida para muros portantes no deben superar los 12 % de absorción.

Todas las unidades de albañilería ensayadas cumplieron sin problemas los ensayos de variación dimensional y alabeo, y con respecto al ensayo de resistencia a la compresión se obtuvo que las unidades de albañilería con 10 % de poliestireno expandido tuvieron una resistencia promedio de 146,29 kg/cm², con 20 % de poliestireno expandido tuvieron una resistencia promedio de 140 kg/cm² y hasta este punto observamos que las muestras ensayadas aun cumplían con la resistencia calculada en el diseño de mezcla, sin embargo, las unidades adicionadas con 30 % de poliestireno expandido tuvieron una resistencia promedio de 135,10 kg/cm², con 40 % de poliestireno expandido tuvieron una resistencia promedio de 121,30 kg/cm², con 50 % de poliestireno expandido tuvieron una resistencia promedio de 102,34 kg/cm² y como podemos observar aunque cumplimos con la resistencia a la compresión mínima establecida por la norma, confirmamos con la hipótesis de que a medida de que se adiciona el poliestireno expandido a la mezcla, esta disminuye su resistencia a la compresión.

Para la medición de la influencia en el aislamiento térmico de las unidades de albañilería con poliestireno expandido, se desarrolló a través de dos termómetros ambientales, colocados en una zona en confinada con unidad de albañilería y otro expuesto al aire libre, por lo cual los resultados que obtuvimos para la temperatura en el interior del confinamiento de las unidades de albañilería fueron constantes, estando entre los 19,2 C° y 19,6 C° en diferentes horarios y ambientes expuestos, por lo que la temperatura en el ambiente no confinado era variada, sin embargo podemos resaltar que la máxima variación entre la temperatura ambiente y la confinada entre los bloques con poliestireno expandido fue la de 50 %, pues genero una diferencia de 2,4 C° por lo que concluimos que la adición del poliestireno expandido permite generar un ambiente aislado a las temperaturas en el exterior.

En cuanto a la densidad de las unidades de albañilería sólida con poliestireno expandido, de acuerdo a los resultados obtenidos tenemos que para una adición de 10 % de poliestireno expandido obtenemos una densidad de 2364 kg/m³, para 20 % de poliestireno expandido obtenemos una densidad de 2330 kg/cm², para 30 % de poliestireno expandido obtenemos una densidad de 2253 kg/cm², para 40 % de poliestireno expandido obtenemos una densidad de 2180 kg/cm² y para 50 % de poliestireno expandido obtenemos una densidad de 2040 kg/cm² por lo cual estos resultados nos permiten comprobar la hipótesis planteada de que a medida de que se aumenta el poliestireno expandido, disminuye la densidad de las unidades de albañilería sólida.

Finalmente se calculó el costo por bloque de unidades de albañilería con poliestireno expandido ya que uno de nuestros objetivos era la de calcular la diferencia del costo entre las unidades de albañilería sólida con y sin poliestireno expandido, una vez terminado la fabricación se calculó el costo de cada muestra, dando como resultado S/. 1,48 para unidades de albañilería con 30 %, 40 % y 50 % de poliestireno expandido adicionado y S/. 1,49 para unidades con 10 %, 20 % y 0 % de poliestireno expandido adicionado, generando una reducción de S/. 0,01, es decir 0,7 % del coste total, esto difiere de Héctor Manuel, Amasifuén Polo que en su tesis obtuvo un incremento de 10 % en el precio del bloque con poliestireno expandido, esto debido a no usar agregado grueso y a la adición de perlas de poliestireno expandido en la mezcla (Amasifuén, 2018).

CONCLUSIONES

Las unidades de albañilería sólida de concreto con adición de poliestireno expandido en reemplazo de la arena en un 10 %, 20 %, 30 %, 40 % y 50 % respectivamente demostraron que reducen la resistencia a la compresión siendo 146,29 kg/cm² cuando se adiciona 10 % de poliestireno expandido y 102,34 kg/cm² cuando se adiciona 50 % de poliestireno expandido, generando una diferencia de 43,95 kg/cm², de la misma manera la densidad promedio obtenida en el estudio fue disminuyendo a medida que se le adicionaba el poliestireno expandido, siendo 2364 kg/m³ cuando se adiciona 10 % y 2040 kg/m³ cuando se adiciona 50 %, generando una diferencia de 324 kg/m³, sin embargo, con respecto al aislamiento térmico se concluyó que a mayor porcentaje de poliestireno expandido, se generó una mayor diferencia de temperatura entre el interior y exterior del confinamiento de los bloques, siendo 0,6 C° la diferencia cuando se tiene 10 % adicionado y 2,4 C° cuando se tiene 50 % de poliestireno expandido en la mezcla.

Debido a que todas las unidades de albañilería aprobaron todos los ensayos de calidad, pueden ser empleadas en el campo, sin embargo, debido a que las muestras con 20 % de poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino obtuvieron una resistencia a la compresión de 141,25 kg/cm², este valor es no menor y más cercano a los 140 kg/cm² calculados en el diseño de mezcla, por esta razón se concluye que 20 % sería la cantidad óptima de poliestireno expandido que se debe aplicar a la mezcla de concreto.

Se puede concluir que a medida que se aumenta el porcentaje de poliestireno expandido en la mezcla, se produce una reducción en su costo, siendo la de mayor adición la que más diferencia produce, según los resultados obtenidos el costo del bloque sin poliestireno expandido es igual a S/ 1,49. Sin embargo, con la adición del 50 % de poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino, el costo del bloque viene a ser igual a S/. 1,48, produciéndose una diferencia de S/ 0,01 del costo entre ambos, siendo esto una reducción del 0,7 % de su precio sin la adición del poliestireno expandido.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Universidad Privada de Tacna incentivar a sus estudiantes a complementar la investigación con las adiciones de poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino y agregado grueso, con el fin de analizar la influencia que producirá dicho cambio, para eso se puede emplear el método del ACI como se hizo para el cálculo del diseño de mezcla en la presente tesis, a través de los volúmenes absolutos.

Se recomienda a la Universidad Privada de Tacna incentivar a los alumnos de ingeniería civil a plantear la introducción de aditivos en la mezcla de concreto con el fin de reducir la relación agua/cemento sin perder trabajabilidad y así poder reducir en cierta manera la cantidad de cemento adicionado a la mezcla, para así mejorar la proporción de los componentes del concreto.

Se recomienda a la Universidad Privada de Tacna realizar competencias de evaluación de los diferentes tamaños de unidades de albañilería, además de los diferentes tipos de unidades que mencionan en la norma E070 del reglamento nacional de edificaciones, como unidades sólidas, huecas, alveolares, etc. A fin de analizar la influencia del poliestireno expandido según el tamaño y tipo de muestra, para así también evaluar el costo de producción de cada unidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares. M y Meca. I. (2018). *Diseño de unidades de albañilería de concreto liviano a base de poliestireno expandido, Piura, 2018*. Repositorio institucional de la Universidad Cesar Vallejo.
- Amasifuén, H. (2018) *Diseño de bloques de concreto ligero con la aplicación de perlas de poliestireno*, Distrito de Tarapoto, San Martín, 2018. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Cesar Vallejo.
- Bustamante, D y Díaz, C. (2014). *Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado*. Arequipa, Perú. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Agustín.
- Márquez, P. (2000). *Proporcionamiento óptimo del concreto ligero aplicado a piezas de mampostería*. Repositorio Instituto Tecnológico de la Construcción, México.
- Norma Técnica Peruana (2002). *Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto* (NTP 399,604 - 399,613). https://kupdf.net/download/norma-tecnica-peruana-ntp-399604-2002_59efca8908bbc537369d180e_pdf
- Paulino, J. y Espino, R. (2017). *Análisis comparativo de la utilización del concreto simple y el concreto liviano con perlitas de poliestireno como aislante térmico y acústico aplicado a unidades de albañilería en el Perú*. Lima, Perú. Repositorio institucional de la Universidad de ciencias aplicadas.
- Reglamento nacional de edificaciones. (2021). *Albañilería* (E070). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366661/56%20E.070%20ALBA%C3%91ILERIA.pdf>.
- Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (2001). *Método de ensayo normalizado para determinar el análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos* (ASTM C-136). <https://pdfcoffee.com/astm-c136-01-3-pdf-free.html>.
- Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (2001). *Método de ensayo estándar para revenimiento del concreto de cemento* (ASTM C-143). <http://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/astm-designacion-c-143-90a.html#:~:text=REVENIMIENTO%20DEL%20CONCRETO%20DE%20CEMENTO%20HIDRAULICO.&text=1.1%20Este%20m%C3%A9todo%20de%20en>

[sayo,laboratorio%20y%20en%20el%20campo.&text=3.1%20Una%20muestra%20de%20concreto,con%20forma%20de%20cono%20truncado.](https://es.scribd.com/document/362029309/ASTM-C29-Peso-Unitario)

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (2001). *Método de ensayo para el peso unitario y vacíos en los agregados* (ASTM C-29). <https://es.scribd.com/document/362029309/ASTM-C29-Peso-Unitario>

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (2001). *Método estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua* (ASTM D-2216). <https://dokumen.tips/documents/astm-d2216-en-espanol.html>.

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (2002). *Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa y la absorción de agregados finos* (ASTM C-128). <https://es.scribd.com/document/401062039/328614340-ASTM-C-128-01-pdf>.

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (2002). *Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa y la absorción de agregados gruesos* (ASTM C-127). https://kupdf.net/download/astm-c127-07-densidad-relativa-gravedad-especifica-y-absorcion-de-agregado-grueso_5be731c9e2b6f5c04824cf0a_pdf.

Supo (2014). *Fundamentos teóricos y procedimentales de la investigación científica en ciencias sociales, Lima, Perú*. Repositorio Universidad Nacional del Altiplano.

Zamora, L. (2015). *Diseño de un bloque de concreto celular y su aplicación como unidad de albañilería no estructural*. Cajamarca, Perú. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.

ANEXO
MATRIZ DE CONSISTENCIA

“INFLUENCIA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, DENSIDAD Y AISLAMIENTO TÉRMICO EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO EN MUROS PORTANTES EN TACNA, 2021”					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Indicadores de la V.I.	Población
¿Cuál es la influencia del Poliestireno expandido en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico en unidades de albañilería de concreto en muros portantes en la ciudad de Tacna, 2021?	Determinar la influencia del Poliestireno expandido en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico en unidades de albañilería de concreto en muros portantes.	La adición del Poliestireno en la mezcla de concreto disminuirá la densidad de las unidades de albañilería.	Poliestireno expandido	1.1 Cantidad 0% 1.2 Cantidad 10% 1.3 Cantidad 20% 1.4 Cantidad 30% 1.5 Cantidad 40% 1.6 Cantidad 50%	La población del estudio será conformada por las unidades de albañilería solida de 10 cm de alto, 14 cm de ancho y 24 cm de alto, de concreto con poliestireno expandido en el distrito de Tacna, Provincia de Tacna – 2021
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	Indicadores de la V.D.	Muestra de Estudio
<p>¿Cuál será la cantidad de Poliestireno necesaria a agregarle a la unidad de albañilería de concreto para obtener una mezcla optima?</p> <p>¿Cuánto será la diferencia de costo debido a la adición de poliestireno en las unidades de albañilería de concreto?</p>	<p>Determinar la cantidad óptima de Poliestireno expandido que se debe agregar a la mezcla de concreto para que nos proporcione una resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico adecuado para las unidades de albañilería de concreto no estructural.</p> <p>Comparar el costo beneficio de las unidades de concreto simple y concreto ligero a base de Poliestireno expandido.</p>	<p>La adición de Poliestireno en la mezcla de concreto en cualquier cantidad disminuirá la resistencia de las unidades de albañilería.</p> <p>La adición de Poliestireno en la mezcla de concreto debería reducir su costo por metro cúbico</p>	Resistencia a la compresión, densidad, y aislamiento térmico	2.1 Diseño de Mezcla 2.2 Relación agua - cemento 2.3 Granulometría de Agregados 2.4 Peso Unitario	El muestreo está conformado por 10 unidades de albañilería solida de concreto con poliestireno expandido con un determinado porcentaje adicionado de 10,20,30,40 y 50% respectivamente.