

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS
UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO ESTRUCTURALES DE
CONCRETO LIVIANO A BASE DE PERLAS DE
POLIESTIRENO EN LA CIUDAD DE IQUITOS 2021”**

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

Autores: Bach. Irigoin Falcón, Yannet Kathy
Bach. Rodríguez Rodríguez, Miguel Ángel

Asesor: Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera

San Juan Bautista – Maynas – Loreto – 2021

Dedicatoria

A Dios, por alumbrar mi camino.

A mi madre, por ser el motivo de mi vida, por su amor incondicional y comprensión, sin su apoyo nada hubiera sido posible. A mi padre y tías maternas, por sus consejos en el transcurso de mi formación profesional. Y a mi hermana, por ser mi compañera en momentos difíciles. Gracias a todos los que influenciaron en este proceso.

Yannet Kathy Irigoin Falcón

A Dios por enviar al Señor Jesús quien es mi Señor y salvador quien me acompaño toda mi vida.

A mi madre por brindarme su apoyo incondicional en cada momento de mi vida y amigos que me apoyaron en mi etapa de necesidad en todo el transcurso de la carrera de Ingeniería civil.

Miguel Ángel Rodríguez Rodríguez

Agradecimiento

Nuestro agradecimiento especial:

- A nuestra alma máter donde nos forjamos como profesionales en Ingeniería Civil, la Universidad Científica del Perú – UCP; por albergarnos durante estos años de esfuerzo y preparación en sus aulas.
- A nuestros docentes y grandes profesionales que compartieron con nosotros su conocimiento y nos impartieron grandes enseñanzas.
- A la empresa ECOPOR por contribuir en la donación de perlas de poliestireno para la ejecución de nuestra investigación.
- A nuestros jurados, Ing. Félix Wong Ramírez M. Sc (Presidente), Ing. Marco Antonio Rodríguez Luna Mg (Miembro) y a la Lic. Nerea Gallardo Sánchez Mg. que fueron los que con su conocimiento y experiencia nos dieron las bases necesarias para direccionar nuestra investigación.
- A nuestro asesor la Ing. Ulises Octavio Irigoín Cabrera, por habernos enseñando en nuestra etapa estudiantil y su gran apoyo en nuestra etapa de investigación.
- A los profesionales del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales – UCP, una mención especial al Tec. Karol Cisowski por su colaboración en las etapas de ensayo de nuestra investigación.

Constancia de antiplagio



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

El Trabajo de Investigación titulado:

**"PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
NO ESTRUCTURALES DE CONCRETO LIVIANO A BASE DE PERLAS DE
POLIESTIRENO EN LA CIUDAD DE IQUITOS 2021"**

De los alumnos: **RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ MIGUEL ÁNGEL Y IRIGOIN FALCÓN
YANNET KATHY**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó
satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje
de **10% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que
estime conveniente.

San Juan, 04 de Octubre del 2021.

Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética - UCP

CIRA/ri-a
300-2021

Hoja de aprobación



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 100-2020-UCP-FCEI de fecha 17 de Febrero de 2020 y modificada con **RESOLUCIÓN N°607-2021-UCP-FCEI** de fecha 06 de Septiembre de 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Felix Wong Ramirez, M.Sc | Presidente |
| • Ing. Jeffrey Stefano Arévalo Flores, Mg. | Miembro |
| • Lic. Nerea Gallardo Sánchez, Mg. | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Ulises Octavio Irigoín Cabrera, M.Sc.**

En la ciudad de Iquitos, siendo las 12:00 horas del día 15 de Noviembre del 2021, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por el Secretario Académico del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **"PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO ESTRUCTURALES DE CONCRETO LIVIANO A BASE DE PERLAS DE POLIESTIRENO EN LA CIUDAD DE IQUITOS 2021."**.

Presentado por los sustentantes:

KATHY YANNET IRIGOIN FALCÓN
Y
MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron:

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORIA**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.

JEFFREY STEFANO ARÉVALO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 543914

Miembro

Presidente

Miembro

Contactanos:

Iquitos – Perú
005 - 26 1088 / 005 - 26 2240
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Filial Tarapoto – Perú
42 - 58 5038 / 42 - 58 5640
Leoncio Prado 1070 / Martínez de Compagnón 933

Universidad Científica del Perú
www.ucp.edu.pe

Índice de contenido

Dedicatoria.....	II
Agradecimiento	III
Constancia de antiplagio.....	VI
Miembros del Jurado y Asesor (es).....	VII
Índice de contenido	VIII
Índice de Tablas.....	XIII
Índice de Figuras.....	XV
Resumen.....	XVI
Abstract.....	XVII
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes del estudio.....	1
1.2. Bases teóricas	9
1.2.1. EL CONCRETO CONVENCIONAL	9
1.2.1.1. Componentes del concreto	11
1.2.1.2. Fases de producción del concreto	12
1.2.2. CONCRETO LIGERO	16
1.2.2.1. Categorización de los concretos livianos	18
1.2.3. CONCRETO LIVIANO CON PERLAS DE POLIESTIRENO.....	19
1.2.3.1. Propiedades y características del concreto liviano	20
1.2.3.2. Dosificación de la mezcla.....	22
1.2.4. BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO.....	22
1.2.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	23
1.2.6. Cemento Portland GU	23
1.2.7. Agregado Fino.....	27

1.2.7.1.	Granulometría del agregado fino (NTP 400.012), (ASTM C136) 29	
1.2.7.2.	Módulo de finura: (Norma NTP. 400.011).....	30
1.2.7.3.	Superficie específica	31
1.2.7.4.	Material que pasa la malla N ^o 200 (NTP 400.018)	32
1.2.7.5.	Peso Unitario: (NTP 400.017), (ASTMC-29)	33
1.2.7.6.	Peso específico y absorción: (NTP 400.022), (ASTM C-128)37	
1.2.7.7.	Contenido de humedad: (NTP 339.185), (ASTM C-566).....	41
1.2.8.	Perlas de Poliestireno.....	44
1.2.9.	Agua	46
1.2.10.	Aditivos.....	48
1.2.11.	Diseños de mezcla de concreto	50
1.3.	ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO.....	51
1.3.1.	Peso unitario (NTP 339.046):	51
1.3.2.	Rendimiento: (NTP 339.046)	52
1.3.3.	Contenido de aire	53
1.3.4.	Asentamiento	53
1.3.5.	Exudación.....	54
1.3.6.	Temperatura del concreto.....	55
1.4.	ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO.....	56
1.4.1.	Resistencia a la compresión.....	56
1.5.	Definición de términos básicos.....	57
CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		60
2.1.	Descripción del problema.....	60
2.2.	Formulación del problema.....	61
2.2.1.	Problema general.	61

2.2.2. Problemas específicos	61
2.3. Objetivos.....	61
2.3.1. Objetivo general.....	61
2.3.2. Objetivos específicos.....	61
2.4. Justificación de la investigación	62
2.5. Hipótesis.....	63
2.6. Variables	63
2.6.1. Identificación de las variables.....	63
2.6.2. Definición conceptual y operacional de las variables.....	63
2.6.3. Operacionalización de las variables.....	64
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	66
3.1. Tipo y diseño de investigación	66
3.1.1. Tipo de Investigación.....	66
3.1.2. Diseño de la Investigación.....	66
3.2. Población y muestra.....	66
3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	67
3.3.1. Técnicas	67
3.3.2. Instrumentos.....	67
3.3.3. Procedimiento de recolección de datos.....	67
3.4. Procesamiento y análisis de datos.....	68
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	69
5.1. Elaboración del bloque de concreto liviano.....	69
5.2. Características de los materiales	70
5.2.1. Agregado Fino.....	70
5.2.1.1. Análisis granulométrico	70
5.2.1.2. Módulo de fineza.....	74

5.2.1.3.	Superficie específica	75
5.2.1.4.	Material que pasa el tamiz N° 200	77
5.2.1.5.	Peso Unitario Suelto (PUS).....	77
5.2.1.6.	Peso Unitario compactado (PUC)	78
5.2.1.7.	Peso específico y absorción	79
5.2.2.	Perlas de poliestireno	80
5.2.2.1.	Peso Unitario suelto (PUS)	80
5.2.2.2.	Peso Unitario compactado(PUC)	81
5.2.2.3.	Peso específico y absorción	82
5.3.	Análisis de las propiedades físicas de las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno	82
5.1.1.	Densidad, Absorción	82
5.1.2.	Variación a la dimensión.....	84
5.1.3.	Medidas del Alabeo	85
5.4.	Análisis de las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno	86
5.2.	Análisis Comparativo de los resultados	87
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN		91
5.1.	Discusión	91
5.2.	Conclusiones	93
5.3.	Recomendaciones	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		95
ANEXOS		104
Anexo 1. Matriz de consistencia.....		105
Anexo 2. Fichas Técnicas		108
Anexo 3. Ensayos de fase exploratoria		114

Diseño de Mezcla	114
Espuma de concreto	115
Anexo 4. Panel Fotográfico	122

Índice de Tablas

Tabla 1. Cuadro de categorización de concretos livianos	18
Tabla 2. Densidad y resistencia del concreto con perla de Poliestireno.....	20
Tabla 3. Diseños de mezcla para concretos con poliestireno.....	22
Tabla 4. Tipos de cemento Portland.....	24
Tabla 5. Requisitos físicos estándar GU (APU).....	26
Tabla 6. Propiedades físicas y químicas del cemento portland Tipo GU (Apu)	27
Tabla 8. Límites granulométricos según normas NTP 400.037 y ASTM C – 33	30
Tabla 7. Tamaño máximo nominal.....	43
Tabla 9. Características físicas del poliestireno expandido	44
Tabla 10. Medidas Comerciales de las perlas de Tecnopor	45
Tabla 11. Límites máximos permisibles en el agua.....	47
Tabla 12. Definición conceptual y operacional de las variables	64
Tabla 13. Operacionalización de Variables	65
Tabla 14. Diseño de una Post Prueba con un solo Grupo	66
Tabla 18. Muestra 1	71
Tabla 19. Muestra 2	72
Tabla 20. Muestra 3	73
Tabla 21. Módulo de fineza del agregado fino	74
Tabla 22. Superficie específica muestra 1.....	75
Tabla 23. Superficie específica muestra 2.....	76
Tabla 24. Superficie específica muestra 3.....	76
Tabla 25. Material que pasa el tamiz de tres muestras	77
Tabla 15. Peso Unitario Suelto del Agregado fino de tres muestras	78
Tabla 16. Peso Unitario Compactado del agregado fino de tres muestras	79
Tabla 17. Peso específico y absorción de tres muestras.....	80
Tabla 26. Peso Unitario Suelto del Poliestireno de tres muestras	81
Tabla 27. Peso Unitario Compactado del Poliestireno de tres muestras	81
Tabla 28. Peso específico y absorción del Poliestireno de tres muestras	82
Tabla 29. Densidad, Absorción y los vacíos en el bloque de concreto.....	83
Tabla 30. Medidas del tamaño en unidades de albañilería	84

Tabla 31. Medida del alabeo en unidades de albañilería	85
Tabla 32. Ensayo de compresión del bloque de concreto	86
Tabla 33. Comparación de valores según APC	87
Tabla 34. Resumen de resultados	88
Tabla 35. Desviación estándar	89
Tabla 36. Coeficiente de variación	89
Tabla 37. Dosificación de mezcla de (Barba y García, 2019).....	114
Tabla 38. Diseño preliminar de concreta espuma.....	115
Tabla 39. Peso unitario de producción y contenido de aire de mezcla de relación a/c 0.70.....	119
Tabla 40. Composición de un metro cúbico del concreto fresco corregido por cambio de aire atrapado real	120

Índice de Figuras

Figura 1. Proporciones en volumen absoluto de los componentes del concreto	11
Figura 2. Perlas de Poliestireno	20
Figura 3. Conductividad Térmica, W/(m.k).....	21
Figura 4. Medidas de las dimensiones de los bloques	69
Figura 5. Ficha Técnica Cemento APU	108
Figura 6. Ficha Técnica EUCOCELL 1000.....	110
Figura 7. Ficha Técnica NEOPLAST	113
Figura 8. Composición de peso por metro cúbico	120
Figura 9. Composición por volumen de un metro cúbico.....	121

Resumen

El presente proyecto de investigación, tuvo como propósito determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno de diámetro de hasta 4.7mm y arena fina con un módulo de fineza 1.12. Las muestras fueron 30 unidades de bloques de concreto con perlas de poliestireno, las dimensiones de los bloques son 390mm x 190mm x 120mm; corresponde a la norma NTP 399.602 clasificándolas como bloques de concreto para uso no estructural; no obstante las características físicas y mecánicas de estos bloques están establecidas en la Norma Técnica E.070 - Albañilería,2006.

El diseño de mezcla para la elaboración de los especímenes de ensayo fue tomado de la tesis de (Barba y García 2019).

Los ensayos evidenciaron una resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería de 23.53 kg/cm², así mismo la absorción promedio fue de 12.20% con una variación de la dimensión promedio de -1.9%, concluyéndose que dichos valores cumplen con la norma técnica E 0.70- Albañilería, 2006.

Palabras Clave: Poliestireno, bloques no estructurales, concreto espuma.

Abstract

The general objective of this research was to determine the physical and mechanical properties of non-structural masonry units of light concrete. The lightweight concrete was made from fine sand with a 1.12 fineness module, GU type portland cement, polystyrene beads with a diameter of up to 4.7mm, water and plasticizing additive and air incorporator. The sample consisted of 30 units of lightweight concrete blocks. The dimensions of the blocks are 390mm x 190mm x 120mm, which was taken from the NTP 399.602 standard classifying them as concrete blocks for non-structural use. The physical and mechanical characteristics of these blocks were contrasted with the parameters established in the Technical Standard E.070 - Masonry, 2006.

To prepare the initial design of the mixture, the designs corresponding to the foam concrete of the thesis of Barba and García (2019) were taken, elaborating the test specimens of the present research with the dosage in weight per cubic meter of the fresh concrete: C = 188.23 kg: AF = 663.41 kg: AL = 6.22 kg: Water = 82.64 lts: Euco cell additive = 0.75 kg: Neoplast additive 8500 HP = 1.51 kg.

The tests showed that the foam concrete, used in the elaboration of the blocks, had a density of 960 kg/m³. The masonry blocks achieved an axial compressive strength of 24 kg/cm²; likewise, the average absorption was 12.20%; and, the geometric dimensions had an average variation of -1.9%, concluding that these values comply with the technical standard E 0.70- Masonry, 2006.

Keywords: Expanded polystyrene, non-structural blocks, foam concrete.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes del estudio.

Se revisaron estudios e investigaciones relacionados al tema para tomarlos como referencia, los cuales sirvieron como fundamento para realizar esta investigación.

Internacional

Investigaciones como las de (Gareca, et al. 2020), que utilizan materiales inorgánicos a fin de presentar alternativas de usos para minimizar el impacto ambiental, presentan productos nuevos dentro del campo de investigación, en este sentido, estos autores estudiaron un “Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos” con el objetivo de determinar las características físicas y mecánicas de ladrillos ecológicos mediante técnicas que permitan identificar el proceso adecuado para producir un ladrillo de óptima

Calidad a través de una selección de residuos inorgánicos que permita contribuir a la disminución de la contaminación de la ciudad de Sucre y se convierta en una nueva alternativa como material constructivo. En este sentido, para su investigación utilizaron un enfoque cuantitativo, mediante el método experimental y método de la modelación. Sus muestras fueron aleatorias, con tres tipos diferentes de dosificaciones para cada material: poliestireno (PS), polietileno de baja densidad (PEBD), polipropileno (PP) y tereftalato de polietileno (PET) y en un total de 78 probetas. Sus resultados determinaron que las propiedades físicas y mecánicas de estos elementos no estructurales, están dentro de lo que establecen las normas colombiana, peruana y chilena, por lo que sus autores concluyen que su elaboración es posible para ser

usados en la construcción sin afectar la calidad, en este sentido, pueden competir con los ladrillos tradicionales de arcilla. También confirmaron que su elaboración genera un impacto positivo al medio ambiente, mediante el reciclaje de plástico; finalmente, resaltan que estos elementos disminuyen el porcentaje de absorción de agua en un 22.6 % en relación al ladrillo común.

(Amasifuén, 2018), investigó “Diseño de bloques de concreto ligero con la aplicación de perlas de poliestireno, Distrito de Tarapoto, San Martín – 2018”, con el objetivo de buscar la proporción adecuada de materiales para el diseño de una mezcla de concreto ligero, con bajo peso volumétrico, para ser empleado en la fabricación de bloques de 90x190x390mm; no obstante, este bloque de concreto ligero debe mínimamente cumplir con la resistencia requerida por la NTP y el RNE; su investigación aplicada con un diseño Experimental, manipuló su población de estudio, esta estuvo conformada por los especímenes de prueba con densidades 1200 kg/m^3 , 1400 kg/m^3 y 1600 kg/m^3 , que sirvieron para identificar el diseño óptimo de las proporciones de materiales; estableciendo al diseño cuya densidad es de 1600 kg/m^3 , el autor concluyó que la conclusión que es posible diseñar bloques de concreto ligero con la aplicación de perlas de poliestireno, pues cumple con los requisitos mínimos de resistencia tanto para los bloques portantes como para los no portantes.

(Contreras, 2016), en su trabajo de grado denominado “Diseño de mezcla de concreto a base de perlas de poliestireno expandido como agregado para la elaboración de bloques destinados a mampostería de concreto aligerado”, expone un diseño y el análisis comparativo de resistencia entre bloques tradicionales y bloques de concreto con perlas de poliestireno. La autora elaboró 24 bloques de concreto experimental, los cuales arrojaron una disminución del peso de los

mismos, menores costos y una mayor resistencia a la compresión en los bloques experimentales con una variación en el agregado de poliestireno del 15% y del 75%, señalando que los otros valores no mostraron eficiencia admisible. Por lo que la autora concluyó que los bloques destinados a mampostería de concreto aligerado diseñados con mezcla de concreto a base de perlas de poliestireno expandido tienen menor peso, menor costo y mayor resistencia a la compresión.

(Villasmil y Rodríguez, 2012), realizaron su tesis denominado “Comportamiento mecánico de concretos elaborados con sustitución del agregado grueso por poliestireno expandido”, con el objetivo de determinar el comportamiento mecánico de concretos (esfuerzos y deformaciones en sus fases fresca y endurecida), en cuya mezcla se sustituye el agregado grueso por poliestireno expandido, bajo relaciones de agua-cemento (a/c) de 0.50, 0.55 y 0.60 y densidades de 1600 kg/m^3 y 1800 kg/m^3 buscando alcanzar una trabajabilidad óptima y la resistencia a la compresión a la edad de 7 y 28 días.

De acuerdo a lo descrito por los autores, los procedimientos de los ensayos fueron controlados por entes como el Comité Conjunto de Concreto Armado (CCCA) y COVENIN. Los resultados arrojaron lo siguiente:

- Las resistencias mecánicas obtenidas para la densidad de 1600 Kg/cm^3 presentan en promedio 154 Kg/cm^2 a los 28 días, considerado viable para su utilización en elementos solicitados por cargas estáticas menores.
- Para densidad 1800 Kg/cm^3 , se encontró en promedio 250 Kg/cm^2 lo cual el autor lo denominó como aceptable teóricamente.

Por lo que los autores concluyen que, para un análisis práctico, el material tiene comportamiento visco elástico con uso no aceptable en

elementos estructurales ni tampoco se recomienda en elementos sometidos a cargas estáticas menores. Así mismo, inciden en que las resistencias mecánicas obtenidas para la densidad de 1600 Kg/cm^3 oscilan en los 154 Kg/cm^2 a los 28 días, es decir a su resistencia máxima, el cual no es considerado apto para uso estructural, siendo viable para ser utilizado en elementos que no estén solicitados por cargas estáticas o dinámicas dentro de la infraestructura, pero si a cargas estáticas menores.

(Quezada y Calderón, 2010), realizaron un estudio técnico y económico que tuvo como objetivo principal, la elaboración de bloques de hormigón liviano en base a poliestireno expandido. Los autores diseñaron la dosificación para un hormigón tradicional, y añadieron a la mezcla: el cemento, áridos, agua, y reemplazaron la grava por poliestireno expandido. Tras 28 días, los bloques fueron sometidos a compresión, los que determinaron que su resistencia promedio era de 47.63 Kg/cm^2 y un peso de 25,7%, por lo que se concluyó que su peso era menor al de un bloque tradicional con absorción de agua de $152,3 \text{ kg/m}^3$ y una humedad no mayor al 2,2% cumpliendo la normativa chilena. Sus desventajas, como su costo, se pueden compensar con mejores rendimientos y ahorro en el costo de transporte.

Así mismo, en relación a las ventajas del concreto liviano (Valdez, Suárez y Proaño, 2010), presentan información sobre Hormigones Livianos y muestran sus bondades a partir de los estudios que realizaron. Los autores resaltaron su buen aislamiento térmico y acústico, así mismo su resistencia al fuego y su peso ligero, enfatizando que estas características son lo que lo hacen diferente de los bloques convencionales, además su peso está basado en el tipo de agregado que se utiliza para su elaboración con una densidad que va desde 300 kg/m^3 hasta 1900 kg/m^3 , dándose a conocer en el campo de la construcción.

En el mismo campo de estudios, previamente (Valdez y Suárez, 2010), en su tesis de obtención del título de Ingenieros Civiles de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil en Ecuador, presentan la elaboración de hormigón liviano con diferentes elementos, las mismas que le dan esa característica de ligero, contemplando para su elaboración elementos como piedra pómez, cascarilla de arroz, poliestireno expandido, lava volcánica, arcilla expandida entre otras. Los resultados evidencian las siguientes resistencias:

- ✓ Resistencia a la compresión a los 7 días: 4.5 Mpa(Megapascal).
- ✓ Resistencia a la compresión a los 14 días: 5.7 Mpa(Megapascal).
- ✓ Resistencia a la compresión a los 28 días: 6.6 Mpa(Megapascal).
- ✓ Densidad promedio: 1158 Kg/cm³
- ✓ Módulo de Elasticidad promedio: 9.19 Gpa(Gigapascal).

Así mismo, su investigación destacó que estos bloques livianos tienen otras propiedades como alta resistencia al fuego, propiedad térmica y acústica, por lo que los autores recomendaron más investigación en referencia a este tema con la finalidad de superar o igualar los resultados obtenidos.

Algo similar ocurre con (Román, 2016), en su tesis denominada "Diseño de una mezcla de concreto experimental sustituyendo el agregado grueso por perlas de poliestireno de $\varnothing=3/4"$, y un asentamiento de 3", para optar el título de Ingeniero Civil, realizó un diseño de mezcla en el que sustituyó agregado grueso por perlas de poliestireno con el objetivo de lograr una resistencia a la compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$. Puesto que su investigación pretendía trascender el uso de estos bloques como

elemento estructural, sus muestras demostraron lo contrario. Las muestras que analizó estuvieron clasificadas en tres partes: sin sustitución, con sustitución del 50% y sustitución al 100%, las mismas que se sometieron a ensayo de compresión a los 14 días.

- Para muestras sin sustitución los ensayos arrojaron valores de 209, 211 y 203 kg/cm², (es decir, 208kg/cm² en promedio), siendo el peso unitario del concreto de 2114 kg/cm², 2020kg/cm² y 2115kg/cm², respectivamente; sin embargo, en las muestras con reemplazo del 50%, no obstante haberse diseñado la mezcla para 210kg/cm², se alcanzó valores entre 24 y 27 kg/cm², (es decir, 26kg/cm²) y para una sustitución de 100% de agregado grueso se obtuvo resultados que varían entre 42 y 49 kg/cm², (es decir, 46kg/cm²). A partir de estos resultados el investigador concluyó que el concreto experimental sustituyendo el agregado grueso por perlas de poliestireno de Ø=3/4", y un asentamiento de 3", no cumple de ninguna manera con los criterios de aceptación para su uso en miembros estructurales, indicando que podría tener un uso en mampostería en variedades de tipos de bloques de concreto liviano, afirmación similar a los que señalan los autores que anteceden esta redacción.

Nacional

(Pacheco, 2018), investigó el comportamiento de un material fabricado con poliestireno expandido, cemento, arena y agua, con el objetivo de analizar sus propiedades físico-mecánicas, denominándolo "concreto celular". Realizó una serie de análisis de laboratorio según lo indicado por la Norma ACI 523, incluyendo los ensayos de laboratorio. Sus resultados demostraron que, al no tener la presencia de agregado grueso (piedra), los valores de resistencia a la compresión disminuyen respecto del concreto convencional al igual que su densidad que puede

llegar a ubicarse entre 320 a 1920 kg/m³, por lo que concluyó que este concreto puede utilizarse únicamente en elementos no estructurales, por lo que recomendó su uso en tabiquería, separadores de ambientes, veredas peatonales u otros elementos que no implican mayor resistencia.

Otros autores como (Paulino y Espino, 2017), en su trabajo de investigación titulada “Análisis comparativo de la utilización del concreto simple y el concreto liviano con perlitas de poliestireno como aislante térmico y acústico aplicados a unidades de albañilería en el Perú”, realizaron un diseño de concreto liviano conformado mayoritariamente con materiales de menor densidad, tomando en cuenta que la resistencia de estos materiales dependen de las proporciones (cemento y arena) que se añada. Los autores mencionan que estos agregados pueden variar desde piedras volcánicas, virutas de madera hasta perlitas de poliestireno. Los resultados de su estudio encontraron diferencia entre los bloques de concreto simple y los de concreto liviano, por lo que concluyeron que estos últimos poseen un mejor comportamiento termo acústico frente a los tradicionales y gradual reducción del peso, esto a causa de la estructura de su composición.

De similar alcance es la investigación que desarrolló (Rodríguez, 2017), en su tesis titulada “Concreto liviano a base de poliestireno expandido para la prefabricación de unidades de albañilería no estructural – Cajamarca”, en la que su principal objetivo fue determinar las propiedades físico - mecánicas del concreto liviano a base de poliestireno expandido para la elaboración de bloques de hormigón liviano. El autor describe el procedimiento que realizó respecto a su diseño de mezcla, la cual consistió en realizar el proceso tradicional de elaboración de estos bloques, sin embargo, especifica que a esta

dosificación agregó perlas de poliestireno expandido en reemplazo de la grava.

Sus muestras fueron probetas estándar en moldes cúbicos, de los cuales determinó propiedades del concreto liviano en estado fresco y endurecido, midiéndose su trabajabilidad para hallar la cantidad de agua en cada tanda. Con respecto a propiedades mecánicas, realizó ensayos de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días para las dosificaciones de: 1200 kg/m^3 , 1400 kg/m^3 y 1600 kg/m^3 en los que concluye que varía la relación a/c. Transcurridos 28 días, los bloques elaborados con la dosificación de 1600 kg/m^3 también fueron sometidos al mismo ensayo, como lo establece la (NTP 399.600:2017 2018), (NTP 399.602;2017 2018) y (NTP 399.604:2002 2015), para bloques tradicionales de uso estructural y no estructural, obteniéndose una resistencia a la compresión favorable de 6.15 MPa (62.75 kg/cm^2) Finalmente, menciona que la característica del concreto u hormigón liviano es su menor peso propio respecto al concreto tradicional, y esta propiedad le da ciertas ventajas al rubro de la construcción, en este sentido especifica que su ensayo tuvo un incremento en el costo debido al precio actual de las perlitas de poliestireno expandido.

(Ninaquispe, 2010), estudió el uso del concreto celular en su tesis de titulación en la Universidad Nacional de Ingeniería, su objetivo principal fue elaborar unidades de albañilería no Estructural, y agregó al diseño agregado liviano polvo de aluminio, logrando obtener una dosificación de mezcla: Cemento: 2, Arena Fina: 1, Cal: 0.5 y con 1% del peso del cemento de polvo de aluminio. Los resultados arrojaron una resistencia promedio a la compresión de 51.43 Kg/cm^2 a los 28 días, asimismo se obtuvo un 6% en costo con referencia a un ladrillo tradicional King Kong.

(Barba y García, 2019), en su trabajo de investigación denominada “Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-

Arena Liviano empleando perlitas de poliestireno, arcilla expandida y agregado fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018” tuvo como principal materia encontrar diseños óptimos para la elaboración de concreto livianos: espuma de concreto, concreto liviano no estructural y concreto estructural de baja densidad; a base de poliestireno expandido o arcilla expandida. Los cuales cumplan con las densidades y resistencia a la compresión establecidas por el “Portland Cement Association” para ser considerados como concretos livianos.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. EL CONCRETO CONVENCIONAL

(Mehta y Monteiro, 1992), refieren que el concreto proviene del inglés concrete, (a su vez del latín *concrētus*, «agredo, condensado») u hormigón (de *hormigo* gachas de harina), siendo un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade áridos (agregados), agua y aditivos específicos.

De modo similar (Valera, 2005), afirma que el concreto (u hormigón) es un material compuesto que está formado por grava (agregado grueso), arena (agregado fino), cemento Portland hidratado y, en la mayoría de los casos, de huecos.

Mientras que, (Kjellsen y Justnes, 2004), refieren que el concreto es un material multicomponente cuyas propiedades dependen de las interrelaciones entre los constituyentes que lo conforman. La pasta cementante, es decir, la matriz que aglomera los agregados y complementarios, está elaborada a partir de cemento, adiciones minerales, aditivos químicos, aire y agua. Las proporciones y calidades

de estos materiales, afectan significativamente la definición de las características microestructurales que determinarán las características macroscópicas del concreto (Ferrari, et al. 2012).

En cuanto a su composición (Kosmatka, Panarese y Bringas, 1992), hace referencia a la mezcla del concreto y menciona que está formado por dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca.

De forma oficial la (Norma E.060 Concreto Armado 2020), Norma Peruana, define al concreto como Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

Sin embargo (Huerta, 2020), resalta la importancia del concreto , agregando además que es el material de construcción más importante y de frecuente utilización en las grandes construcciones de infraestructura: complejos industriales, vías de comunicación y edificaciones en todo el mundo.

Así mismo (Nilson y Darwin, 1999) y (Lothenbach y Nonat, 2015) mencionan que se pueden obtener concretos en un amplio rango de propiedades ajustando apropiadamente las proporciones de los materiales constitutivos, y/o relaciones, utilizando agregados especiales (diversos agregados ligeros o pesados), aditivos (plastificantes, micro sílice, ceniza volante).

1.2.1.1. Componentes del concreto

Según (Pasquel Carbajal, 1998), en su libro “Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú”, habla de la tecnología del concreto moderna, define para este material cuatro componentes: cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad. Esta es, a la larga, una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento (Sánchez, 2017).

Figura 1. Proporciones en volumen absoluto de los componentes del concreto

ADITIVO 0.1 % A 0.2 %
AIRE 1% A 3%
CEMENTO 7% A 15%
AGUA 15% A 22%
AGREGADO 60% A 75%

Fuente: Instituto de Construcción y Gerencia, ICG, 2013.

1.2.1.2. Fases de producción del concreto

1.2.1.2.1. Dosificación

La (Oxford Languages, 2021), define dosificación como la acción de dosificar. Así mismo, a partir de esta definición, en el área correspondiente, se entiende como la proporción apropiada de los materiales que componen el concreto.

La (Norma E.060 Concreto Armado, 2020), indica que la dosificación de los materiales para el concreto debe establecerse para permitir que:

- a) Se logre la trabajabilidad y consistencia que permitan colocar fácilmente el concreto dentro del encofrado y alrededor del refuerzo bajo las condiciones de colocación que vayan a emplearse, sin segregación ni exudación excesiva.
- b) Se logre resistencia a las condiciones especiales de exposición a las que pueda estar sometido el concreto, según lo requerido en el Capítulo 4.
- c) Se cumpla con los requisitos de los ensayos de resistencia de 5.6.

“5.2.2 Cuando se empleen materiales diferentes para distintas partes de una misma obra, debe evaluarse cada una de las combinaciones de ellos.

5.2.3 La dosificación del concreto debe establecerse de acuerdo con 5.3 ó alternativamente con 5.4 y se deben cumplir las exigencias correspondientes del Capítulo 4” (Norma E.060 Concreto Armado, 2020).

1.2.1.2.2. Mezclado

La operación de mezclado puede ser de manera manual o en una mezcladora, consiste básicamente en la rotación o batido, con el propósito de cubrir la superficie de todas las partículas del agregado con la pasta de cemento para obtener una masa uniforme de los materiales; este no debe afectarse durante el proceso de descarga de la mezcladora.

En cuanto al tiempo (Harmsen, 2005), indica que el tiempo mínimo de mezclado del concreto es función de la cantidad de mezcla a preparar y del número de revoluciones de la mezcladora. Se mide a partir del instante en que todos los ingredientes están en la máquina. Una especificación usual es la de un minuto por 0.7m^3 concreto más un cuarto de minuto por cada 0.7 m^3 adicionales. Sin embargo, el código ACI requiere de un tiempo mínimo de un minuto y medio (ACI-5.8.3).

Según los requisitos de reglamento para (ACI 318S-05 y ACI 318SR-05, 2005), en español capítulo 5 calidad del concreto, mezclado y colocación, describe lo siguiente:

El concreto preparado en obra se debe mezclar de acuerdo con lo siguiente:

- a) El concreto deberá ser mezclado en una mezcladora de tipo aprobado, capaz de lograr una combinación total de los materiales.
- b) La mezcladora debe hacerse girar a la velocidad recomendada por el fabricante.
- c) El mezclado debe efectuarse por lo menos durante 90 segundos después de que todos los materiales estén

dentro del tambor, a menos que se demuestre que un tiempo menor es satisfactorio mediante ensayos de uniformidad de mezclado, según “Specification for Ready-Mixed Concrete” (ASTM C 94).

d) El manejo, la dosificación y el mezclado de los materiales deben cumplir con las disposiciones aplicables de “Specification for Ready-Mixed Concrete” (ASTM C 94).

e) Debe llevarse un registro detallado para identificar:

1. Número de tandas de mezclado producidas.
2. Dosificación del concreto producido.
3. Ubicación de depósito final en la estructura.
4. Hora y fecha del mezclado y de la colocación.

La (Norma E.060 Concreto Armado, 2020), establece que la medida de los materiales en la obra deberá realizarse por medios que garanticen la obtención de las proporciones especificadas.

1.2.1.2.3. Transporte y colocación

(Guzman, 2001), indica métodos para transportar el concreto de la mezcladora a la obra. El autor declara que existen tres consideraciones básicas que se deben contemplar al diseñar la mezcla, están son la economía, especificaciones y tecnología.

Menciona otras posibilidades, desde carretillas, cubetas, saltadoras y transportadores de banda, hasta camiones

especiales y de bombeo. Lo importante es que la mezcla se mantenga su cohesividad y no se segregue.

1.2.1.2.4. Compactación

Consiste en eliminar el exceso de aire atrapado en la mezcla, logrando una masa uniforme que se distribuya adecuadamente en el encontrado y alrededor del esfuerzo. Este proceso también es muy importante para conseguir un buen concreto. La compactación puede hacerse manualmente mediante el chuceo o haciendo uso de vibradores (Harmsen, 2005).

1.2.1.2.5. Hidratación y Curado del concreto

Es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico empieza a madurar y endurecer con el tiempo como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente agua y de calor (ACI-American Concrete Institute, 2004).

(Guzmán, 2001), refiere que durante la hidratación el cemento se transforma en un agente de enlace, los cuales originan propiedades mecánicas útiles en las aplicaciones estructurales. Lo que ocurre durante la hidratación es complejo, por tal motivo el estudio de las reacciones suele hacerse sobre la pasta de cemento, la misma que está compuesta por sólidos, agua y poros.

1.2.2. CONCRETO LIGERO

(Niño Hernández, 2010), en su libro sobre Tecnología del Concreto clasifica al concreto, tomando en cuenta su masa unitaria: Concreto ligero los de masa unitaria entre 500 – 2000 Kg/m³; concreto normal (convencional) los de masa unitaria entre 2000 – 2500 Kg/m³ y concreto pesado los de masa unitaria entre 2600 – 5600 kg/m³ (Niño Hernández, 2010). Para (Neville, 1986), concretos ligeros estructurales, son aquellos que poseen una densidad significativamente menor a la de un concreto convencional, es decir de aquellos cuya densidad está comprendida entre los 2200 a 2400 kg/m³, aunque el término es confuso este tipo de concretos tiene una aplicación específica como aislante especialmente aquellos que poseen densidades muy bajas como es reportado en numerosas investigaciones (Campos, 2014). Y por su parte (Kosmatka, Kerkhoff y Panarese, 1992) indican que el concreto ligero (liviano) estructural es un concreto similar al concreto de peso normal, excepto que tienen una densidad menor (1350 a 1850 kg/m³): Se le produce con agregados ligeros o con una combinación de agregados ligeros y normales o a través del procesamiento de otros tipos de materiales, tales como escorias y piedra pómez natural o artificiales; y, en la actualidad con el uso de materiales de desecho de uso común o industrial (Kosmatka, Kerkhoff y Panarese, 1992).

El (ACI 213R-87 1987) ("Guide to structural lightweight aggregate concrete" ACI manual of concrete Practice Parte 1), para diferenciar los diferentes tipos de concretos ligeros ha establecido la siguiente clasificación:

- Concreto Ligero de uso estructural, es aquel con densidad entre 1120 y 1920 kg/m³, generalmente está compuesto de una mezcla de agregado ligero con agregado de peso normal, para cumplir requisitos estructurales deberá poseer una resistencia mínima a la compresión de 17 MPa.
- Concreto de moderada resistencia, este tipo de concretos deberá tener una resistencia a la compresión entre 7 y 17 MPa, su principal objetivo es el de brindar aislamiento térmico y presenta una densidad menor que la del concreto ligero para uso estructural.
- Concreto de baja densidad, en estos materiales la densidad varía entre 300 y 800 kg/m³, se utilizan con fines no estructurales, principalmente como aislamiento térmico.

Autores como (Mindess, Young y Darwin, 2003), en su libro de Concreto sugieren otra clasificación para el concreto liviano en la que toma dos tipos de concreto ligero, según el agregado que se utilice en su fabricación:

- **Concreto aireado en autoclave o concreto celular:** este concreto se produce especialmente para proveer aislamiento térmico (pues la matriz porosa será la encargada de brindar este aislamiento, debido a la baja conductividad del aire que se mencionó anteriormente), o como aligerante. En su preparación se utiliza los materiales comúnmente conocidos como agua, arena, cemento y aire, de los cuales, este último es el de mayor importancia en este tipo de concretos. La mayoría de estos concretos “aireados” necesitan de un aditivo que origina la formación de gases para generar burbujas de aire que posteriormente serán inyectadas a la matriz; por lo que también se le denomina

concreto “espumante”. Por otro lado, está el concreto celular con autoclave que mediante la inmersión de calor al espécimen evita que la matriz de poros colapse formando una red muy resistente y además ordenada (Campos, 2014).

- **Concreto con agregados ligeros.** Concreto elaborado con agregados especiales diferentes a los procedentes de las rocas calizas con los que generalmente se elaboran los concretos convencionales. Estos agregados especiales poseen una elevada porosidad que es la responsable de su baja densidad. Entre los agregados más utilizados para la fabricación de estos concretos están los tipos expandidos que son de carácter natural que al ser sometidos a un proceso térmico adquieren su carácter poroso (por ejemplo, la arcilla expandida). Por otro lado, están los agregados de origen artificial, los cuales, por poseer un coeficiente de conductividad muy bajo, oponen buena resistencia al paso del calor debido a su microestructura, ya que la mayoría de ellos son de origen polimérico.
-

1.2.2.1. Categorización de los concretos livianos

(Quesada, 2014), para el desarrollo de su investigación realizó un cuadro de doble entrada con la categorización de los concretos livianos, tomando como base los conceptos de la (PCA-Portland Cement Association, 2021).

Tabla 1. Cuadro de categorización de concretos livianos

Diseño(meta)	Densidad(kg/m ³)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Descripción
--------------	------------------------------	-----------------------------------	-------------

A	Menor a 1000	Menor a 5	Espuma de concreto
B	1000-1800	5-17	Concreto liviano no estructural
C	1800-2100	Mayor a 17	Concreto liviano estructural

Fuente: (Quesada Víquez, 2014).

1.2.3. CONCRETO LIVIANO CON PERLAS DE POLIESTIRENO

Es un concreto el cual se obtiene mezclando cemento, arena, agua y perlitas de Poliestireno. Este tipo de concreto se diferencia de otros concretos livianos por las propiedades que le aportan las partículas de Poliestireno (Barba y García, 2019).

En el concreto liviano, se utilizan las perlas de poliestireno expandido, las cuales pueden reemplazar totalmente el agregado grueso, y parcialmente el agregado fino, debido a que son áridos que no absorben agua, no tienen impurezas, no reaccionan con el cemento y además tiene buena adherencia con el mismo. En el proceso de mezclado mecánico, se coloca el poliestireno previamente mojado para aumentar su peso, luego se vierte el agregado fino que se va a adherir a la superficie del poliestireno, luego de la mezcla se coloca el cemento y al final el agua de mezclado. El material obtenido forma una masa consistente, que se coloca en el sitio por vibrado o apisonamiento manual. Para la elaboración del concreto liviano con poliestireno expandido se debe tener en cuentas la exacta dosificación del agua, debido a que un exceso de agua puede ocasionar una mezcla no cohesiva y segregación del material en la superficie, caso contrario si la dosificación es correcta la mezcla será homogénea (Rodríguez Chico, 2017).

Figura 2. Perlas de Poliestireno



Fuente: <http://www.arkigrafico.com/>

1.2.3.1. Propiedades y características del concreto liviano

(Paulino Fierro y Espino Almeyda, 2017) En su tesis cita las propiedades más resaltantes que brinda el concreto liviano elaborado con perlitas de Poliestireno.

- Baja densidad
- Excelente aislamiento térmico.
- Menor absorción de humedad.
- Baja resistencia Mecánica.

Tabla 2. Densidad y resistencia del concreto con perla de Poliestireno

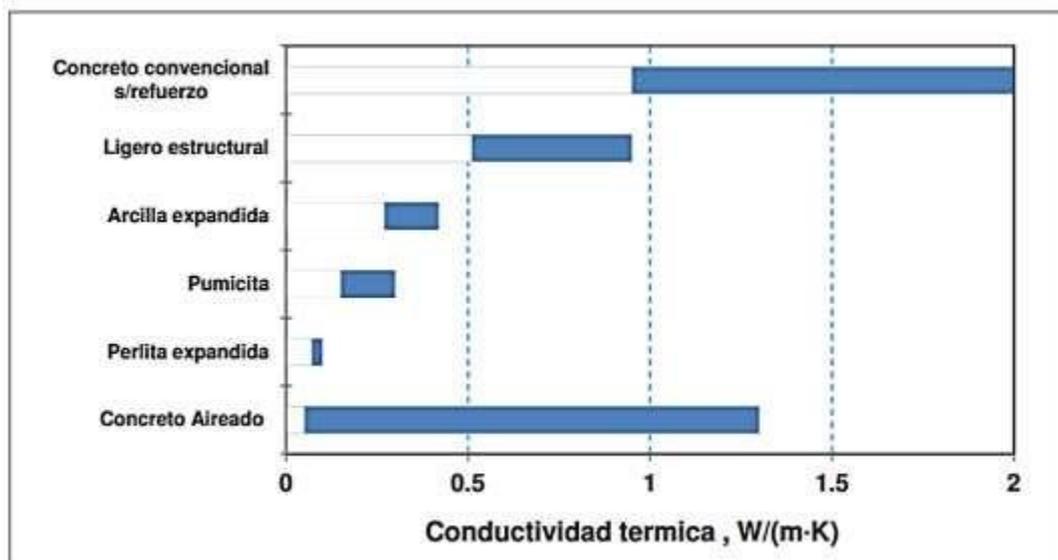
Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la compresión(kg/cm ²)
200	8
250	10
300	15
350	19

(Paulino Fierro y Espino Almeyda, 2017).

Conductividad térmica del concreto liviano

El concreto ligero tiene bajo coeficiente de conductividad térmica en comparación con los concretos de peso normal y autocompactable, lo que permite un ahorro de energía para el usuario final, ya que la vivienda se aísla de manera más eficiente contra los cambios de temperatura (Carrillo, Alcocer y Aperador, 2013).

Figura 3. Conductividad Térmica, W/(m.k)



Fuente: Capítulo 1. Introducción: 1.2. Concreto ligero. Pág. 3 (Campos, 2014).

El concreto por sí solo es un material que tiene propiedades adecuadas para proporcionar una protección contra el fuego; sin embargo, al estar unido con las perlas de poliestireno (material combustible), para formar los bloques livianos, pierden esta principal característica y sabiendo que la norma E-060 pide en muros no portantes una duración mínima de dos horas de protección frente al fuego; su uso no es recomendable para ambientes con requerimientos en resistencia al fuego.

1.2.3.2. Dosificación de la mezcla

(Quezada, 2014) En su investigación para la dosificación de la mezcla y para la elaboración de la espuma de concreto, concreto liviano no estructural y concreto estructural de baja densidad elaborados con perlas de poliestireno; considero la siguiente tabla:

Tabla 3. Diseños de mezcla para concretos con poliestireno

Diseños de mezcla definitivos con agregado seco			
Dosificaciones	Espuma de concreto	Concreto liviano no estructural	Concreto estructural de baja densidad
Volumen (L)	35	35	35
Relación A/C	0.48	0.58	0.57
Contenido de cemento (kg/m ³)	270	410	410
Porcentaje de Aire (%)	45	7	4.5
Cemento (kg)	9.45	14.35	14.35
Arena (Kg)	5.93	21.92	27.26
Piedra (kg)	-	-	17.27
Poliestireno expandido (kg)	0.10	0.10	-
Agua (kg)	4.92	9.75	11.42
Sikament HE200 (ml)	114	172.2	172.2
Sikalightcrete (ml)	43.70	0.00	7.96
43,70 0,00 7,96			

Fuente: (Quesada, 2014).

1.2.4. BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO

Los bloques de concreto son elementos paralelepípedos, moldeados, que se adaptan a un manipuleo manual, especialmente diseñados para la albañilería armada y confinada con acabado tarrajado o también con un terminado caravista. (Morales, 2004)

La Norma (NTP 399.005, 2002), define así los bloques de concreto: “Es la unidad de albañilería, cuya dimensiones

nominales mínimas son de 30mm de largo, 200mm de ancho y 200mm de alto, en el que su alto es tal, que no excede a su largo ni a seis veces su ancho. Generalmente posee cavidades interiores transversales que pueden ser ciegas por uno de sus extremos y cuyos ejes son paralelos a una de las aristas.”

En elaboración de los bloques de la presente investigación, los materiales utilizados están constituidos por cemento Portland, agregado fino, Perlas de poliestireno, agua y aditivos; se deberá considerar relación a/c mínima a fin de proporcionarles características de durabilidad e impermeabilidad; el equipo necesario para fabricar los bloques de concreto liviano estuvo constituido por un molde metálico.

Ver **figura 1**. Anexo 4

1.2.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

1.2.6. Cemento Portland GU

Según afirma (Rivva, 1992), el cemento portland es el más usado y el más versátil de los materiales de construcción, permitiendo su uso en todo tipo de formas estructurales y en climas variados. (Baquerizo, et al. 2014), refiere que el cemento portland (OPC) es producido a partir de la combinación de clinker pulverizado, constituido esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos, y sulfato de calcio. Adicionalmente es permitido un porcentaje menor de adiciones. Este cemento debe cumplir los requisitos de composición química y propiedades físicas exigidos por la norma ASTM C150. Presenta 8 tipos de designación: tipo I para cuando no se requieren propiedades especiales del cemento, tipo II de uso general con moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación, tipo III

de altas resistencias iniciales, tipo IV de bajo calor de hidratación, tipo V de alta resistencia a los sulfatos, y tipos IA, IIA, y IIIA, con los mismos usos que los tipos I, II y III, pero con incorporador de aire.

Tabla 4. Tipos de cemento Portland

Cementos hidráulicos	Tipo	Denominación
Cemento Portland	Tipo I Tipo II Tipo III Tipo IV Tipo V	Cemento Portland de uso general. Cemento Portland de uso general de moderada resistencia a los sulfatos. Cemento Portland de alta resistencia inicial. Cemento Portland de uso general de bajo calor de hidratación. Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos.
Cemento Portland adicionados (compuestos)	Tipo IS Tipo IP Tipo I(PM) Tipo IL Tipo IT Tipo ICo	Cemento Portland adicionado con escoria de alto horno. Cemento Portland adicionado puzolánico. Cemento Portland adicionado puzolánico modificado. Cemento Portland adicionado con caliza. Cemento Portland adicionado con temario. Cemento Portland adicionado compuesto
Cementos hidráulicos especificado por desempeño	Tipo GU Tipo HE Tipo MS Tipo HS Tipo MH Tipo LH	Cemento Hidráulico de uso general. Cemento Hidráulico de alta resistencia inicial. Cemento Hidráulico de moderada resistencia a los sulfatos Cemento Hidráulico de alta resistencia a los sulfatos Cemento Hidráulico de moderado calor de hidratación. Cemento hidráulico de bajo calor de hidratación

Fuente: Reglamento Proyecto de D.S.R.M.175: Reglamento Técnico Sobre Cemento Hidráulico Utilizado en Edificaciones y Construcciones de Concreto en General, Cap. I, Art. 1, Inc. 2.1. Tabla 1. Aprobado con (Resolución Ministerial N° 175-2020-PRODUCE 2020).

En el reglamento Técnico sobre cemento hidráulico utilizado en edificaciones y construcciones de concreto en general – 2019 describe que el Perú cuenta con Normas Técnicas Peruanas (en adelante, NTP), que han sido elaboradas en base a las normas técnicas de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, ASTM (por sus siglas en ingles). Así se tiene las NTP 334.090, NTP 334.009, NTP 334.082, en las cuales la clasificación de los tipos de cemento se encuentra acorde con la normativa de la ASTM, tal como se describe en el siguiente cuadro.

El cemento portland Tipo GU (APU) es un cemento de tipo hidráulico de uso general. El requisito físico para el Cemento Portland Tipo GU se indica en la tabla n°5 requisitos físicos estándar Tipo GU (APU).

Tabla 5. Requisitos físicos estándar GU (APU)

Tipo de cemento	Método de ensayo aplicable	GU
Finura	NTP 334.002	A
Expansión autoclave, % máximo tiempo de fraguado, ensayo de vicat inicial, no menor que, minutos	NTP 334.004 NTP 334.006	0.80 45
Inicial, no mayor que, contenido de aire en mortero,% volumen	NTP 334.048	420
Resistencia a la compresión min MPa (Psi)	NTP 334.051
1 día	
3 días		13(1890)
7 días		20(2900)
28 días		28(4060)
Calor de hidratación 7 días, máx, kj/kg NTP 334.064 (Kcal/kg)	NTP 334.064
28 días, máx. kj/kg (Kcal/kg)	
Expansión de la barra del mortero 14 días % máx.	NTP 334.094	0.020
Expansión por sulfato (resistencia a los sulfatos	NTP 334.093
6 meses % máx.	
1 año % máx.	

Fuente: (ASTM C 1157, 2002) (C1157-00a standard Performance Specification for Hydraulic cement). A es igual a tanta cantidad retenida

cuando tamizaron en húmedo en el 45 mm (Nº 325) de tamiz y la superficie fl específico por el aparato de permeabilidad al aire en kg/m².

Tabla 6. Propiedades físicas y químicas del cemento portland Tipo GU (Apu)

Parámetro	Unidad	Cemento Apu	Requisitos NTP 334.082/ASTM C-1157
Contenido de aire	%	4.63	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.01	Máximo 0.08
Superficie específica	m ² /kg	366	No específica
Densidad	g/ml	3.03	No específica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la Compresión a 3 días	Kg/cm ²	272	Mínimo 133
Resistencia a la Compresión a 7 días	Kg/cm ²	320	Mínimo 204
Resistencia a la Compresión a 28 días	Kg/cm ²	369	Mínimo 285
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	Min	128	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	Min	284	Máximo 420
Barras curadas en agua			
Expansión a 14 días	%	0.008	Máximo 0.020
Calor de Hidratación			
Calor de hidratación a 7 días	Kcal/kg	69	No específica
Calor de hidratación a 7 días	Kcal/kg	75	No específica

Fuente: (NTP 334.082, 2000).

1.2.7. Agregado Fino

(Rivva López 2004) describe el material del que puede estar compuesto el agregado fino, en ese sentido afirma que puede ser arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; precisando como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa la malla de 3/8" (9.5mm) y cumple con los límites establecidos en la Norma (NTP 400.037, 2018) o (ASTM C33-03, 2015).

La (NTP 400.037, 2018) menciona que el agregado según diámetro de las partículas, se divide en agregados grueso y fino; cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la presente norma, además establece los requisitos de granulometría y calidad de los agregados finos y gruesos para uso en concreto.

En este contexto, autores como (Jiménez, García y Morán, 2000) resaltan la importancia de otras características que tienen gran importancia en este material, como la humedad, resaltando que esta influye directamente en el diseño de mezcla.

(Guzman, 2001) define a los agregados o áridos, como aquellos materiales que, aunque poseen resistencia al grano propia y suficiente; no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento.

El muestreo de los agregados es una operación fundamental en el proceso de control de calidad, se realiza según la (NTP 400.010, 2016), concordante con la Norma (ASTM C 702, 2015).

En la Selva Baja peruana no existe la disponibilidad natural de agregado grueso y para la construcción de estructuras se utiliza la mezcla de cemento, arena cuarzosa blanca, (de granulometría

uniforme y módulo de finura inferior a 2), agua y opcionalmente aditivos, cuyo material en la academia, para diferenciarlo del mortero de uso universalmente no estructural, se le conoce como “Concreto Cemento arena” o simplemente “Concreto de Arena”. A sabiendas que el uso de este material para construcción de sistemas y elementos estructurales no está permitido, en las ciudades de Loreto se lo está usando como material estructural y para la determinación de las propiedades de la arena se viene empleando las disposiciones de la Norma Técnica Peruana NTP y Norma ASTM, como también las recomendaciones del ACI y ASOCEM (Neville y Brooks, 1987); (Darwin, Dolan y Nilson, 2016); (Nilson, 1978).

1.2.7.1. Granulometría del agregado fino (NTP 400.012), (ASTM C136)

La distribución de los diferentes tamaños de los granos que componen un árido tiene una importancia decisiva en las características del hormigón.

La diferencia entre el contenido que pasa un amalla y el recipiente en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular (Abanto Castillo, 2009).

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, especialmente de la granulometría y otras características de la arena; y, como no se puede modificar la granulometría de la arena a diferencia de lo que sucede con el agregado grueso, que se puede cribar y almacenar separadamente sin dificultad, la atención principal, entonces, se dirige al control de su homogeneidad

(Ari, 2002). El ensayo de granulometría del agregado fino se efectuará bajo la (NTP 400.012, 2013, p. 012)

Los límites de distribución granulométrica según la Norma Técnica (NTP 400.037, 2018) y la (ASTM C33-03, 2015), se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 7. Límites granulométricos según normas NTP 400.037 y ASTM C – 33

Malla	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8 – in)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	10 a 30
150 µm (N° 100)	2 a 10

Fuente: (NTP 400.037, 2018)

1.2.7.2. Módulo de finura: (Norma NTP. 400.011)

Índice aproximado que representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena; se usa para controlar la uniformidad de los agregados. Según la Norma Técnica (NTP 400.011, 2008), se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100, dividido entre 100.

Según la Norma Técnica NTP 400.011, se considera que el módulo de finura de una arena adecuada para producir concreto debe estar entre 2.3 y 3.1, donde un valor menor que 2.0 indica una arena fina, 2.5 una arena de finura media

y más de 3.0 una arena gruesa además, la arena debe tener un Módulo de Finura no menor de 2.35 ni mayor que 3.15.

De acuerdo a la, en la apreciación del módulo de finura, se estiman que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia (Benites Espinoza, 2011).

La granulometría del agregado fino empleado en un trabajo determinado debe ser razonablemente uniforme. Las variaciones de más o menos 0.2 en el módulo de fineza pueden ser causa de rechazo (Rivva López, 2000).

1.2.7.3. Superficie específica

Consiste en determinar las sumas de las áreas superficiales por unidad de peso, generalmente es expresado en cm²/gr.

La Pontificia Universidad Científica del Perú, 2001, muestra la siguiente fórmula en su apartado de Tecnología del Concreto.

$$Se = 6/100 * G (p1/d1+p2/d2..... pn/dn)$$

Se = Superficie específica

G = Peso específico del agregado (gravedad específica)

p1 = % retenido en el tamiz i

d1 = Diámetro promedio de las partículas

1.2.7.4. Material que pasa la malla N° 200 (NTP 400.018)

“El principio del ensayo consiste en evaluar el recubrimiento superficial que puede tener un agregado como consecuencia del material fino mencionado en el apartado 3.1 de la norma (NTP 400.018, 2013) y su potencial de perjudicar el comportamiento de concretos o morteros en los que pueda ser empleado.

Para esta evaluación, el agregado se somete a un proceso de sedimentación y tamizado por vía húmeda.

El material más fino que el tamiz 75- μm (N°200) se puede separar de las partículas más grandes de manera más eficiente y completamente por tamizado en húmedo que a través del uso de tamizado en seco. Por lo tanto, cuando se requiere determinar la cantidad precisa de material presente más fino que 75 micras en el agregado fino, se debe utilizar este método en la muestra antes del tamizado al seco de acuerdo con la (NTP 400.012, 2013). Los resultados de este método de ensayo se incluyen en el cálculo en el Método de Ensayo 400.012, y se reportarán la cantidad total de material más fino que 75 μm por lavado, además de la obtenida por tamizado en seco de la misma muestra, como resultado de la NTP 400.012. Por lo general, la cantidad es una pequeña cantidad adicional de material más fino que 75 μm obtenida en el proceso de tamizado en seco. Si es grande, la eficiencia de la operación de lavado se debe comprobar. También podría ser un indicio de degradación del agregado.

El agua es adecuada para separar el material más fino que 75 micras del material más grueso con la mayoría de los agregados. En algunos casos, el material más fino se adhiere a las partículas más grandes, tales como algunos revestimientos de arcilla y recubrimientos sobre los agregados que han sido extraídos a partir de mezclas bituminosas. En estos casos, el material fino se separa más fácilmente con un agente humectante en el agua". (NTP 400.018, 2013, p. 018)

$$A = [(B - C)/B] \times 100$$

Donde

A = % que pasa el tamiz N° 200

B = Peso de la muestra (g)

C = Peso de la muestra lavada y secada (g)

1.2.7.5. Peso Unitario: (NTP 400.017), (ASTMC-29)

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen. El peso unitario varía con el contenido de humedad. (Rivva López, 2000)

Es el resultado obtenido en kg/m³ es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezclas para estimar las proporciones y también conversiones de dosificaciones de peso a volumen. Su valor depende de condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría y

contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación aplicado, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

➤ **Materiales:**

- Balanza: de una precisión aproximada de 0.5 kg y que visualice los pesos de muestra por lo menos del 0.1%.
- Barra compactadora de acero: barra con punta semiesférica de acero lisa de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de largo.
- Recipiente de medida: recipiente cilíndrico metálico, con precisión en sus dimensiones interiores.
- El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16.70°C. para cualquier unidad del factor "f" se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16.7°C (1000 kg/m³) por el peso del agua a 16,7°C necesario para llenar el recipiente.
- Pala, badilejo y regla.

$$f = 1000/WA$$

Donde:

f = Factor de calibración del recipiente (1/m³)

WA = Peso del agua en el recipiente (kg)

➤ **Preparación de la muestra:**

Seleccionar la muestra de agregado siguiendo los procedimientos de la NTP 400.010-2011, la muestra tiene que estar completamente seca a temperatura ambiente o de manera manual.

El peso unitario puede estar expresado en dos condiciones:

➤ **Peso unitario suelto:**

- Llenar el recipiente con la pala desde una altura no mayor a los 50 mm por encima del borde superior del recipiente.
- Nivelar la superficie del borde superior, eliminando el agregado sobresaliente con la regla.
- Determinar el peso del recipiente más el contenido en la balanza y el peso del recipiente solo (con una precisión de 0.05kg) para después realizar el siguiente cálculo según la norma NTP 400.017 (con las unidades correspondientes).

$$\text{PUS} = f * W_s$$

Donde:

PUS = Peso unitario suelto del agregado fino (kg/m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1/m³)

Ws = Peso del recipiente (kg)

➤ **Peso unitario compactado.**

- Se introduce el agregado seleccionado en el recipiente hasta la tercera parte y se nivela la superficie con la mano.
- Se apisona la primera capa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.
- Se procede a llenar hasta las dos terceras partes del recipiente y de nuevo se compacta con 25 golpes.
- Se termina de llenar el recipiente hasta su altura final y se vuelve a compactar con 25 golpes, el material restante que queda en la parte superior del recipiente se elimina utilizando la barra compactadora como regla.
- Determinar el peso del recipiente más el contenido en la balanza y el peso del recipiente solo (con una precisión de 0.05kg) para después realizar el siguiente cálculo según la norma NTP 400.017-201 (con las unidades correspondientes).

$$\text{PUC} = f * W_s$$

Donde:

PUC = Peso unitario suelto del agregado fino (kg/m^3)

f = Factor de calibración del recipiente ($1/\text{m}^3$)

W_s = Peso del recipiente (kg)

1.2.7.6. Peso específico y absorción: (NTP 400.022), (ASTM C-128)

El peso específico, gravedad específica o densidad real es la relación entre el peso del material y su volumen. Su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. El peso específico de las arenas varía entre 2.5 y 2.7 g/cm³; las arenas húmedas con igual volumen aparente, pesan menos que las secas debido a que recubren de una película de agua que la hace ocupar mayor volumen. El volumen de huecos de una arena natural oscila entre un mínimo de 26% para las arenas de granos uniformes y hasta de 55% para las de granos finos (Benites, 2011).

La capacidad de absorción de un agregado está dada por la cantidad de agua que el necesita para pasar del estado seco (S) al estado saturado superficialmente seco (SSS). Normalmente se expresa en porcentaje (Rivva López, 1992).

El ensayo de peso específico y absorción del agregado fino se realizó siguiendo los pasos contemplados en la NTP 400.022-2002, con lo que se puede determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y la absorción del agregado fino.

➤ Materiales

- Balanza con sensibilidad de 0,1 g o menos y con capacidad de 1kg o más.
- Frasco volumétrico de 500 cm³ de capacidad, calibrado hasta 0,10 cm³ a 20°C.

- Molde cónico, metálico, de 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm de altura.
- Barra compactadora, de metal de 340 g + 15 g de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm +3 mm de diámetro.
- Horno o estufa, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ C}+5^{\circ}\text{C}$.
- Termómetro, con aproximación a $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

➤ **Preparación de la muestra**

- Se coloca aproximadamente 1000 g de agregado fino, obtenido del agregado que se desea ensayar por el método del cuarteo, en un envase adecuado.
- Se seca la muestra a $110\text{ }^{\circ}\text{C}+5^{\circ}\text{C}$ hasta que dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado en la estufa no difieran en más de 0,1 %.
- Se cubre la muestra con agua y se deja en reposo durante 24 h.
- Se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí.
- Se coloca el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra compactadora y se levanta el molde verticalmente. Si existe humedad. Libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma. Se sigue secando,; revolviendo constantemente, y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitare

molde. Esto indica que el agregado fino ha alcanzado una condición de Superficie seca.

➤ **Procedimiento**

- Se introduce en el frasco una muestra de 500 g del material preparado se llena de agua hasta alcanzar la marca de 500 Cm³ a una temperatura de 23 C ± 2°C.
- Luego se Hace rodar el frasco sobre una superficie plana para eliminar todas las burbujas de aire, después de lo cual se coloca en un baño a temperatura constante de 23°C ±2°C.
- Después de aproximadamente una hora se llena con agua hasta la marca de 500, cm³; y se determina el peso total del agua introducida en el frasco, con aproximación de 0,1g.
- Se saca el agregado fino del frasco, se seca hasta peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C.se enfría a temperatura ambiente en un secador durante ½ h a 1 ½ h y se pesa.

• **Peso específico seco:**

Peso específico de masa seca: Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeable naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma. Densidad de un volumen igual de agua libre de gases.

$$\text{Peso específico de masa} = A / (V-W)$$

Donde:

A = Peso de la arena seca (g)

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

- **Peso específico saturado con superficie seca**

Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables saturados con agua e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases.

$$P.E.M.S.S.S = \frac{500}{(V - W)}$$

Donde:

V = Volumen de la fiola (cm³)

W = Peso del agua (g)

- **Peso específico aparente:**

Se define como la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material respecto de la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases, si el material es un sólido el volumen es aquel de la porción impermeable.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

Donde:

A= Peso de la arena seca (g)

V = Volumen de la fiola (cm³)

W= Peso del agua (g)

- **Porcentaje de absorción:**

Es la cantidad de agua total que el agregado fino puede absorber y normalmente se expresa en porcentaje. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto, es necesario tenerlo siempre en cuenta.

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{(500 - A)}{A} * 100$$

Donde:

A = Peso de la arena seca (g)

1.2.7.7. Contenido de humedad: (NTP 339.185), (ASTM C-566)

Es la cantidad total de agua que un agregado tiene y se determina por la diferencia entre su peso (H) y su peso seco (S) (Rivva, 1992).

Este ensayo se realizó siguiendo los alineamientos contemplados en la (NTP 339.185: 2013), donde nos indica cómo podemos determinar la cantidad de humedad

evaporada mediante secado en horno a 100 – 110°C por un periodo de 24 horas, multiplicado por 100.

➤ **Materiales:**

- Balanza con sensibilidad de 0,1 g o menos y con capacidad de 1kg o más.
- Horno o estufa, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \text{ C} \pm 5^\circ\text{C}$.
- Tara o recipiente que se capaz de resistir el calor del horno y que tenga la suficiente capacidad para contener la muestra sin ocasionar desperdicios.

➤ **Preparación de la muestra:**

- Primero seleccionar la muestra del agregado conforme a lo contemplado en la (NTP 400.010: 2016)
- La muestra del agregado se selecciona mediante la cantidad de la muestra según su tamaño máximo nominal como se muestra en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Tamaño máximo nominal

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4.75(Nº 4)	0.5
9.5(3/8)	1.5
12.5(1/2)	2
19.0(3/4)	3
25.0(1)	4
37.5(1 1/2)	6
50(2)	8
63(2 1/2)	10
75(3)	13
90(3 1/2)	16
100 (4)	25
150(6)	50

Fuente: Norma técnica peruana (NTP 400.010: 2016)

- Colocar y pesar la muestra.

➤ **Procedimiento:**

- Pese la muestra humedad con precisión del 0.1%.
- Seque completamente la muestra hasta obtener un peso constante. Si se coloca en el horno ventilado, la temperatura dese ser de 110 °C ± 5°C.
- Dejar que la muestra seca se enfríe y se procede a pesar con una aproximación de 0.1%.

$$H = \frac{A-B}{B} * 100$$

Donde:

H = Contenido de humedad (%)

W = Peso de la muestra húmeda (g)

D = Peso muestra seca (g)

- La humedad superficial (agua libre) es la diferencia entre el contenido total de humedad y la absorción conocida del agregado.

1.2.8. Perlas de Poliestireno

(ANAPE - Asociación Nacional de Poliestireno Expandido, 2021), define técnicamente al Poliestireno Expandido como "Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas pre-expandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire", puede ser usado en la construcción como reemplazo parcial o total del agregado grueso para la elaboración del concreto liviano.

Tabla 9. Características físicas del poliestireno expandido

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
Forma Geométrica	Esferita
Tamaño de la Perla	≤ 3 mm
Densidad	0.013 gr/cm ³
Comportamiento del Agua	No es Higroscópico
Reciclado	Si
Conductividad Térmica	0.046 – 0.033 W/m ⁰ k
Degradación	Ninguna

Fuente: Recopilación de la (ANAPE - Asociación Nacional de Poliestireno Expandido, 2021).

Fabricantes de este material en el Perú como, (CONSORCIO DISARGESA SAC, 2021), definen a las perlas de poliestireno (Tecnopor), como pequeñas esferas de diámetros variables de 3mm y 7 mm.

De forma similar que el fabricante anterior, (ETSA PERÚ, 2021), especifica su utilidad básica en la construcción como hormigones livianos, rellenos livianos, y afines; así mismo manifiesta que entre las cualidades que tiene, permite además, reducir peso en las estructuras y cargas a la cimentación, por lo que estos son denominados Tecnopor para Construcción.

Tabla 10. Medidas Comerciales de las perlas de Tecnopor

DENSIDADES	10 Kg/m ³
	12 Kg/m ³
	20 Kg/m ³
	30 Kg/m ³
USOS	Mortero, Hormigón liviano, componente para explosivos, relleno y afines.
PRESENTACIÓN	Embolsado

Fuente: (ETSA PERÚ, 2021).

Otros autores como (Chemical SafetyFacts.org, 2016) advierten que el poliestireno se fabrica hilando o polimerizando estireno, una sustancia química fundamental usado en la fabricación de varios productos, en este sentido especifica que su composición puede tener más de 95%de aire.

Mientras que (GRUPO VALERO, 2021) hace énfasis en el Poliestireno Expandido (EPS), y resalta que este es conocido comúnmente como corcho blanco, corchopan, techopan, hielo seco, poliexpan, esferovite entre otras denominaciones.

1.2.9. Agua

Sustancia empleada para la elaboración de Mezcla de Concreto; según su naturaleza esta puede ser:

- Agua combinada: mezcla de dos o más fuentes de agua combinadas entre sí, antes o durante su introducción en la producción del concreto.
- Agua no potable: Son fuentes de agua que no son aptas para el consumo humano, pero no contienen agua de las operaciones de producción de concreto.
- Agua potable: Agua que es apta para el consumo humano.

En este sentido (Harmsen, 2005), indica que el agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. En general, el agua potable es adecuada para el concreto. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla, según especifica y cuando se fragua el concreto va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que

cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos.

Los límites máximos permisibles de concentración de sustancias en el agua serán los indicados en la *Tabla 11*. (Sedapal, 2016).

Tabla 11. Límites máximos permisibles en el agua

Parámetro	Cantidad (Und.)
Cloruros	300 p.p.m
Sulfatos	300 p.p.m
Sales de Magnesio	150 p.p.m
Sales Solubles Totales	500 p.p.m
pH	6-8
Sólidos en Suspensión	500 p.p.m
Materia orgánica, expresada como oxígenos como oxígenos consumidos.	3 p.p.m
Alcalinidad Total	1000 p.p.m
Álcalis como ()	600 p.p.m

Fuente: (Sedapal, 2016).

Así mismo la (NTP 339.088, 2019) establece las exigencias del agua utilizada para la preparación y curado del concreto. (Sedapal, 2016) establece que no se permitirá el uso de agua no potable, o agua combinada, en la medida que no cumpla con los requisitos establecidos en la *Tabla 11*.

El agua que se utilizó para el mezclado y curado del concreto liviano en esta investigación fue agua del laboratorio de suelos de la Universidad Científica del Perú, agua que proviene de la red pública (agua potable) suministrada por Seda Loreto, que cumple con los límites máximos y mínimos permisibles; cumpliendo así con la norma

399.088-2044 en concordancia con la ASTM C 1602-2012, sin afectar al concreto.

Haciendo énfasis en la (NTP 339.088, 2019), se cita a (Duda, 1977) quien menciona que para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua solo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla.

1.2.10. Aditivos

Los aditivos para concreto son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones. Los aditivos a ser empleados en las mezclas de concreto deberán cumplir con las exigencias de la norma NTP 334.089.54

(Rivva López, 2013), menciona sobre los aditivos reductores de agua; retardadores; acelerantes; deberán cumplir con los requisitos de la Norma (NTP 334.088 2015); CEMENTOS. Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón (concreto) que reemplaza a la Reemplaza a la NTP 334.088:2006, o de la ASTM (ASTM C1017/C1017M 07).

A continuación, se detalla los aditivos utilizados en el presente proyecto:

NEOPLAST 8500 HP: Es un aditivo para concreto especialmente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad, reductor de agua de alto rango sin retardo y optimizador de cemento en mezclas de concreto, está diseñado para ser empleado en climas cálidos y fríos (QSI Perú S.A, 2021).

Aplicaciones principales:

- Concretos autos compactados.
- Concreto de baja relaciones agua/cemento.
- Concreto de alta resistencia.
- Concreto fluido de alto asentamiento.
- Concreto reforzado.

Beneficios:

- Produce concretos fluidos sin retardo.
- Permite que el concreto o mortero sea transportado a largas distancias.
- Reduce más de 45% del agua de amasado.
- Reduce la segregación y exudación en el concreto plástico.
- Reduce las fisuras y permeabilidad en el concreto endurecido

(Ver *Figura 7. Ficha Técnica NEOPLAST*, Anexo 2. pag.113).

EUCOCELL 1000: Es un aditivo líquido diseñado para la fabricación de concretos y morteros fluidos, con altos contenidos de aire, baja densidad y resistencia a compresión. No es recomendado para concreto convencional (QSI Perú S.A, 2019).

Aplicaciones principales:

- EUCOCELL 1000 es un aditivo para fabricación de morteros fluidos utilizados en inyección empleado en:

- Relleno Fluido.
- Concreto de densidad controlada.
- Dar apoyo bajo y detrás de estructuras y revestimientos de túneles.
- Relleno de cavidades difícilmente accesibles.
- Rellenos provisionales.
- Inyección bajo pavimentos.

Características / Beneficios

- Los rellenos fluidos para inyección y los morteros celulares son materiales más ligeros que los concretos convencionales y son una alternativa económica en donde se requiere un relleno cementicio.
- Aditivo líquido listo para usar.
- El relleno tiene alta fluidez y trabajabilidad.
- Reduce la contracción y aumenta el asentamiento.
- Es autonivelante, no requiere vibrado.
- No requiere alta mano de obra. y sin segregación

(Ver *Figura 6. Ficha Técnica EUROCELL 1000*, Anexo 2. pag.110).

1.2.11. Diseños de mezcla de concreto

De los estudios desarrollados en tecnología de materiales, podemos conceptualizar al diseño de mezcla como un proceso, el mismo que se basa en el cálculo de las proporciones adecuadas de los elementos que se integran para formar el concreto, esto con la única finalidad de obtener el mejor resultado requerido en cuanto a resistencia.

En ese sentido el diseño de mezclas incluye, la determinación del peso unitario (densidad), rendimiento de materiales y contenido de aire, aplicando ciertos criterios en los que intervienen la relación agua/cemento y las relaciones agua/cemento; siendo necesario contar con información de las propiedades de los agregados finos y gruesos.

Propiedades del agregado fino

- Peso específico
- Peso unitario suelto
- Peso unitario compactado
- Granulometría
- Contenido de humedad
- Porcentaje de absorción
- Módulo de finura
- Superficie específica
- Material que pasa la malla N° 200

Existen diferentes métodos para el diseño de mezcla de concreto entre los cuales se encuentra los analíticos, experimentales, semianalíticos y empíricos.

1.3. ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO

1.3.1. Peso unitario (NTP 339.046):

Establecido en la (NTP 339.046: 2018).

El peso unitario es el peso del concreto por metro cúbico para cada relación agua cemento.

$$f=1000/W_a$$

$$P.U=f*W_c$$

Donde:

f = factor de calibración del recipiente (1/m³)

Wa = Peso del agua en kg

PU = Peso unitario del concreto (kg/m³)

Wc = Peso del concreto fresco (kg)

1.3.2. Rendimiento: (NTP 339.046)

Establecido en la (NTP 339.046: 2018).

El objetivo es obtener el rendimiento del concreto por bolsa de cemento, se expresa en metros cúbicos.

$$\gamma=Vh/N$$

Donde:

Y = Rendimiento (m³)

Vh = Volumen de concreto (m³)

N = Número de bolsas de cemento (Kg) 60

$$Vh=(N*Pc+Pa.f+Pa.g+Pa)/Pu$$

Donde:

Pc = Peso de la bolsa de cemento (Kg)

Pa.f. = Peso del agregado fino (Kg)

Pa.g. = Peso del agregado grueso (Kg)

Pa = Peso del agua (Kg)

$P_u = \text{Peso unitario del concreto (Kg/m}^3\text{)}$

1.3.3. Contenido de aire:

Establecido en la (NTP 339.046: 2018).

Las burbujas de aire pueden estar presentes en la pasta como resultado de las operaciones del proceso de puesta en obra, en cuyo caso se le conoce como aire atrapado o aire natural; o pueden encontrarse en la mezcla debido a que han sido intencionalmente incorporadas a ella, en cuyo caso se les conoce como aire incorporado (Rivva López, 2007)

En los concretos con aire incorporado, éste se incorpora intencionalmente a la mezcla mediante el empleo de aditivos con la finalidad de mejorar determinadas propiedades del concreto, especialmente su durabilidad frente a los procesos de congelación y deshielo. Las burbujas de aire incorporado se caracterizan por el pequeño diámetro de las burbujas, entre 10 y 100 micrones, y el perfil esférico de las mismas (Rivva López, 2007)

En este proyecto se encontró el contenido de aire por medio del Método de Volúmenes Absolutos.

$$A = ((T - D) / T) \times 100$$

Donde:

T = Densidad teórica del concreto (Kg/m³)

D = Densidad del concreto (Kg/m³)

A = Contenido de aire (%)

1.3.4. Asentamiento

Establecido en la (NTP 339.035: 2016), (ASTM C – 143)

La consistencia del concreto fresco es la capacidad de la masa de concreto para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. La consistencia se modifica fundamentalmente por la variación del contenido de agua en la mezcla. En los concretos bien proporcionados, el contenido de agua necesario para producir un asentamiento determinado depende de varios factores; se requiere más agua con agregados de forma angular y textura rugosa, reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado. El ensayo para medir la consistencia del concreto se denomina ensayo slump y consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico (Cono de Abrams), midiendo el asentamiento de la mezcla luego de desmoldado (Waddell 1968).

1.3.5. Exudación:

Establecido en la (NTP 339.077: 2020, p. 077)

La exudación es el acto mediante el cual el agua contenida dentro de la mezcla tiende a subir a la superficie del concreto recién colocado. Se origina con la incapacidad de los componentes sólidos de retener toda el agua cuando se asientan. La exudación puede expresarse cuantitativamente como el asentamiento total (reducción de altura) por unidad de altura del concreto. Tanto la capacidad de exudación como la proporción de exudación pueden determinarse experimentalmente mediante la prueba (ASTM C232 / C232M -

20 2010). La exudación del concreto termina cuando la pasta ha endurecido lo suficiente (Brooks y Neville, 1999).

$$C = \frac{w}{W} * S$$

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{V}{C} * 100$$

Donde:

C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en Lts.

w = Agua efectiva en Lts.

W = Cantidad total de materiales, en Kg

S = Peso del concreto en Kg

V = Volumen final exudado en Lts

1.3.6. Temperatura del concreto:

(NTP 339.184: 2018, p. 184), (ASTM C1064)

Este ensayo cumple con la finalidad de examinar la temperatura del concreto recién mezclado, puede usarse para verificar que dicho concreto satisfaga requerimientos específicos de temperatura; es importante realizar este control debido a que condicionan la velocidad del proceso de endurecimiento inicial del concreto, la cual es influenciada por la temperatura ambiente y calor específico de los materiales constituyentes; a mayor temperatura durante el muestreo mayor será la resistencia inicial y también el efecto de contracción, disminuyendo posiblemente la resistencia a largo plazo.

El ensayo consiste en colocar un dispositivo de medición de temperatura en la muestra de concreto de tal modo que este rodeado de mezcla por todos sus lados (al menos 3" y lejos del recipiente que lo contiene), el tiempo mínimo que debe estar introducido el dispositivo medidor es de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice. Se debe efectuar este ensayo dentro de los 5 minutos de tomada la muestra.

1.4. ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO

1.4.1. Resistencia a la compresión:

Establecido en la (NTP 339.034, 2015, p. 034)

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. La resistencia a la compresión es una de las más importantes propiedades, del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.

Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. Objeto: La presente Norma establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, moldeadas con hormigón o de testigos diamantinos extraídos de concreto

Endurecido. Se limita a concretos que tienen un peso unitario mayor de 800 kg/cm².

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

$$R_c = 4G / \pi d^2$$

Donde:

R_c = Es la resistencia de rotura a la compresión, en kg/cm^2
Por centímetro cuadrado.

G = Es la carga máxima de rotura, en kilogramos.

d = Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

1.5. Definición de términos básicos

Agregado: Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.

Agregado Fino: Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8") y que queda retenido en la malla N° 200.

Agregado Grueso: Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas.

Cemento: Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos

Cemento Portland: Producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker.

Concreto Ligero/ Liviano: denominado así porque su peso unitario es sustancialmente menor en comparación al que se fabrica con agregado de grava o piedra.

Granulometría: estudio de la distribución estadística de los tamaños de una colección de elementos de un material sólido fraccionado o de un líquido multiforme.

Masa: Cantidad de materia de un cuerpo.

Peso Unitario: Peso por unidad de volumen.

Peso: Fuerza ejercida sobre un cuerpo por la gravedad.

Peso específico: relación existente entre el peso y el volumen.

Perlas de poliestireno: son pequeñas esferas de diámetros variables de 3mm y 7 mm, son utilizados básicamente en la construcción.

Poliestireno: El poliestireno es un plástico versátil usado para fabricar una amplia variedad de productos de consumo.

Resistencia a la compresión: característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm^2 , MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

Vacíos en un volumen unitario de agregado: El espacio entre las partículas en una masa de agregado, no ocupado por materia mineral sólida.

Pasta de Cemento: Es una mezcla de cemento y agua.

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

2.1. Descripción del problema.

Es cierto que, a lo largo del tiempo, el desarrollo y urbanización de la población fue creciendo de manera muy notoria a nivel global, y, en lo económico de manera similar; sin embargo, en la actualidad el crecimiento poblacional, el turismo y las necesidades del poblador causan mucha demanda de infraestructura en la ciudad de Iquitos lugar donde se ejecutara el proyecto, por tal motivo se busca nuevas alternativas más modernas y funcionales.

Las unidades de albañilería no estructural llamado comúnmente ladrillo cerámico que está constituido de arcilla; es el material más utilizado para la construcción empírica, quizás por su disposición y fácil distribución , ya que se encuentra en muchos lugares aledaños y se originan en las ladrilleras donde se cose con energía a combustión de leña en hornos para luego ser distribuidos a las obras y ferreterías de la ciudad ; sin embargo dicho material carece de propiedades que son importantes, se considera que son frágiles al impacto por su menor resistencia; por su composición física sus propiedades térmicas no son muy favorables debido a que absorben y retienen dicha energía.

Por ello se plantea la utilización de bloques de concreto liviano, este tipo de concreto es una mezcla de cemento, arena, agua y de agregado liviano, que para este caso será las perlas de poliestireno, este material es muy deseado en nuestra sociedad debido a su alta versatilidad, que también sirve como material constructivo, tiene aislamiento térmico y acústico, por sus características físicas propias y que se puede mezclar con el concreto para formar un solo elemento con dichas propiedades ; por ello es la necesidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no

estructural de concreto liviano a base de perlas de poliestireno; esto implica conocer los diseños de mezcla adecuados y también si estas propiedades cumplen con los estándares planteados en las normativas vigentes por los reglamentos que tenemos actualmente en Perú.

2.2. Formulación del problema.

2.2.1. Problema general.

¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no estructurales de concreto Liviano a base de perlas de poliestireno en la ciudad de Iquitos 2021?

2.2.2. Problemas específicos.

1. ¿Qué características poseen los agregados involucrados (arena y perlas de poliestireno)?
2. ¿Qué dosificación para los bloques de concreto (cemento – arena – agua – perlas de poliestireno) liviano, será el adecuado para la elaboración de unidades de albañilería que resistan esfuerzos adecuados y al mismo tiempo que sean ligero?

2.3. Objetivos.

2.3.1. Objetivo general.

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno en la ciudad de Iquitos 2020.

2.3.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar los agregados involucrados (arena, perlas de poliestireno).
- Realizar un diseño de mezcla con la dosificación adecuadamente para bloques de concreto (cemento – arena – perlas de poliestireno – agua) liviano, para obtener unidades de albañilería que resistan esfuerzos adecuados y al mismo tiempo que sean ligero.

2.4. Justificación de la investigación.

En la ciudad de Iquitos el material más predilecto para los trabajos de albañilería son los ladrillos de arcilla cocida, por consecuencia es lógico que las edificaciones sean de este material, pero esto también sucede alrededor de toda la región Loreto. Sin embargo, a medida del paso de los años, al aumento de la población, al cambio climático y al avance tecnológico; se busca crear nuevos tipos de materiales que puedan satisfacer las necesidades de la población.

Por ello, es importante proporcionar información del uso de este tipo de concreto liviano en la elaboración de bloques de concreto para unidades de albañilería no estructurales, para poder fomentar el desarrollo de la ciudad y a la investigación de nuevos materiales ya que este tipo de proyecto dará a conocer las propiedades físicas y mecánicas que serán favorables, necesarias e innovadoras para los requerimientos actuales que demandan el ámbito de la construcción al dar nuevas soluciones para los diferentes tipos de situaciones que acontecen en la ciudad de Iquitos .

El estudio de sus variables y análisis de comportamiento del concreto liviano a base de perlas de poliestireno servirán para determinar propiedades tales como aislante térmico y resistencia, etc., dichas propiedades son muy requeridas ya que han sido objeto de estudio en

los últimos años por los diferentes investigadores en el rubro de la construcción.

El descubrimiento de beneficios adicionales que como resultado final se van a traducir a la mejora de la calidad en la construcción para situaciones con requerimientos específicos y cumplimiento de las normativas vigentes por los reglamentos que tenemos actualmente en el Perú.

2.5. Hipótesis.

Las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base perlas de poliestireno tienen propiedades físicas y mecánicas que cumplen satisfactoriamente con la Norma Técnica Peruana E.070 - Albañilería,2006.

2.6. Variables

2.6.1. Identificación de las variables

Variable independiente X:

- Unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno.

Variable dependiente Y:

- Propiedades físicas y mecánicas de elementos no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno.

2.6.2. Definición conceptual y operacional de las variables.

Tabla 12. Definición conceptual y operacional de las variables

Variable		Concepto
X ₁	Unidades de albañilería	Albañilería o Mampostería: Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido («NORMA E.070 - ALBAÑILERÍA» 2006).
	Perlas de poliestireno	La página oficial del fabricante de perlas de poliestireno ISOTEX, las define como perlas esféricas con pentano y otros aditivos químicos en su parte interna, siendo además un término genérico de sus componentes copolimeros estireno y poliestireno (Isotex Dominicana S.A.S 2005).
Y ₁	Propiedades	Industrias ECOTEC, señala que las propiedades físicas de los bloques que se fabrican con poliestireno dependen de la densidad de estos(ECOTEC 2005).

Fuente: Los autores, 2021.

2.6.3. Operacionalización de las variables.

Tabla 13. Operacionalización de Variables.

Variables		Indicadores	Índices
X₁:	Unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno. - Perlas de poliestireno.	Dimensión	cm
		Peso	Kg
Y:	Y₁: Propiedades físicas de las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno.	Densidad seca global	(g/cm ³)
		Absorción	%
		Variabilidad dimensional	%
		alabeo	mm
	Y₂: Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno.	Resistencia a la compresión simple	Kg/cm ²

Fuente. Los autores, 2021.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

3.1.1. Tipo de Investigación:

La elaboración de este proyecto corresponde a una investigación exploratoria, esto debido a que el objetivo principal es investigar sobre un tema poco conocido.

3.1.2. Diseño de la Investigación:

El diseño de investigación es experimental, es decir tenemos una variable independiente que puede ser manipulada para analizar la consecuencia de esta en la dependiente, en síntesis, se buscará establecer el efecto de una causa.

Tabla 14. Diseño de una Post Prueba con un solo Grupo

G	X	O
---	---	---

Donde:

G: Grupo

X: Experimento o tratamiento (V. Independiente).

O: Observación de resultados (V. Dependiente).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población está conformada por las unidades de albañilería no estructurales de concreto espuma a base de perlas de poliestireno.

3.2.2. Muestra:

La muestra es no probabilística de carácter no intencional; conformada por 30 bloques de 120 x 190 x 390 mm de mortero a base de perlas de poliestireno expandido de tamaño de hasta 4.7mm, cemento portland, arena fina de módulo de fineza de 1.12 y aditivos neoplast 8500 HP (reductor de agua) más euocell 1000 (incorporador de aire). La arena procede de la cantera Yolita y las perlas fueron donadas por la empresa ECOPOR.

3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas

La técnica que se empleará en la recolección de los datos la observación, tanto para la toma de muestras y la lectura de los resultados de los ensayos de laboratorio.

3.3.2. Instrumentos

Instrumentos: La guía de Observación (Fichas del laboratorio de suelos y ensayo de materiales -.UCP).

3.3.3. Procedimiento de recolección de datos

- Elaboración del instrumento.
- Elección de la técnica de muestreo (muestro no probabilístico).
- Recolección de los datos.

Se tomó como referencia las variables: unidades de albañilería y perlas de poliestireno y sus indicadores.

3.4. Procesamiento y análisis de datos.

El procesamiento de los datos se puede realizar en forma manual y computarizada sobre el plan de tabulación.

El procesamiento de la información se realizará de forma mecánica/computarizada.

Para el análisis e interpretación de los datos se empleará la estadística descriptiva conformada por las frecuencias, promedio, porcentajes, desviación estándar y varianza. Se usará software del Paquete EXCEL.

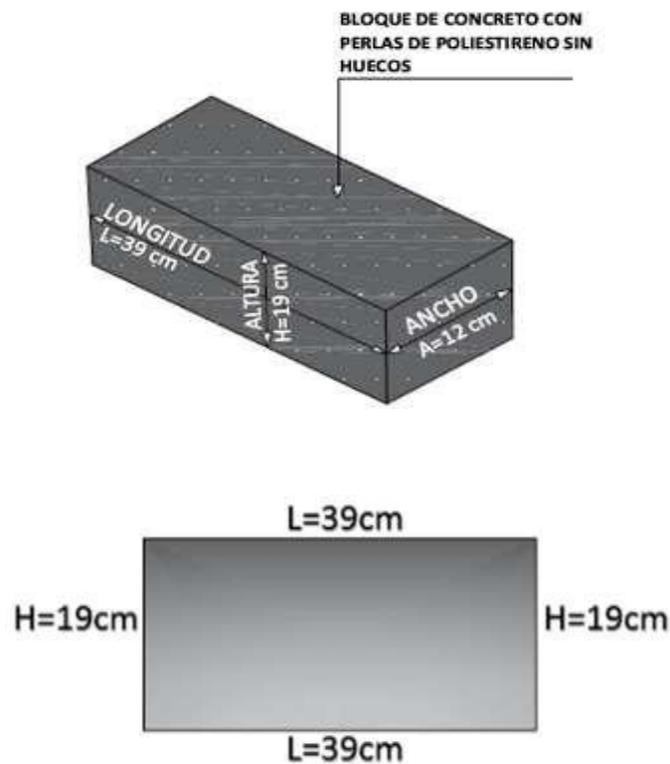
CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Este capítulo recoge información obtenida de los ensayos realizados en los bloques dentro del laboratorio, las mismas que responden a la pregunta sobre cuáles fueron los hallazgos de la investigación, su presentación está realizada de forma clara.

5.1. Elaboración del bloque de concreto liviano

El modo de fabricación será por moldes. Los moldes a usar, mostrados en anexo 4 - **Foto 1**, los bloques tienen un peso de 942.75 kg/m^3 y las siguientes dimensiones:

Figura 4. Medidas de las dimensiones de los bloques



Fuente: Elaboración propia

5.2. Características de los materiales

5.2.1. Agregado Fino

El agregado fino corresponde a la “Cantera Yolita” ubicada en la carretera Iquitos- Nauta, de donde se extraen o explotan para el uso en la construcción civil y otros afines. Se realizó ensayos básicos del agregado fino para obtener el diseño de mezcla.

5.2.1.1. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico por tamizado del agregado fino se realizó según la norma ASTM C-136 y NTP 400.012. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

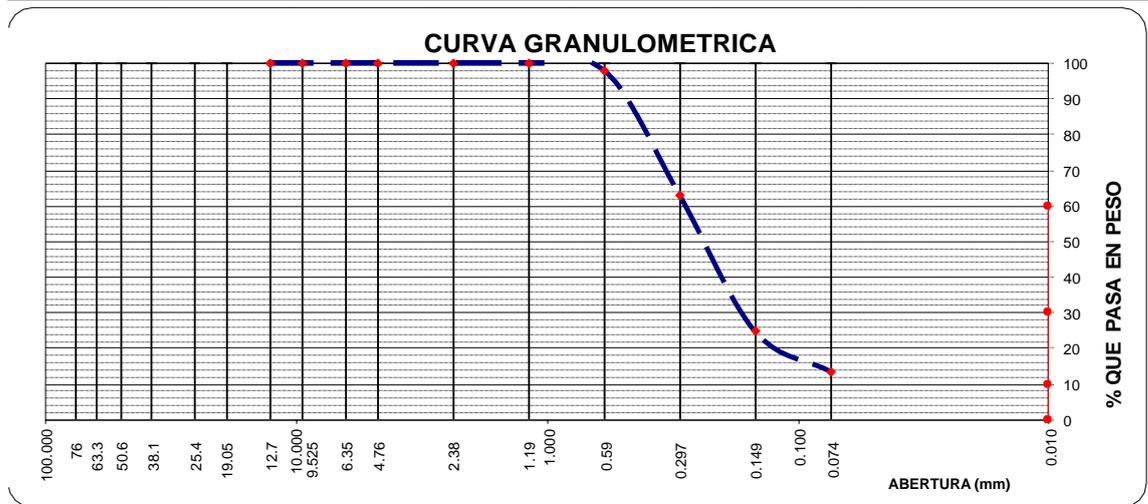
Tabla 15. Muestra 1



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 ASTM C - 136

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		%Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°04	4.760					
N°08	2.380				100.00	
N°16	1.190	0.59	0.11	0.11	99.89	
N°30	0.590	11.07	2.07	2.18	97.82	
N°50	0.297	186.26	34.90	37.08	62.92	
N°100	0.149	202.73	37.99	75.07	24.93	
N°200	0.074	60.34	11.31	86.37	13.63	
Pasa N°200		72.72	13.63			

MF : 1.14



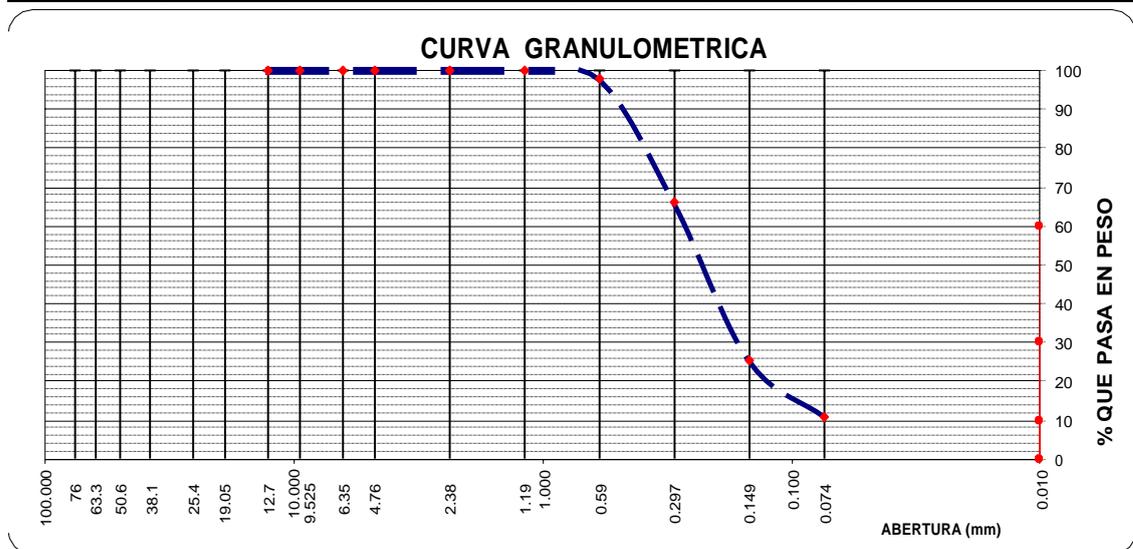
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 16. Muestra 2



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM C - 136

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		%Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°04	4.760					
N°08	2.380				100.00	
N°16	1.190	0.50	0.10	0.10	99.90	
N°30	0.590	11.14	2.13	2.23	97.77	
N°50	0.297	166.01	31.79	34.02	65.98	
N°100	0.149	211.68	40.54	74.56	25.44	
N°200	0.074	76.02	14.56	89.12	10.88	
Pasa N°200		56.80	10.88			
						MF : 1.11



Fuente: Elaboración propia, 2021.

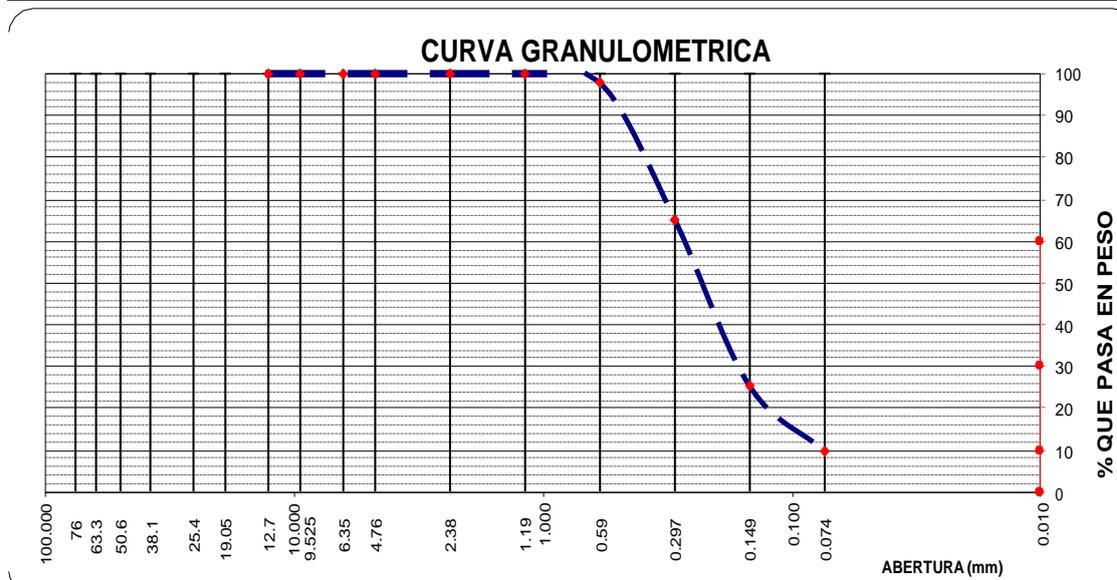
Tabla 17. Muestra 3



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 ASTM C - 136

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°04	4.760				100.00	
N°08	2.380	0.05	0.01	0.01	99.99	
N°16	1.190	0.60	0.10	0.10	99.90	
N°30	0.590	12.52	2.00	2.11	97.89	
N°50	0.297	204.19	32.69	34.80	65.20	
N°100	0.149	249.00	39.86	74.66	25.34	
N°200	0.074	98.18	15.72	90.38	9.62	
Pasa N°200		60.10	9.62			

MF : 1.12



Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.2.1.2. Módulo de fineza

El análisis de módulo de fineza del agregado fino se desarrolló según la norma ASTM C-33 y NTP 400.11. En el presente cuadro se puede observar los resultados de las pruebas realizadas.

Tabla 18. Módulo de fineza del agregado fino



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



MODULO DE FINEZA POR TAMIZADO
ASTM C - 136

Tamices ASTM	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	% Retenido	% Acumulado	% Retenido	% Acumulado	% Retenido	% Acumulado
N°04						
N°08					0.05	0.01
N°16	0.590	0.11	0.50	0.10	0.60	0.10
N°30	11.07	2.18	11.14	2.23	12.52	2.11
N°50	186.26	37.08	166.01	34.02	204.19	34.80
N°100	202.73	75.07	211.68	74.56	249.00	74.66
TOTAL		1.14		1.11		1.12
MOD.FINEZA	1.14		1.11		1.12	
PROMEDIO	1.12					

Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.2.1.3. Superficie específica

El análisis de la superficie específica del agregado fino se desarrolló según la norma ASTM C-33 y NTP 400.12. En el presente cuadro se puede observar los resultados de las pruebas realizadas.

Tabla 19. Superficie específica muestra 1



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Y ENSAYOS DE MATERIALES

SUPERFICIE ESPECÍFICA

NTP 400.012



SUPERFICIE ESPECÍFICA M1				
Tamices ASTM	ABERTURA (mm)	di (cm)	pi (c%)	pi/di (cm)
N°04	4.760	0.5555	0.000	0.00
N°08	2.380	0.3570	0.000	0.00
N°16	1.190	0.1785	0.110	0.62
N°30	0.590	0.0890	2.070	23.26
N°50	0.297	0.0444	34.900	786.04
N°100	0.149	0.0223	37.990	1703.59
FONDO	0.000	0.000	0.000	0.00
TOTAL				2513.51

Resultado: $Se = (0.06/2.635) \times 2513.51 = 57.06 \text{ cm}^2/\text{g}$

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 20. Superficie específica muestra 2



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Y ENSAYOS DE MATERIALES

SUPERFICIE ESPECÍFICA

NTP 400.012



SUPERFICIE ESPECÍFICA M2				
Tamices ASTM	ABERTURA (mm)	di (cm)	pi (c%)	pi/di (cm)
N°04	4.760	0.5555	0.000	0.00
N°08	2.380	0.3570	0.000	0.00
N°16	1.190	0.1785	0.10	0.56
N°30	0.590	0.0890	2.13	23.93
N°50	0.297	0.0444	31.79	715.99
N°100	0.149	0.0223	40.54	1817.94
FONDO	0.000	0.000	0.00	0.00
TOTAL				2558.42

Resultado: $Se = (0.06/2.635) \times 2558.42 = 58.08 \text{ cm}^2/\text{g}$

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 21. Superficie específica muestra 3



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Y ENSAYOS DE MATERIALES

SUPERFICIE ESPECÍFICA

NTP 400.012



SUPERFICIE ESPECÍFICA M3				
Tamices ASTM	ABERTURA (mm)	di (cm)	pi (c%)	pi/di (cm)
N°04	4.760	0.5555	0.000	0.00
N°08	2.380	0.3570	0.010	0.03
N°16	1.190	0.1785	0.10	0.56
N°30	0.590	0.0890	2.00	22.47
N°50	0.297	0.0444	32.69	736.26
N°100	0.149	0.0223	39.86	1787.44
FONDO	0.000	0.000	0.00	0.00
TOTAL				2546.76

Resultado: $Se = (0.06/2.635) \times 2546.76 = 57.82 \text{ cm}^2/\text{g}$

Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.2.1.4. Material que pasa el tamiz N° 200

El ensayo de cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 se desarrolló según la norma ASTM C-117 y NTP 400.018. En el presente cuadro se puede observar los resultados de las pruebas realizadas.

Tabla 22. Material que pasa el tamiz de tres muestras

 UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES 			
CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 ASTM C - 117			
N° DE ENSAYOS	M1	M2	M3
PESO DE MUESTRA + TARA (gr)	397.69	392.80	454.77
PESO DE MUESTRA LAVADA + TARA (gr)	352.59	353.29	412.59
PESO DE TARA (gr)	79.10	88.85	89.66
% QUE PASA LA MALLA N°200	14.16	13.00	11.55
PROMEDIO DE % QUE PASA MALLA N°200	12.90		

Fuente: Elaboración propia, 2021

5.2.1.5. Peso Unitario Suelto (PUS)

El ensayo de peso unitario suelto se realizó conforme a la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. A continuación, se puede observar los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 23. Peso Unitario Suelto del Agregado fino de tres muestras



**PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO
 ASTM C - 29**

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	7195	7196	7172
PESO DE MOLDE (gr.)	2914	2914	2914
PESO DE MUESTRA	4281	4282	4258
VOLUMEN DE MOLDE	2827	2827	2827
PESO UNITARIO (gr/cm ³)	1.514	1.515	1.506
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m³)	1,512		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	42.77		

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.6. Peso Unitario compactado (PUC)

El ensayo de peso unitario compactado se realizó conforme a la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 24. Peso Unitario Compactado del agregado fino de tres muestras



**PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO
 ASTM C - 29**

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	7863	7848	7840
PESO DE MOLDE (gr.)	2914	2914	2914
PESO DE MUESTRA	4949	4934	4926
VOLUMEN DE MOLDE	2827	2827	2827
PESO UNITARIO	1.751	1.745	1.742
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,746		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	33.91		

Fuente: Elaboración propia, 2021

5.2.1.7. Peso específico y absorción

El ensayo de peso específico y absorción se realizó conforme a la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 25. Peso específico y absorción de tres muestras

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ				
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES				
PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO				
ASTM C - 128				
Agregado Fino				
N° DE ENSAYOS	M1	M2	M3	PROMEDIO
Peso de tara + Peso Muestra completamente seca	620.53	604.55	642.94	
Peso de tara	371.94	368.13	377.73	
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	248.87	236.65	265.44	
B Peso Frasco + H2O	707.13	675.53	722.32	
C Peso Frasco + H2O + A = (A+B)	956.00	912.18	987.76	
D Peso de Mat. + H2O en el Frasco	861.66	822.66	886.89	
E Vol. Masa + Vol. de Vacío = (C-D)	94.34	89.52	100.87	
F Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C)	248.59	236.42	265.21	
G Vol. Masa = (E-A+F)	94.06	89.29	100.64	
Peso Especifico de Masa (Base Seca)= (F/E)	2.635	2.641	2.629	2.635
Peso Especifico de Masa (S.S.S) = (A/E)	2.638	2.644	2.632	2.638
Peso Especifico Aparente = (F/G)	2.643	2.648	2.635	2.642
% de Absorción = ((A-F)/F)*100	0.11	0.10	0.09	0.10

Fuente: Elaboración propia, 2021

5.2.2. Perlas de poliestireno

Se realizó los ensayos básicos para la perla de poliestireno con el fin de efectuar los diseños de mezcla. La perla de poliestireno fue proveída por la empresa ECOPOR.

5.2.2.1. Peso Unitario suelto (PUS)

El ensayo de peso unitario suelto se realizó conforme a la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. En el presente cuadro se observa los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 26. Peso Unitario Suelto del Poliestireno de tres muestras

 UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES 			
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO ASTM C - 29			
Nº DE ENSAYOS	M1	M2	M3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	2940	2940	2940
PESO DE MOLDE (gr.)	2914	2914	2914
PESO DE MUESTRA	26	26	26
VOLUMEN DE MOLDE	2827	2827	2827
PESO UNITARIO	0.009	0.009	0.009
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	9		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	45.39		

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.2. Peso Unitario compactado (PUC)

El ensayo de peso unitario compactado se realizó conforme a la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. En el presente cuadro se observa los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 27. Peso Unitario Compactado del Poliestireno de tres muestras

 UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES 			
PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO ASTM C - 29			
Nº DE ENSAYOS	M1	M2	M3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	2941	2941	2941
PESO DE MOLDE (gr.)	2914	2914	2914
PESO DE MUESTRA	27	27	27
VOLUMEN DE MOLDE	2827	2827	2827
PESO UNITARIO	0.010	0.010	0.010
PROMEDIO PESO UNITARIO (PUC)(Kg/m3)	10		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	39.33		

Fuente: Elaboración propia, 2021

5.2.2.3. Peso específico y absorción

El ensayo de peso específico y absorción se realizó conforme a la norma ASTM C-128 y la NTP 400.022. En el presente cuadro se observa los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 28. Peso específico y absorción del Poliestireno de tres muestras

 UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES 					
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO ASTM C - 128					
Agregado Fino					
N° DE ENSAYOS		1			PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	5.15	5.19	5.13	-
B	Peso Frasco + H2O	722.32	722.32	722.32	
C	Peso Frasco + H2O + A = (A+B)	727.47	727.51	727.45	
D	Peso de Mat. + H2O en el Frasco	414.54	414.78	414.51	
E	Vol. Masa + Vol. de Vacio = (C-D)	312.93	312.73	312.94	
F	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C)	5.15	5.19	5.13	
G	Vol. Masa = (E-A+F)	312.93	312.73	312.94	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (F/E)		0.016	0.017	0.016	0.016
Peso Específico de Masa (S.S.S) = (A/E)		0.016	0.017	0.016	0.016
Peso Específico Aparente = (F/G)		0.016	0.017	0.016	0.016
% de Absorción = ((A-F)/F)*100		0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2021

5.3. Análisis de las propiedades físicas de las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno

5.1.1. Densidad, Absorción

Tabla 29. Densidad, Absorción y los vacíos en el bloque de concreto



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, LA ABSORCIÓN Y LOS VACÍOS EN EL BLOQUE DE CONCRETO
ASTM C - 140

N° de Ensayos		1	2	3	
A	Bloque secado al horno (g)	8716	8368	8921	
B	Masa saturada después de inmersión en el agua (g)	9863	9441	9867	
C	Masa sumergida aparente (g)	910	378	831	
Descripción					PROMEDIO
1	Absorción después de inmersión y ebullición (%)	13.16	12.82	10.60	12.20
2	Densidad seca global (bruta) (g/cm ³)	0.974	0.923	0.987	0.96
3	Densidad global (bruta) después de inmersión (g/cm ³)	1.102	1.042	1.092	1.08
4	Densidad aparente (g/cm ³)	1.117	1.047	1.103	1.09
5	Volumen de espacio de poros permeables (vacíos) (%)	12.81	11.84	10.47	11.71

Fuente: Los autores, 2021.

Resultado: La absorción de los bloques es de 12.20%, la densidad seca global es de 0.96 (g/cm³) y la densidad global bruta después de inmersión es 1.08 (g/cm³).

5.1.2. Variación a la dimensión

Tabla 30. Medidas del tamaño en unidades de albañilería

 UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES								
MEDIDA DEL TAMAÑO EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA NORMA N.T.P. 399.613								
Datos del ensayo:								
Ladrillera		Icaro						
Dimensiones		Ancho: 120 mm.		Largo: 390 mm.		Alto: 190 mm.		
Nº Mst.	Descripcion	Ancho (mm)	% variacion ancho	Largo (mm)	% variación largo	Alto (mm)	% variación alto	Resultados
M-1	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.6	-0.5	391.0	-0.3	192.4	-1.3	Variacion % promedio del ancho -0.6 %
M-2	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	122.5	-2.1	391.3	-0.3	193.1	-1.6	
M-3	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	119.6	0.3	391.5	-0.4	192.5	-1.3	
M-4	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	122.2	-1.8	390.3	-0.1	193.6	-1.9	
M-5	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	121.7	-1.4	391.6	-0.4	195.5	-2.9	
M-6	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.0	0.0	391.9	-0.5	194.2	-2.2	Variacion % promedio del largo -0.3 %
M-7	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	118.0	1.7	390.3	-0.1	193.2	-1.7	
M-8	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.8	-0.7	388.9	0.3	194.5	-2.4	
M-9	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.5	-0.4	392.5	-0.6	194.0	-2.1	
M-10	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.7	-0.6	390.0	0.0	193.1	-1.6	
M-11	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	119.6	0.3	391.1	-0.3	192.4	-1.3	Variacion % promedio del alto -1.9 %
M-12	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	122.2	-1.8	390.4	-0.1	187.8	1.2	
M-13	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	119.4	0.5	391.8	-0.5	193.3	-1.7	
M-14	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.4	-0.3	390.6	-0.2	194.1	-2.2	
M-15	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.6	-0.5	390.9	-0.2	193.4	-1.8	
M-16	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.9	-0.8	391.9	-0.5	191.8	-0.9	
M-17	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	119.5	0.4	393.3	-0.8	192.8	-1.5	
M-18	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.6	-0.5	391.0	-0.3	193.1	-1.6	
M-19	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.9	-0.8	392.0	-0.5	194.5	-2.4	
M-20	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	121.2	-1.0	391.0	-0.3	195.1	-2.7	
M-21	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.7	-0.6	391.4	-0.4	192.5	-1.3	
M-22	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.1	-0.1	392.1	-0.5	196.8	-3.6	
M-23	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	119.7	0.2	391.4	-0.4	194.7	-2.5	
M-24	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	120.7	-0.6	392.9	-0.7	197.2	-3.8	
M-25	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	121.1	-0.9	391.1	-0.3	195.2	-2.7	
M-26	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	121.0	-0.8	391.9	-0.5	194.3	-2.3	
M-27	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	121.2	-1.0	391.4	-0.4	191.7	-0.9	
M-28	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	121.5	-1.3	391.5	-0.4	194.2	-2.2	
M-29	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	121.5	-1.3	391.4	-0.4	193.4	-1.8	
M-30	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	121.1	-0.9	391.8	-0.5	195.1	-2.7	

Fuente: Elaboración propia, 2021

5.1.3. Medidas del Alabeo

Tabla 31. Medida del alabeo en unidades de albañilería

Nº Mst.	Descripcion	CARAS MAYORES			
		CARA SUPERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)	
		Concavo	convexo	Concavo	convexo
M-1	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	0.00	0.00	0.00	0.00
M-2	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	0.00	0.00	0.00	0.00
M-3	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	0.00	0.00	0.00	0.00
M-4	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	0.00	0.00	0.00	0.00
M-5	BLOQUE DE CONCRETO ESPUMA	0.00	0.00	0.00	0.00

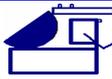
RESULTADOS : - Se obtuvieron los siguiente resultados:

Promedio de caras mayores en concavo 0 mm.
Promedio de caras mayores en convexo 0 mm.

Fuente: Elaboración propia, 2021

5.4. Análisis de las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno.

Tabla 32. Ensayo de compresión del bloque de concreto

		UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES						
ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL BLOQUE DEL CONCRETO NORMA ASTM C-140								
Resultados: Promedio de resistencia(fb) : 28 kg/cm ² Desviación estandar(De) : 4.47 kg/cm ² Coeficiente de variación : 15.97 % Compresion Axial(fb-De) : 23.53 kg/cm ²								
Nº Mst.	Descripcion	Área superior (cm ²)	Área inferior (cm ²)	Area (cm ²)	Carga Max.(kN)	Carga Max. (kgf)	fb (kg/cm ²)	Resist. Promedio
M-1	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	469.38	473.52	471.45	107.14	10925	23	28
M-2	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	480.73	477.93	479.33	108.76	11090	23	
M-3	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	465.79	470.78	468.28	104.93	10700	23	
M-4	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	474.22	479.76	476.99	122.70	12512	26	
M-5	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	475.88	477.14	476.51	106.46	10856	23	
M-6	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	467.85	472.46	470.15	108.33	11047	24	
M-7	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	463.22	457.76	460.49	101.30	10330	22	
M-8	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	472.51	467.30	469.91	106.18	10827	23	
M-9	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	471.98	474.14	473.06	112.72	11494	24	
M-10	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	471.12	470.24	470.68	128.07	13060	28	
M-11	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	465.83	469.66	467.74	125.25	12772	27	
M-12	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	476.87	477.30	477.09	147.74	15065	32	
M-13	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	464.80	470.71	467.75	137.05	13975	30	
M-14	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	471.73	468.50	470.12	164.34	16758	36	
M-15	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	470.63	472.16	471.39	168.15	17147	36	
M-16	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	472.35	474.91	473.63	144.33	14718	31	
M-17	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	470.30	469.16	469.73	112.96	11519	25	
M-18	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	475.40	467.42	471.41	119.75	12211	26	
M-19	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	475.27	472.28	473.78	139.37	14212	30	
M-20	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	471.61	476.18	473.89	149.27	15221	32	
M-21	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	473.12	471.76	472.44	115.51	11779	25	
M-22	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	470.86	471.21	471.04	149.94	15290	32	
M-23	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	474.71	462.16	468.44	133.23	13586	29	
M-24	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	470.88	477.23	474.06	140.36	14313	30	
M-25	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	471.65	475.65	473.65	128.73	13127	28	
M-26	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	475.56	472.96	474.26	118.48	12082	25	
M-27	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	470.17	478.44	474.30	179.36	18290	39	
M-28	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	472.05	479.29	475.67	135.46	13813	29	
M-29	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	473.23	477.72	475.47	118.17	12050	25	
M-30	BLOQUE DE CONCRETO LIGERO	472.94	475.68	474.31	101.97	10398	22	

Fuente: Los autores, 2021.

Nota: La prensa para los ensayos de compresión cuenta con su certificado de calibración MT-LF-176-2021 y su fecha de emisión es 11 de setiembre del 2021.

5.2. Análisis Comparativo de los resultados

Tabla 33. Comparación de valores según APC

CUADRO DE CUMPLIMIENTO DE HIPÓTESIS						
DESCRIPCIÓN	DENSIDAD			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
	DENSIDAD	RANGO	CONDICIÓN	RESISTENCIA	RANGO	CONDICIÓN
Espuma de concreto (ESP-OP)	945.64	< 1000	Cumple	50	< 50.99	Cumple
Concreto liviano no estructural (CL-OP)	1273.32	1000-1800	Cumple	139	50.99 - 173.35	Cumple
Concreto estructural de baja densidad (CE-OP)	1652.52	1800-2100	Mejor	296	> 173.35	Cumple

Fuente: (Barba y García, 2019).

(Barba y García, 2019) en sus resultados, obtuvieron una densidad de 945.64kg/m³ dicho valor se clasifica dentro del rango como concreto espuma, debido a que sus valores estaban dentro de lo establecido por (PCA-Portland Cement Association, 2021), en este sentido, al verificar nuestra densidad seca global con un valor de 960 kg/m³, nos percatamos que estaba en el rango obtenido por los tesisas mencionados, por lo que lo clasificamos con el mismo rango.

En la tabla 30 se muestra el resumen de resultados obtenidos de los ensayos realizados a los bloques de concreto con perlas de poliestireno según la Norma E-070.

Tabla 34. Resumen de resultados

Resumen de los resultados				
Ensayo	Resultados	Especificaciones	Observación	Normativa
Variación de dimensión	-1.9%	$\pm 4\%$	Cumple	Norma E-070 Albañilería
Alabeo	0 mm	± 8 mm	Cumple	Norma E-070 Albañilería
Absorción	12.20 %	$\leq 15\%$	Cumple	Norma E-070 Albañilería
Resistencia a la compresión	23.53 kg/cm ²	≥ 20 kg/cm ²	Cumple	Norma E-070 Albañilería

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se verificó que las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno tienen propiedades ventajosas que cumplen con los requisitos físicos y mecánicos establecidos en las normas peruanas referente a los bloques de albañilería de uso no estructural, se pudo diseñar y obtener bloques de concreto ligero con un densidad seca global de 960 kg/m³, con una resistencia a la compresión de 28 kg/cm² mayor a los 20 kg/cm² resistencia mínima estipulada en la norma E-070 de albañilería para bloques no portantes cumpliendo con los requisitos de la resistencia. En cuanto a los resultados de la absorción se obtuvo un valor de 12.20% encontrándose dentro de los rangos máximos de 15% de la E-070. En cuanto a la variación de la dimensión se obtuvo un $\pm 1.9\%$ menor al límite permisible de $\pm 4\%$ cumpliendo con los requisitos de la norma E-070 y en cuanto al alabeo los resultados fueron de 0 mm encontrándose también dentro del rango permisible de \pm de 8 mm cumpliendo con la norma E-070 de albañilería.

Para el análisis y confiabilidad de resultados obtenidos en laboratorio se ha considerado evaluar la resistencia a la compresión, para procedimientos de

control de calidad y condiciones similares a la esperada, sujeto a las variaciones debidas a la calidad de los materiales, en el proceso de puesta en obra, estos considerando los parámetros del coeficiente de variación y desviación estándar de acuerdo a las siguientes tablas:

Tabla 35. Desviación estándar

DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL					
Clase de operación	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	Menor a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	Mayor a 49.2
Concreto en laboratorio	Menor a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	Mayor a 24.6

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 36. Coeficiente de variación

COEFICIENTE DE VARIACION PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL (%)					
CLASE DE OPERACIÓN	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en laboratorio	Menor a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	Mayor a 6
Concreto en laboratorio	Menor a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	Mayor a 5

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Coeficiente de variación según metodología del ing. Enrique Pasquel Carbajal en "Tópicos de tecnología del control" (Pasquel Carbajal, 1998).

Se recomienda emplear la Norma de control de concreto para $f'c \leq 35$ Mpa (ACI 214R-11).

En los resultados obtenidos en laboratorio podemos observar al comparar con la tabla 2 que se está en rango excelente en desviación estándar pero no aplica con el coeficiente de variación tabla 3, porque es un diseño de muy poca resistencia llegando a ser de 28kg/cm² por consiguiente el coeficiente de variación se ve afectado por la magnitud de la resistencia obtenida. El coeficiente de variación se usa cuando se compara la dispersión de resultados de resistencia a compresión de más de 7 MPa.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

En este capítulo se presenta las relaciones existentes entre los ensayos realizados, y la concordancia con otros trabajos antes publicados, esto con la finalidad de exponer las consecuencias teóricas de su trabajo, a fin de concluir de forma clara con los resultados que nos respaldan. En este sentido nuestras recomendaciones están enfocadas en las evidencias susceptibles a mejorar en aquellos elementos y/o valores deficientes medidos con el instrumento de investigación.

5.1. Discusión

- Según nuestros resultados, uno de los hallazgos principales de esta investigación es el menor peso de las unidades de albañilería no estructural de concreto liviano a base de perlas de poliestireno respecto al concreto tradicional. Las muestras del ensayo alcanzaron un peso unitario de producción y contenido de aire del concreto de 942.75kg/m^3 , lo que contrasta con los valores de la Norma Técnica 0.70 – Albañilería. (Norma Técnica Peruana 2020); y, esta propiedad le da ciertas ventajas al rubro de la construcción y prevalencia con los estudios tal como afirman los autores (Rodríguez Chico, 2017) y a (Paulino y Espino Almeyda, 2017).

- (Barba y García, 2019) en sus resultados, obtuvieron una densidad de 945.64kg/m^3 clasificando sus muestras dentro del rango de concreto espuma, debido a que sus valores estaban dentro de lo establecido por (PCA-Portland Cement Association, 2021); en este sentido, al verificar la densidad seca global de nuestras unidades de ensayo se obtuvo un valor de 960 kg/m^3 , encontrándose dentro del rango de los tesisas mencionados, por lo que lo clasificamos con el mismo rango.

- De acuerdo a la Norma E.070 – Albañilería, Capítulo 3, Componentes de albañilería, Art.5, Clasificación para fines estructurales, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 1. Respecto al cumplimiento de las normas peruanas vigentes en relación a las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno elaboradas para esta investigación, estas presentan propiedades físicas y mecánicas que las cumplen satisfactoriamente, puesto que su densidad aparente promedio es de 1.09 g/cm^3 y la resistencia promedio es de 28 kg/cm^2 .
- Los valores de las propiedades físicas y mecánicas en la presente investigación son similares a las obtenidas por otros investigadores: densidad global bruta después de la inmersión de 1.08 g/cm^3 y una resistencia a la compresión promedio $f'b$ de la unidad de 28 kg/cm^2 .

5.2. Conclusiones

De los resultados podemos concluir lo siguiente:

- Las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base perlas de poliestireno tienen propiedades físicas y mecánicas que cumplen satisfactoriamente las normas peruanas vigentes, con lo cual la hipótesis ha quedado contrastada positivamente.
- Los resultados de los ensayos evidenciaron que el valor de peso promedio unitario suelto del agregado es de $1,512 \text{ kg/m}^3$ con 47.77% de vacíos, el peso promedio unitario suelto del agregado con perlas es de 9 kg/m^3 con 45.39% de vacíos, el peso promedio unitario compactado del agregado es de $1,746 \text{ kg/m}^3$ con 33.91% de vacíos y el peso promedio unitario compactado del agregado con perlas es de 10 kg/m^3 con 39.33% de vacíos.
- La gravedad específica de absorción del agregado es de 0.10%, y la gravedad específica de absorción del agregado con perlas es de 0.0%, lo que significa que son bloques livianos y ligeros.
- El ensayo a la compresión del bloque de concreto evidenció un valor promedio a la resistencia de 23.53 kg/cm^2 en un peso unitario de producción y contenido de aire del concreto de 942.75kg y volumen absoluto de 1.000m^3 , lo que de acuerdo a la Norma 0.70, Albañilería, significa que según su clasificación en la Tabla 1,
- La compresión del bloque de concreto evidenció un valor promedio a la resistencia de 23.53 kg/cm^2 dichos bloques pueden ser usados, en construcción de muros no portantes en diversas zonas geográficas del Perú ya que cumple con la resistencia mínima estipulada por la norma E-070.

- Con fines de diseño de los bloques, se tomaron las dimensiones de 39cm de largo, 12 cm de ancho y 19 cm de alto, según lo especificado en la norma 0.70. Se elaboraron N° 30 unidades de bloques con un volumen de 2,827 para el desarrollo de objetivos de esta investigación. Se caracterizaron los agregados (arena y perlas de poliestireno) involucrados en la elaboración de los bloques. Las arenas que utilizamos tuvieron un MF: 1.12., esto sirvió para clasificar al agregado pétreo en función de su granulometría, así mismo las perlas eran de características diversas.
- El diseño de mezcla por cada m³ de este tipo de concreto liviano, requiere: 188.23kg de cemento, 663.41kg de agregado fino, 6.22kg de perlas de poliestireno, 82.64 lts de agua, 1.51kg Aditivo Neoplast 8500HP, y 0.75 kg Aditivo Eucofel. Haciendo un peso total de 942.75 kg en un volumen de 1.000m³.

5.3. Recomendaciones

En concordancia con los valores obtenidos, se recomienda el uso de las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno en la ciudad de Iquitos, como elementos para ser utilizados en la construcción de muros no portantes, de acuerdo a la Norma 0.70, Albañilería.

Se recomienda socializar los resultados en los niveles de gobierno regional y locales para el uso del tipo de bloques materia de la tesis; y, proseguir en esta línea de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ABANTO CASTILLO, F., 2009. Tecnología del concreto. *Editorial San Marcos. Lima-Perú*,
- ACI 213R-87, 1987. Guide For Structural Lightweight Aggregate Concret. [en línea]. S.l.: s.n., [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/MOHAMMEDSABBAR2/213-r-87-guide-for-structural-lightweight-aggregate-concret>.
- ACI 318S-05, C.E. y ACI 318SR-05, C., 2005. *Requisitos de reglamento para concreto esturctural y comentario*. enero 2005. S.l.: s.n.
- ACI-AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2004. *Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350)* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=DtnDMwD4XEAC&oi=fnd&pg=PT14&dq=\(ACI+Committee+308+R+%E2%80%9CGuide+to+Curing+Concrete%E2%80%9D,+American+Concrete+Institute,+Detroit,+2001.&ots=iX4DYNQ2vf&sig=v1P5nQYQTSgHZ0fe5kkbjCLJvuM#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=DtnDMwD4XEAC&oi=fnd&pg=PT14&dq=(ACI+Committee+308+R+%E2%80%9CGuide+to+Curing+Concrete%E2%80%9D,+American+Concrete+Institute,+Detroit,+2001.&ots=iX4DYNQ2vf&sig=v1P5nQYQTSgHZ0fe5kkbjCLJvuM#v=onepage&q&f=false).
- AMASIFUÉN POLO, H.M., 2018. “Diseño De Bloques De Concreto Ligero Con La Aplicación De Perlas De Poliestireno, Distrito De Tarapoto, San Martín – 2018”. En: Accepted: 2019-04-04T16:33:18Z, *Universidad Cesar Vallejo* [en línea], [Consulta: 4 septiembre 2021]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3001365>.
- ANAPE - ASOCIACIÓN NACIONAL DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, 2021. Poliestireno Expandido. [en línea]. [Consulta: 4 julio 2021]. Disponible en: <http://www.anape.es/>.
- ASTM C 702, 2015. Ensayos y trabajos de investigación. [en línea]. S.l.: s.n., [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://www.buenastareas.com/materias/astm-c-702/0>.
- ASTM C 1157, 2002. Cemento | Hormigón. [en línea]. S.l.: s.n., [Consulta: 4 julio 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/407152767/Norma-C-1157-Espanol>.
- ASTM C33-03, 2015. Especificación Normalizada de Agregados para Concreto. [en línea]. S.l.: s.n., [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C33-03-SP.htm>.

- ASTM C232 / C232M - 20, 2010. Método de prueba estándar para Exhudación de Hormigón. [en línea]. S.l.: s.n., [Consulta: 4 julio 2021]. Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/C232>.
- ASTM C1017/C1017M, 07. ASTM C1017/C1017M-13e1 Especificación Normalizada para Aditivos Químicos para Uso en la Producción de Concreto Fluido. [en línea]. S.l.: s.n., [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/C1017C1017M-SP.htm>.
- BARBA, S.C.R. y GARCÍA, S.V.H., 2019. Estudio Exploratorio En Diseño De Mezclas Del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas De Poliestireno, Arcilla Expandida Y Agregado Fino De La Cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018. ,
- BENITES ESPINOZA, C.M., 2011. Concreto (hormigón) con cemento Pórtland Puzolánico tipo IP Atlas de resistencias tempranas con la tecnología SIKA Viscocrete 20HE. En: Accepted: 2013-08-29T16:21:15Z, *Universidad Ricardo Palma* [en línea], [Consulta: 24 octubre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/93>.
- BROOKS, J.J. y NEVILLE, A.M., 1999. *Tecnología del Concreto* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 3 julio 2021]. ISBN ISBN 9789682404610. Disponible en: <https://www.buscalibre.com.mx/libro-tecnologia-del-concreto/9789682404610/p/1408066>.
- CAMPOS DIMAS, J.K., 2014. Desarrollo de morteros ligeros base cemento portland con propiedades térmicas optimizadas mediante la incorporación de un micro co-polímero. En: Accepted: 2015-05-19T18:54:34Z [en línea], [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <http://cd.dgb.uanl.mx/handle/201504211/5931>.
- CARRILLO, J., ALCOCER, S.M. y APERADOR, W., 2013. Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo. *Ingeniería, investigación y tecnología* [en línea], vol. 14, no. 2, pp. 285-298. [Consulta: 4 septiembre 2021]. ISSN 1405-7743. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-77432013000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- CHEMICAL SAFETYFACTS.ORG, 2016. Poliestireno. *ChemicalSafetyFacts.org* [en línea]. [Consulta: 4 julio 2021]. Disponible en: <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/poliestireno/>.
- CONSORCIO DISARGESA SAC, 2021. PERLAS DE TECNOPOR. [en línea]. [Consulta: 4 julio 2021]. Disponible en: http://www.disargesa.com/perlas_de_tecnopor.html.

- CONTRERAS S., M.C., 2016. *Diseño de Mezcla de Concreto a base de Perlas de Poliestireno expandido como agregado para la elaboración de bloques destinado a mampostería de concreto aligerado* [en línea]. S.I.: Universidad Nueva Esparta. [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://prezi.com/qt69qomzmycy/disenodemezcla-deconcreto-a-base-deperlas-depoliestiren/>.
- DARWIN, D., DOLAN, C.W. y NILSON, A.H., 2016. *Design of concrete structures*. S.I.: McGraw-Hill Education New York, NY, USA:
- DUDA, W.H., 1977. *Manual tecnológico del cemento*. S.I.: Reverte. ISBN 978-84-7146-095-0.
- ECOTEC, 2005. SISTEMAS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN AISLANTES. *Ecotec Panamá* [en línea]. [Consulta: 22 junio 2021]. Disponible en: <https://ecotecpanama.com/>.
- ETSA PERÚ, 2021. Perlas de Tecnopor. [en línea]. [Consulta: 4 julio 2021]. Disponible en: <https://www.etsaperu.com.pe/productos/perlas-de-tecnopor/>.
- FERRARI, L., KAUFMANN, J., WINNEFELD, F. y PLANK, J., 2012. Reaction of clinker surfaces investigated with atomic force microscopy. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 35, pp. 92-96. [Consulta: 2 julio 2021]. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2012.02.089. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061812001687>.
- GARECA, M., ANDRADE, M., POOL, D., BARRÓN, F. y VILLARPANDO, H., 2020. Nuevo Material Sustentable: Ladrillos Ecológicos a Base de Residuos Inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación* [en línea], vol. 18, no. 21, pp. 25-61. [Consulta: 2 julio 2021]. ISSN 2225-8787. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2225-87872020000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- GRUPO VALERO, 2021. Perlas. *Grupo Valero* [en línea]. [Consulta: 4 julio 2021]. Disponible en: <https://www.grupovalero.com/productos/soluciones-industriales/eps-industria/perlas/>.
- GUZMAN, D.S. de, 2001. *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO*. S.I.: Pontificia Universidad Javeriana. ISBN 978-958-9247-04-4.
- HARMSSEN, T.E., 2005. *Diseño de estructuras de concreto armado*. S.I.: Fondo editorial PUCP.

- HUERTA MARTÍNEZ, R., 2020. El concreto y la infraestructura - Ingeniería. *Ingeniería* [en línea]. [Consulta: 2 julio 2021]. Disponible en: <http://www.imcyc.com/ct2009/abr09/ingenieria.htm>.
- ISOTEX DOMINICANA S.A.S, 2005. POLIESTIRENO EXPANDIDO - EPS. *Isotex Dominicana* [en línea]. [Consulta: 22 junio 2021]. Disponible en: <https://isotexdominicana.com/que-es-el-poliestireno-expandido-eps/>.
- JIMÉNEZ, P., GARCÍA, A. y MORÁN, F., 2000. Hormigón armado. *Barcelona: Gustavo Gili*,
- KJELLEN, K.O. y JUSTNES, H., 2004. Revisiting the microstructure of hydrated tricalcium silicate—a comparison to Portland cement. *Cement and Concrete Composites* [en línea], vol. 26, no. 8, pp. 947-956. [Consulta: 2 julio 2021]. ISSN 09589465. DOI 10.1016/j.cemconcomp.2004.02.030. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958946504000460>.
- KOSMATKA, S.H., KERKHOFF, B. y PANARESE, W.C., 1992. *Diseño y Control De Mezclas De Concreto* [en línea]. Primera Edición. S.l.: s.n. [Consulta: 24 octubre 2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/33383752/Dise%C3%B1o_Y_Control_De_Mezclas_De_Concreto_Steven_H_Kosmatka_Beatriz_Kerkhoff_and_William_C_Panarese_1ra_Edici%C3%B3n_.
- KOSMATKA, S.H., PANARESE, W.C. y BRINGAS, M.S., 1992. *Diseño y control de mezclas de concreto*. S.l.: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- LOTHENBACH, B. y NONAT, A., 2015. Calcium silicate hydrates: Solid and liquid phase composition. *Cement and Concrete Research* [en línea], vol. 78, pp. 57-70. [Consulta: 2 julio 2021]. ISSN 00088846. DOI 10.1016/j.cemconres.2015.03.019. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008884615001052>.
- MEHTA, P.K. y MONTEIRO, P.J.M., 1992. *Concrete: Structure, Properties, and Materials*. Englewood Cliffs, N.J: s.n. ISBN 978-0-13-175621-2.
- MINDESS, S., YOUNG, J.F. y DARWIN, D., 2003. *Concrete*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. ISBN 978-0-13-064632-3. TA439 .M49 2003
- MORALES, R.M., 2004. *Diseño en concreto armado*. S.l.: Fondo Editorial ICG.
- NEVILLE, A.M., 1986. Propiedades del Hormigón. Una Visión de Conjunto. Parte I. *Concrete International*, vol. 8, no. 2, pp. 20-23.
- NEVILLE, A.M. y BROOKS, J.J., 1987. *Concrete technology*. S.l.: Longman Scientific & Technical England.

- NILSON, A.H., 1978. Design of prestressed concrete. ,
- NILSON, A.H. y DARWIN, D., 1999. *Diseño de estructuras de concreto*. S.I.: McGraw-Hill Colombia.
- NINAQUISPE M., Y.N., 2010. *Concreto Celular Con Cal* [en línea]. S.I.: s.n. [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://www.udocz.com/pe/read/11933/concreto-celular-con-cal--2010-pdf-2>.
- NIÑO HERNÁNDEZ, J.J., 2010. *TECNOLOGIA DEL CONCRETO TOMO 1* [en línea]. S.I.: s.n. [Consulta: 24 octubre 2021]. Disponible en: http://www.sancristoballibros.com/libro/tecnologia-del-concreto-tomo-1_5880.
- NORMA E.060 CONCRETO ARMADO, 2020. Concreto armado. *Reglamento Nacional de Edificaciones* [en línea]. Lima, Perú: s.n., pp. 205. [Consulta: 2 julio 2021]. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2yIU5Kz/view?usp=sharing&usp=embed_facebook. Reglamento Nacional de Edificaciones
- NORMA E.070 - ALBAÑILERÍA*, 2006. 2006. S.I.: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- NORMA TÉCNICA PERUANA, 2020. Norma E.070 Albañilería.pdf. *Google Docs* [en línea]. [Consulta: 23 junio 2021]. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5bITu7uyv/view?usp=sharing&usp=embed_facebook.
- NTP 334.082, 2000. Cementos. Cementos Portland. Especificación de la Performance. *NORMA TÉCNICA PERUANA* [en línea]. 2a Edición. S.I.: s.n., [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/saraaltamirano501/334082>.
- NTP 334.088, 2015. CEMENTOS. Aditivos químicos en pastas, morteros y concreto. Especificaciones. En: Reemplaza a la NTP 334.088:2006. . 3ª Edición. S.I.: s.n.,
- NTP 339.034, 2015. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. En: Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 39/C 39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International, *NORMA TÉCNICA PERUANA* [en línea]. 4ª Edición. S.I.: s.n., [Consulta: 4 julio 2021]. Disponible en:

<https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22254>.

- NTP 339.035:2015, 2016. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland. En: R.N°015-2015-INACAL/DN 2015-12-31Equivalencias ASTM C143/C143:2012, *NORMA TÉCNICA PERUANA*. S.l.: s.n., pp. 9. ISBN ICS 91.100.10 - Cemento. Yeso. Mortero.
- NTP 339.046:2008, 2018. CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. *NORMA TÉCNICA PERUANA* [en línea]. 2ª Edición. S.l.: s.n., [Consulta: 4 julio 2021]. Disponible en: <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/buscadocdet.aspx?id=28185>.
- NTP 339.077:2020, 2020. CONCRETO. Determinación de la exudación del concreto. Métodos de ensayo. En: ICS 91.100.30, *NORMA TÉCNICA PERUANA*. 4a Edición. S.l.: s.n.,
- NTP 339.088, 2019. Aguas. *NORMA TÉCNICA PERUANA* [en línea]. S.l.: s.n., [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/445076889/NTP-339-088-aguas>.
- NTP 339.184:2013, 2018. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto. *NORMA TÉCNICA PERUANA* [en línea]. 2ª Edición. S.l.: s.n., [Consulta: 4 julio 2021]. Disponible en: <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=26414>.
- NTP 339.185, 2013. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. S.l.: s.n.
- NTP 399.005, 2002. *Muestreo e inspección de tubos de material plástico*. Segunda Edición. S.l.: s.n. Revisado el 2015.
- NTP 399.600:2017, 2018. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto para uso no estructural. Requisitos. *NORMA TÉCNICA PERUANA* [en línea]. 3ª Edición. S.l.: s.n., [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=25011>. Norma Técnica Peruana
- NTP 399.602:2017, 2018. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto para uso estructural. En: DECRETO SUPREMO N° 011-2006-VIVIENDA - Fe de Erratas - ANEXO, *NORMA TÉCNICA PERUANA* [en línea]. 2ª Edición. S.l.: s.n., [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=25013>. Norma Técnica Peruana

- NTP 399.604:2002, 2015. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. En: D.S. 011-2006-VIVIENDA (2006-05-08), *NORMA TÉCNICA PERUANA* [en línea]. 1a Edición. S.l.: s.n., [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22136>. Norma Técnica Peruana
- NTP 400.010, 2016. GREGADOS. Extracción y preparación de las muestras. *NORMA TÉCNICA PERUANA* [en línea]. S.l.: s.n., [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22882>.
- NTP 400.011, 2008. AGREGADOS. *Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. 2008. S.l.: s.n. NORMA TÉCNICA PERUANA.
- NTP 400.012, 2013. AGREGADOS. *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso*. Tercera Edición. S.l.: s.n. Revisada el 2018.
- NTP 400.018, 2013. GREGADOS. *Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ m (N° 200) por lavado en agregados*. 2013. S.l.: s.n.
- NTP 400.037, 2018. Agregados de Concreto. *NORMA TÉCNICA PERUANA* [en línea]. S.l.: s.n., [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/315424056/NTP-400-037-2002-AGREGADOS-DE-CONCRETO>.
- OXFORD LANGUAGES, 2021. Dosificación. [en línea]. [Consulta: 3 julio 2021]. Disponible en: <https://languages.oup.com/google-dictionary-es/>.
- PACHECO TINOCO, R.D., 2018. "Propiedades fisico-mecánicas del concreto celular con poliestireno expandido y su aplicación en la industria de la construcción". ,
- PASQUEL CARBAJAL, E., 1998. *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*. S.l.: Colegio de Ingenieros del Perú.
- PAULINO F., J.C. y ESPINO A., R.A., 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. En: Accepted: 2017-05-05T13:27:16Z, *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)* [en línea], [Consulta: 1 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621457>.

- PAULINO FIERRO, J.C. y ESPINO ALMEYDA, R.A., 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. En: Accepted: 2017-05-05T13:27:16Z, *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)* [en línea], [Consulta: 1 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621457>.
- PCA-PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, 2021. *Cement Manufacturing Webinar Program Multiple Dates in 2021*. S.l.: s.n.
- PONTIFICIA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ, 2001. *Tecnología del Concreto I*. 2001. S.l.: s.n.
- QSI PERÚ S.A, 2019. EUCOCELL 1000: ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE PARA CONCRETO LIGERO. , Hoja Técnica / JM
- QSI PERÚ S.A, 2021. NEOPLAST 8500 HP: ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y SUPERPLASTIFICANTE SIN RETARDO. *EUCLID CHEMICAL*, no. Versión 02-QSI. Hoja Técnica / MKT
- QUESADA VÍQUEZ, N.M., 2014. *Estudio exploratorio en diseños de mezclas de concreto liviano para Holcim (Costa Rica) S A*. Proyecto Final. S.l.: s.n.
- QUEZADA, P.E. y CALDERÓN T.P, R. (Prof G., 2010. *Estudio técnico económico para la elaboración de bloques de hormigón liviano en base a poliestireno expandido* [en línea]. Thesis. S.l.: Universidad de Talca (Chile). Escuela de Ingenieria en Construcción. [Consulta: 1 junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.utalca.cl/handle/1950/8232>.
- RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 175-2020-PRODUCE, 2020. *Reglamento Técnico Sobre Cemento Hidráulico Utilizado en Edificaciones y Construcciones de Concreto en General*. 2020. S.l.: s.n. Reglamento Proyecto de D.S.R.M.175.
- RIVVA L., E., 1992. *Diseño de Mezclas* [en línea]. Mlraflora, Lima-Perú: s.n. [Consulta: 2 julio 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/FredrafuEnrifer/diseño-demezclasenrriquerivalopez>.
- RIVVA LÓPEZ, E., 2000. Naturaleza y materiales del concreto. *Lima-Perú. Hozlo S. CR. L*, vol. 290.
- RIVVA LÓPEZ, E., 2004. *Supervisión del concreto en obra*. S.l.: Fondo Editorial del Instituto de la Construcción y Gerencia. Perú.
- RIVVA LÓPEZ, E., 2007. *Diseño de Mezclas (Segunda Edición ed., Vol. Segunda Edición)*. S.l.: Lima.

- RODRÍGUEZ CHICO, H.E., 2017. *Concreto liviano a base de poliestireno expandido para la prefabricación de unidades de albañilería no estructural - Cajamarca*. S.l.: s.n.
- ROMÁN MANRIQUE, L., 2016. *Diseño de una mezcla de concreto experimental sustituyendo el agregado grueso por perlas de poliestireno de $\phi = \frac{3}{4}$ " y un asentamiento de 3", para lograr una resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm²*. S.l.: s.n.
- SÁNCHEZ ZÁRATE, K.E., 2017. *Aditivo superplastificante y su influencia en la consistencia y desarrollo de resistencias de concreto para $F' C=175,210,245$ kg/cm²*. Huancayo, 2016. ,
- SEDAPAL, 2016. *Especificación Técnica*. 2016. S.l.: s.n.
- UNACEM, 2013. CEMENTO APU. [en línea]. [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:l-SHH7XlfzwJ:https://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2012/03/Ficha-Apu.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>.
- VALDEZ G., L.F. y SUÁREZ A., G.E., 2010. *Hormigones Livianos* [en línea]. Guayaquil - Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://espol.academia.edu/LuisFernandoValdezGuzm%C3%A1n>.
- VALDEZ G., L.F., SUÁREZ A., G.E. y PROAÑO., G., 2010. *Hormigones Livianos*. , pp. 8.
- VALERA NEGRETE, J.P.A., 2005. *Apuntes de Física General*. S.l.: UNAM. ISBN 978-970-32-2987-1.
- VILLASMIL, M. y RODRÍGUEZ, I., 2012. Comportamiento mecánico de concretos elaborados con sustitución del agregado grueso por poliestireno expandido / Mechanical Behavior of Concrete Elaborated Substituting Expanded Polystyrene for Large Aggregate. *Impacto Científico* [en línea], vol. 7, no. 2, pp. 276-288. [Consulta: 2 junio 2021]. ISSN 2542-3207. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/impacto/article/view/33422>.
- WADDELL, J.J., 1968. *Concrete construction handbook* [en línea]. 3a Edición. New York: s.n. [Consulta: 4 julio 2021]. ISBN 978-0-07-067654-1. Disponible en: <https://www.amazon.com/Concrete-construction-handbook-Joseph-Waddell/dp/0070676542>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título:					
“PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA NO ESTRUCTURALES DE CONCRETO LIVIANO A BASE DE PERLAS DE POLIESTIRENO EN LA CIUDAD DE IQUITOS 2020”					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p>Problema General:</p> <p>1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no estructurales- de concreto Liviano a base de perlas de poliestireno en la ciudad de Iquitos 2021?</p> <p>Problemas Específicos:</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>1. • Determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno en la ciudad de Iquitos 2021.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>1. Caracterizar los agregados involucrados</p>	<p>Las unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno tienen propiedades físicas y mecánicas que cumplen satisfactoriame</p>	<p>Variable independiente X:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unidades de albañilería no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno. • Perlas de poliestireno 	<p>Variable independiente X:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peso • Dimensión <p>Variable Dependiente Y:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis Granulométrico 	<p>La elaboración de este proyecto corresponde a una investigación exploratoria, esto debido a que el objetivo principal es investigar sobre un tema poco conocido.</p> <p>Diseño:</p>

<p>1. ¿Qué características poseen los agregados involucrados (arena y perlas de poliestireno)?</p> <p>2. ¿Qué dosificación para los bloques de concreto (cemento – arena – agua – perlas de poliestireno) liviano, será el adecuado para la elaboración de unidades de albañilería que resistan esfuerzos adecuados y al</p>	<p>(arena, perlas de poliestireno).</p> <p>2. Realizar un diseño de mezcla con la dosificación adecuadamente para bloques de concreto (cemento – arena – perlas de poliestireno – agua) liviano, para obtener unidades de albañilería que resistan esfuerzos adecuados y al mismo tiempo que sean ligero.</p>	<p>nte con la Norma Técnica Peruana E.070 - Albañilería,2006.</p>	<p>Variable Dependiente Y:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propiedades físicas y mecánicas de elementos no estructurales de concreto liviano a base de perlas de poliestireno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido de humedad – peso y volumen. • Peso Unitario – peso y volumen. • Contenido de aire – peso y volumen. • Contenido de absorción – peso y volumen. • Peso unitario estado fresco – peso y volumen. • Peso unitario estado endurecido – peso y volumen. • Resistencia a la compresión simple (carga – área) 	<p>G X O</p> <p>Trabajo de Gabinete.</p> <p>Trabajo de Campo.</p> <p>Trabajo de Gabinete.</p>
--	---	---	---	---	---

mismo tiempo que sean ligero?					
-------------------------------	--	--	--	--	--

Anexo 2. Fichas Técnicas
Figura 5. Ficha Técnica Cemento APU

CEMENTO APU



Ficha Técnica

CEMENTO APU

Descripción:

- Es un Cemento Portland Tipo GU obtenido de la molinenda Clinker Tipo I y adiciones seleccionadas.

Beneficios:

- Óptimos resultados en el Desarrollo de las Resistencias a la Compresión, trabajabilidad y acabado.
- Brinda alta adherencia a los ladrillos y buen acabado en el trabajo.
- Permite un menor tiempo de desencofrado.

Usos:

- De uso general.
- Para todo tipo de obras que no tengan requerimientos especiales de un tipo de cemento.
- Buen acabado de tarrajes de paredes exteriores e interiores con acabados finos y normales.
- Buen desarrollo de resistencias a la compresión que permiten un menor tiempo de desencofrado.

Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.082 y la Norma Técnica Americana ASTM C-1157.

Formato de Distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones, bombonas y Big Bags.



Recomendaciones

Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

Manipulación:

- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP-334.082 / ASTM C-1157 vs. Cemento Apu



Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Apu	Requisitos NTP-334.082 / ASTM C-1157
Contenido de aire	%	3.71	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	365	No específica
Densidad	g/ml	3.03	No específica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	272	Mínimo 133
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	320	Mínimo 204
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	369	Mínimo 285*
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	128	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	300	Máximo 420
Barras curadas en agua			
Expansión a 14 días	%	0.015	Máximo 0.020
Calor de Hidratación			
Calor de hidratación a 7 días	kcal/kg	69	No específica
Calor de hidratación a 28 días	kcal/kg	75	No específica

*Requisito opcional

Fuente: (UNACEM 2013).

Figura 6. Ficha Técnica EUKOCELL 1000

ESPECIALIDADES


www.qsi.pe @ QSI COEP



EUCOCELL 1000®

ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE PARA CONCRETO LIGERO

DESCRIPCIÓN

EUCOCELL 1000 es un aditivo líquido diseñado para la fabricación de concretos y morteros fluidos, con altos contenidos de aire, baja densidad y resistencia a compresión. No es recomendado para concreto convencional.

APLICACIONES PRINCIPALES

- EUCOCELL 1000 es un aditivo para fabricación de morteros fluidos utilizados en inyección empleado en:
 - Relleno Fluido.
 - Concreto de densidad controlada.
 - Dar apoyo bajo y detrás de estructuras y revestimientos de túneles.
 - Relleno de cavidades difícilmente accesibles.
 - Rellenos provisionales.
 - Inyección bajo pavimentos.

CARACTERÍSTICAS / BENEFICIOS

Los rellenos fluidos para inyección y los morteros celulares son materiales más ligeros que los concretos convencionales y son una alternativa económica en donde se requiere un relleno cementicio.

- Aditivo líquido listo para usar.
- El relleno tiene alta fluidez y trabajabilidad.
- Reduce la contracción y aumenta el asentamiento.
- Es autonivelante, no requiere vibrado.
- No requiere alta mano de obra, y sin segregación.

INFORMACIÓN TÉCNICA

Apariencia : Líquido.
Color : Transparente turbio.
Densidad : 1,05 kg/l.

DOSIFICACIÓN

EUCOCELL 1000 se dosifica a razón de 1% a 2.5% del peso del cemento.
Se recomienda realizar ensayos previos en la obra para determinar la dosificación adecuada, lo cual puede ser diferente a las dosificaciones recomendadas.
Los resultados varían debido a las diversas condiciones de cada obra y tipo de materiales empleados.
Cualquier consulta contacte al Departamento de Construcción Química Suiza Industrial.

Química Suiza Industrial del Perú S.A.
T +51-1 710 4000 Anexos: 2421 / 1211
www.qsi.pe

Hoja Técnica / JM
Versión 01-QSI
Enero 2016

EUCOCELL 1000®

ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE PARA CONCRETO LIGERO

PRESENTACIÓN

Cilindro 200kg = 50.3 galones*
*galones americanos aproximados.

DIRECCIONES PARA SU USO

- EUCOCELL 1000 se aplica directamente en la mixer inmediatamente después de cargado.
- La mezcla óptima se obtiene cuando la consistencia es fluida.
- Después de adicionado el EUCOCELL 1000 es necesario dar como mínimo 8 minutos de mezcla.
- Debido a que el material puede incorporar del 35 - 45% de aire, el peso unitario estará entre el rango de 1500 - 2100 Kg/m³ mientras un mortero y concreto convencional normal puede tener de 2200 - 2400 Kg/m³.
- Contenido de aire: se recomienda determinar el porcentaje de aire según norma ASTM C-173 Método Volumétrico.
- Se pueden obtener variaciones en la resistencia a la compresión entre 10 y 100 kg/cm² haciendo variación en la dosificación del cemento.
- El diseño de las mezclas puede variar en función de las necesidades y de las aplicaciones específicas requeridas.
- Los resultados a obtener varían con los diversos tipos de cementos y la calidad de agregados utilizados.
- Se recomienda realizar ensayos previos en la obra para determinar la dosificación adecuada, de acuerdo al tipo de obra o proyecto a realizar.
- EUCOCELL 1000 no contiene cloruro de calcio u otros ingredientes potenciales de corrosión.

PRECAUCIONES / RESTRICCIONES

- Nunca lo agite con aire o lanza de aire.
- Cuando se utilice con otros aditivos, cada uno debe dosificarse por separado.
- No utilice aire para su agitación.
- No lo dosifique directamente sobre el cemento seco.
- Limpie con agua las herramientas y el equipo antes que se endurezca el mortero y/o concreto.
- Durante la manipulación usar las medidas de seguridad apropiadas. Usar el equipo de protección personal apropiado.
- Evitar el contacto con la piel, ojos y vías respiratorias. En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua, para mayor información consultar la hoja de seguridad del producto.



EUCOCELL 1000®

ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE PARA CONCRETO LIGERO

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

EUCOCELL 1000 debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.
Vida útil de almacenamiento: 1 año.

ESPECIALIDADES

Química Suiza Industrial del Perú S.A.
T +51-1 710 4000 / Anexo: 2421-1211
www.qsi-peru.com

3

Hoja Técnica r JM
Versión: 01-QSI
Enero 2016

Fuente: (QSI Perú S.A 2019).

Figura 7. Ficha Técnica NEOPLAST

QSI
Química Suiza Industrial del Perú S.A.

NEOPLAST 8500 HP®
ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y
SUPERPLASTIFICANTE SIN RETARDO

INSTRUCCIONES DE USO

NEOPLAST 8500 HP se presenta listo para su uso y debe incorporarse a la mezcla cuando ésta se encuentra húmeda dentro del mezclador, ya sea en la planta o en la obra. Agregue NEOPLAST 8500 HP al agua restante del amasado de la mezcla o directamente. No debe entrar en contacto directo con el cemento seco. Las variaciones en la pérdida de asentamiento y fraguado están en función a la cantidad usada del aditivo, característica del cemento y el diseño de mezcla elegido.

DOSIFICACIÓN

El NEOPLAST 8500 HP es recomendado usar a una dosificación 0.2- 2.0% por peso del cemento. Se recomienda hacer ensayos previos para establecer la dosis según los requerimientos establecidos en obra.

PRESENTACIÓN

- Tanques 1100 kg
- Cilindro 180 kg
- Balde 20 kg

PRECAUCIONES / RESTRICCIONES

- Se debe proteger el NEOPLAST 8500 HP contra el congelamiento. Nunca agite con aire.
- Los cambios en los tipos de cemento, agregados y temperatura modifican el desempeño de los aditivos en la mezcla de concreto, variando resultados en el concreto fresco y endurecido.
- No es compatible con los aditivos base naltalencia.
- Se debe consultar con nuestros Asesores Técnicos cada vez que se tenga dudas respecto al uso del producto. De esta manera, podrá definir la solución que ofrezca un mejor costo-beneficio a nuestro cliente.
- EL producto debe almacenarse en su envase original, bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco.
(*): NEOPLAST 8500 HP clasifica la norma en la dosis de 0.5%.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

NEOPLAST 8500 HP debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.
Vida útil de almacenamiento: 12 meses.

Química Suiza Industrial del Perú S.A.
T +51-1-710 4000 Anexas - 2421 / 1211

Hoja Técnica / JM
Versión 01-QSI
Enero 2018

2

SUPERPLASTIFICANTE DE ALTO DESEMPEÑO

(QSI Perú S.A 2021).

Anexo 3. Ensayos de fase exploratoria

Diseño de Mezcla

Los ensayos iniciales consideraron la dosificación encontrada por (Barba y García, 2019).

Tabla 37. Dosificación de mezcla de (Barba y García, 2019).

PROPORCION EN PESO (KG)													
Cemento	244.44	/	244.44	=	1.00								
Agregado Fino	606.7	/	244.44	=	2.48								
Agregado Grueso	6.33	/	244.44	=	0.03								
Agua	0.10	x	42.50	=	4.25								
DOSIFICACION EN PESO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>C</th> <th>AF</th> <th>AG</th> <th>Agua</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2.48</td> <td>0.03</td> <td>4.25</td> </tr> </tbody> </table>				C	AF	AG	Agua	1	2.48	0.03	4.25	Lts/m3
C	AF	AG	Agua										
1	2.48	0.03	4.25										
PROPORCION EN VOLUMEN (P3)													
Peso Unitario Suelto Humedo A.Fino		=	1621.90		Kg/m3								
Peso Unitario Suelto Humedo A.Polestireno		=	11.00		Kg/m3								
DOSIFICACION EN VOLUMEN	<table border="1"> <thead> <tr> <th>C</th> <th>AF</th> <th>AG</th> <th>Agua</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2.27</td> <td>4.06</td> <td>4.25</td> </tr> </tbody> </table>				C	AF	AG	Agua	1	2.27	4.06	4.25	Lts/m3
C	AF	AG	Agua										
1	2.27	4.06	4.25										
DOSIFICACION POR BOLSA DE CEMENTO													
Cemento		:	42.5		Kg								
Agregado Fino		:	105.5		Kg								
Agregado Grueso		:	1.1		Kg								
Agua Efectiva		:	4.3		Lts								
Aditivo 01		:	0.255		kg								
Aditivo 02		:	1.063		Kg								

Fuente: Estudio exploratorio en diseño de mezcla del concreto cemento-arena liviano empleando perlitas de poliestireno, arcilla expandida y agregado fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018 (Barba y García, 2019).

Para la presente investigación se realizó un diseño de mezcla con relación agua/cemento 0.45 y se utilizó aditivos como incorporador de aire (EucoCell 1000) y reductor de agua (Neoplast 8500 HP) para poder comparar sus propiedades físicas y mecánicas; eligiendo los diseños

de mezcla más óptimos que cumplan con la Categorización de los concretos livianos propuestas por el “Portland Cemento Asociacion” como se muestra en la **Tabla 38**, se incluirá el peso unitario, rendimiento y aire atrapado según norma ASTM C-138.

Espuma de concreto

Se realizó el diseño de mezcla utilizado materiales como agregado fino, perlas de poliestireno, agua y aditivos. Estos resultados se obtuvieron dando resultados para ser considerado como concreto espuma.

Tabla 38. Diseño preliminar de concreta espuma

DISEÑO PRELIMINAR DE CONCRETO			
1.MATERIALES			
CEMENTO APU TIPO GU		Aditivo1(NEOPLAST 8500 HP)	Aditivo 2 (EUROCELL 1000)
P. Especifico	3.03 gr/cm3	Densidad	Densidad
P. Unitario	1500 kg/m3	1.1 kg/L	1.05 Kg/L
2.DATOS DE LABORATORIO			
DESCRIPCIÓN		AGREGADO FINO	PERLA DE POLIESTIRENO
Peso Específico	:	2.635 gr/cm3	0.016 gr/cc
Porcentaje de Absorción	:	0.10 %	0.00 %
Peso Unitario Suelto	:	1,512 Kg/m3	9 Kg/m3
Peso Unitario Compactado	:	1,746 Kg/m3	10 Kg/m3
Módulo de Fineza	:	1.12	-
Humedad para Diseño (%)	:	12.44 %	0.00 %
3.DATOS PARA LA DOSIFICACIÓN			
Estimación de Agua	:	89.57 Lts/m3	

Relacion Agua/Cemento (A/C) :	0.45
Factor Cemento :	$C=A/Rac= 89.57/0.45= 199=4.68Bls./m3$
Contenido de Aire Atrapado :	18.00 %
Combinación de Agregados :	40% A. FINO 60% Poliestireno
Relacion Aditivo/Cemento 1	0.008
Relacion Aditivo/Cemento 2	0.004
Cantidad de aditivo 1	1592 gr = 1.592 kg
Cantidad de aditivo 2	796 gr = 0.796 kg
4.CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS DE LA MEZCLA	
Cemento	
Agua	
Aire Atrapado	
Aditivo 1	
Aditivo 2	
Volumen Absoluto de los agregados :	
Peso del Agregado Fino :	
Peso del Agregado Liviano :	

Fuente: Elaboración propia, 2021

5. VALORES DE DISEÑO

Cemento	:	199.0 Kg/m ³
Agua	:	87.4 Lts/m ³
Agregado Fino	:	700.7 Kg/m ³
Agregado Liviano	:	6.6 Kg/m ³
Aditivo 1	:	1.592 Kg/m ³
Aditivo 2	:	0.796 Kg/m ³

6. CORRECIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Peso Humedo del A. Fino	:	700.67×1.1244	=	787.834 Kg/m ³
Peso Humedo del A. Liviano	:	6.57×1.0000	=	6.57388 Kg/m ³
Humedad Superficial A. Fino	:	$12.44 - 0.10$	=	12.34 %
Humedad Superficial A. Liviano	:	$0.00 - 0.00$	=	0.00 %
Aporte de Humedad A. Fino	:	700.67×0.1234	=	86.4628 Lts.
Aporte de Humedad A. Liviano	:	6.57×0.0000	=	0 Lts.
			=	<u>86.46 Lts.</u>
Agua Efectiva de Diseño	:	$87.37 - 86.46$	=	0.90 Lts.

7. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	:	199.0 Kg/m ³
Agua	:	0.9 Lts/m ³
Agregado Fino	:	787.8 Kg/m ³
Agregado Liviano	:	6.6 Kg/m ³
Aditivo 1	:	1.592 Kg/m ³
Aditivo 2	:	0.796 Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia, 2021

8. PROPORCIÓN EN PESO (Kg)

Cemento	:	199.00	/	199.00	=	1.00
Agregado Fino	:	787.834	/	199.00	=	3.96
Agregado Liviano	:	6.57388	/	199.00	=	0.03
Agua	:	0.0045	x	42.50	=	0.1913

DOSIFICACIÓN EN PESO	:	<table border="1"><thead><tr><th>C</th><th>AF</th><th>AL</th><th>Agua</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>3.96</td><td>0.03</td><td>0.19</td></tr></tbody></table>	C	AF	AL	Agua	1	3.96	0.03	0.19	Lts/m ³
C	AF	AL	Agua								
1	3.96	0.03	0.19								

9. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (Pie³)

Peso Unitario Suelto Humedo A. fino	:	1700.09	Kg/m ³
Peso Unitario Suelto Humedo A. Liviano	:	9.00	Kg/m ³

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN	:	<table border="1"><thead><tr><th>C</th><th>AF</th><th>AL</th><th>Agua</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>3.46</td><td>4.96</td><td>0.19</td></tr></tbody></table>	C	AF	AL	Agua	1	3.46	4.96	0.19	Lts/m ³
C	AF	AL	Agua								
1	3.46	4.96	0.19								

10. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	:	42.5	Kg
Agregado Fino	:	168.3	Kg
Agregado Liviano	:	1.3	Kg
Agua Efectiva	:	0.2	lts.

ESPECIFICACIONES : El Diseño de Mezcla se desarrollo según especificaciones del COMITÉ N° 211 - ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE) seguida de las experiencias de diseño registradas en el Laboratorio.

OBSERVACIONES : El material en la mezcla es arena blanca y piedra chancada gris, trasladada al laboratorio por el solicitante. El concreto se realizó a una temperatura ambiente entre 29 a 32°C.

RECOMENDACIONES : Se recomienda verificar el contenido de humedad de los agregados antes de emplear en la mezcla de concreto, a fin de obtener resultados adecuados conforme el diseño de mezcla. El concreto deberá ser mezclado en una mezcladora capaz de lograr una combinación total de los materiales, formando una masa uniforme dentro del tiempo especificado y descargando el concreto sin segregación. La tanda deberá ser descargada hasta que el tiempo de mezclado se haya cumplido, este no será menor de 90 segundos después de que todos los materiales estén dentro del tambor.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 39. Peso unitario de producción y contenido de aire de mezcla de relación a/c 0.70

**PESO UNITARIO DE PRODUCCION Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO
ASTM C-138**

DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DEL CONCRETO (ARENA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA)

	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	: 199.00 kg	0.06568 m ³
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	: 701.37 kg	0.26590 m ³
PERLA DE POLIESTIRENO (ESTADO S.S.S*)	6.57 kg	0.39885 m ³
AGUA	: 87.37 kg	0.08737 m ³
ADITIVO NEOPLAST 8500 HP	: 1.59 kg	0.00145 m ³
ADITIVO EUCCOCELL	<u>0.80 kg</u>	<u>0.00076 m³</u>
PESO TOTAL DE MATERIALES	996.70 kg	0.820 m³

S.S.S.* - saturado superficialmente seco

PESO UNITARIO TEÓRICO DE CONCRETO (SUPONIENDO LA NO PRESENCIA DE AIRE ATRAPADO)

$$T = \frac{996.70 \text{ kg}}{0.820 \text{ m}^3} = 1215.48 \text{ kg/m}^3$$

PESO UNITARIO DEL CONCRETO

(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	9983	10136	9986
(B) PESO DE MOLDE (g)	3365	3365	3365
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	6618	6771	6621
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	7074	7075	7076
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm ³)	0.936	0.957	0.936
PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm³)	0.94276		
PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m³)	942.76		

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{996.7 \text{ kg.}}{942.756667 \text{ kg/m}^3} = 1.057219 \text{ m}^3$$

$$\text{RENDIMIENTO RELATIVO} = \frac{1.057219 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} = 1.057$$

$$\text{CONTENIDO DE CEMENTO REAL} = \frac{199 \text{ m}^3}{1.057219 \text{ m}^3} = 188.23 \text{ kg/m}^3 = 4.43 \text{ bolsas/m}^3$$

$$\text{CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO=} \frac{1215.48 - 942.76}{1215.48} \times 100 = 22.44\%$$

(Método Volumétrico)

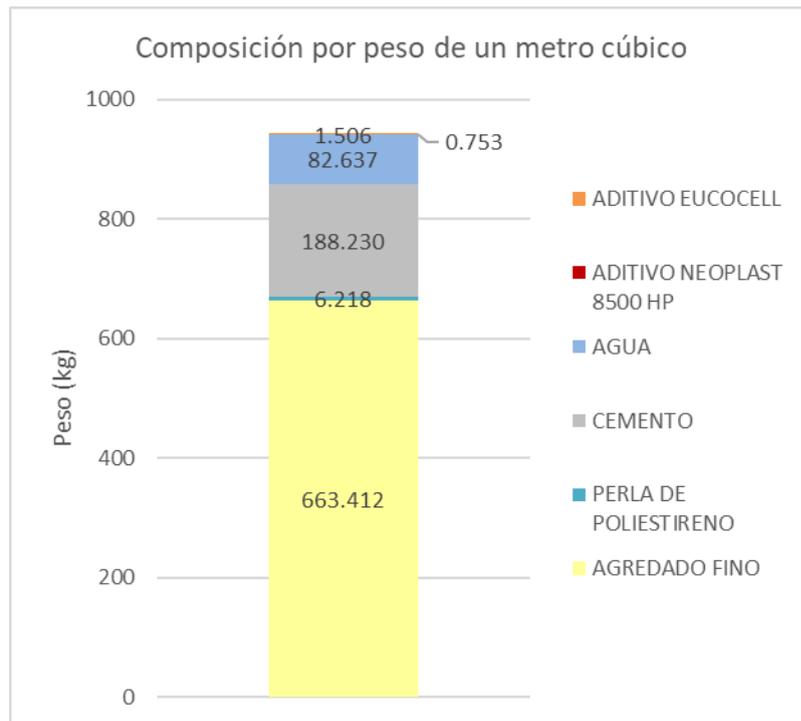
Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Composición de un metro cúbico del concreto fresco corregido por cambio de aire atrapado real

	<u>PESO</u>	VOLUMEN ABSOLUTO
CEMENTO	: 188.23 kg	0.062 m3
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	: 663.41 kg	0.252 m3
PERLA DE POLIESTIRENO (ESTADO S.S.S)	: 6.22 kg	0.377 m3
AGUA	: 82.64 lts.	0.083 m3
ADITIVO NEOPLAST 8500 HP	: 1.51 kg	0.00137 m3
ADITIVO EUCECELL	: 0.75 kg	0.00072 m3
AIRE ATRAPADO	0.00	0.224 m3
TOTAL	: 942.75 kg	<u>1.0000 m3</u>

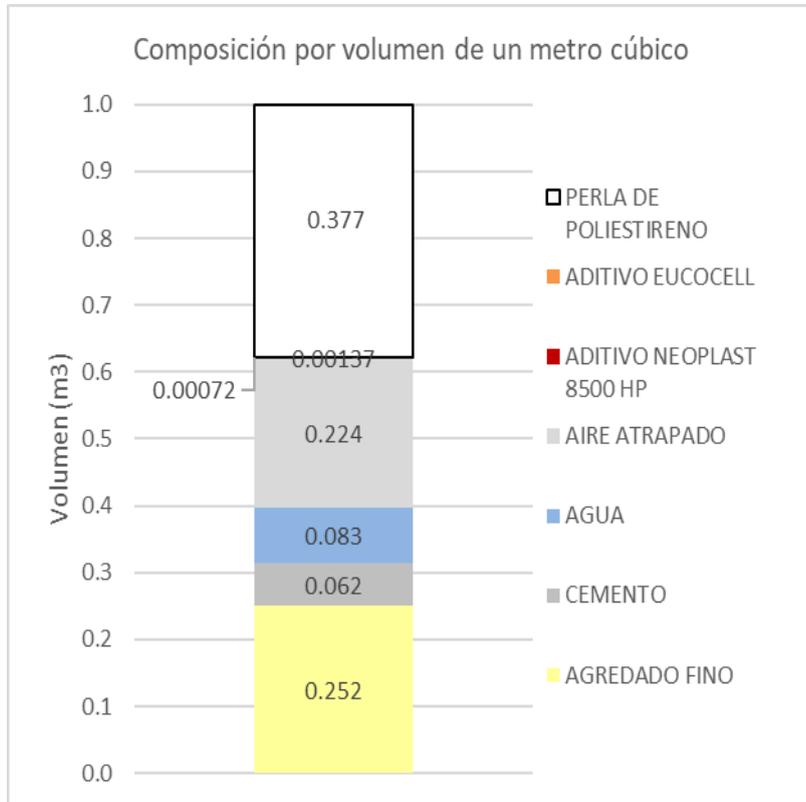
Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Composición de peso por metro cúbico



Fuente: Los autores, 2021.

Figura 9. Composición por volumen de un metro cúbico



Fuente: Los autores, 2021.

Anexo 4. Panel Fotográfico



Foto 1. Se realizó el proceso de armado de los moldes de aluminio de espesor de 3 mm para los bloques.



Foto 2. Se procede a calentar la arena para poder encontrar el % del contenido de humedad de la arena y de esa manera poder hacer las correcciones por humedad.



Foto 3. Proceso de dosificación para la elaboración de la mezcla para los bloques



Foto 4. Ejecución de la mezcla para los bloques



Foto 5. Ensayo de Slump para verificar el grado de asentamiento.



Foto 6. De Izquierda a derecha y abajo: Colocación de la mezcla en los moldes.



Foto 7. Desencofrado de los bloques al día siguiente de la colocación de la mezcla en los moldes, para ser llevados a curar los 7 días posteriores respectivos.



Foto 8. Terminando los 7 días se sacaron los bloques de la fosa y se esperó un tiempo de 24 horas para poder medir sus dimensiones.



Foto 9. Ensayo PUS de los agregados utilizados



Foto 10. Ensayo de PUC de los agregados utilizados



Foto 11. Ensayo de Peso Específico y Absorción



Foto 12. Ensayo de densidad específica



Foto 13. De Izquierda a Derecha: Se realizaron los ensayos de rotura correspondientes a las muestras de acuerdo con sus diferentes fechas de elaboración.