



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Perlas de poliestireno expandido para mejorar en las propiedades físico - mecánicas de concreto liviano

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Anchiraico Noreña, David Cesar
ORCID: 0000-0003-3728-6279

Gutierrez Aymachoque, Dave Paul
ORCID: 0000-0003-3800-5248

ASESOR

Chavarría Reyes, Liliana Janet
ORCID: 0000-0002-1759-2132

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Anchiraico Noreña, David Cesar

DNI: 41573057

Gutierrez Aymachoque, Dave Paul

DNI: 44242654

Datos de asesor

Chavarría Reyes, Liliana Janet

DNI: 25481792

Datos del jurado

JURADO 1

Donayre Córdova, Oscar

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-5142-3789

JURADO 2

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

JURADO 3

Torres Chung, César Roberto

DNI: 41182279

ORCID: 0000-0002-3212-2817

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 02.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

A mis Padres, a mis hermanos que me impulsaron a concluir mis estudios siendo guías y modelos de superación de esfuerzo en las adversidades. Y a mi entorno de amistades y a mi compañero de tesis. Y también a ella.

Gutierrez Aymachoque, Dave Paul

A mis padres Hilario Anchiraico y Victoria Noreña que en base a su esfuerzo y dedicación me motivaron a ser un gran profesional y sobre todo ser una persona de bien. A mi hermano Antonio por ser un ejemplo a seguir tanto como persona como profesional.

Anchiraico Noreña, David Cesar

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer en forma especial a la Mg. Ing. Liliana Janet Chavarría Reyes de la Universidad Ricardo Palma, por su apoyo invaluable e incondicional para la realización del presente estudio de investigación.

Gutierrez Aymachoque, Dave Paul
y Anchiraico Noreña, David Cesar

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----------|
| RESUMEN | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| INTRODUCCIÓN | iii |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1 Descripción y formulación del problema..... | 1 |
| 1.1.1 Problemas General | 1 |
| 1.1.2 Problemas Específicos | 1 |
| 1.1.3 Árbol de Problemas..... | 3 |
| 1.2 Objetivos de la Investigación..... | 4 |
| 1.2.1 Objetivo General | 4 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos..... | 4 |
| 1.3 Delimitación de la Investigación | 4 |
| 1.3.1 Geográfica | 4 |
| 1.3.2 Temporal | 4 |
| 1.3.3 Temática..... | 5 |
| 1.3.4 Muestral | 5 |
| 1.4 Justificación del Estudio | 5 |
| 1.4.1 Conveniencia..... | 5 |
| 1.4.2 Relevancia Social | 6 |
| 1.4.3 Aplicaciones Prácticas | 6 |
| 1.4.4 Utilidad Metodológica | 6 |
| 1.4.5 Valor Teórico | 6 |
| 1.5 Importancia del Estudio | 6 |
| 1.6 Limitaciones del Estudio | 7 |
| 1.7 Alcance | 7 |
| 1.8 Viabilidad del Estudio | 7 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 8 |
| 2.1 Marco Histórico | 8 |
| 2.1.1 Investigaciones Internacionales | 9 |
| 2.1.2 Investigaciones Nacionales | 10 |
| 2.1.3 Artículos relacionados con el tema | 15 |
| 2.2 Estructura Teórica y científica que sustenta el estudio..... | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.1 Poliestireno Expandido | 19 |
| 2.2.2 Propiedades Físicas del Poliestireno Expandido..... | 19 |
| 2.2.3 Propiedades Químicas del Poliestireno Expandido..... | 19 |
| 2.2.4 Propiedades del concreto fresco que contiene EPS..... | 20 |
| 2.2.5 Propiedades mecánicas del concreto endurecido que contiene EPS | 21 |
| CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS | 23 |
| 3.1 Hipótesis o supuestos teóricos | 23 |
| 3.1.1 Hipótesis general..... | 23 |
| 3.1.2 Hipótesis específicas | 23 |
| 3.2 Variables | 23 |
| 3.2.1 Definición conceptual de la variable..... | 23 |
| 3.2.2 Operacionalización de las variables | 23 |
| CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO | 25 |
| 4.1 Método de la investigación | 25 |
| 4.2 Tipo de investigación..... | 25 |
| 4.3 Nivel de investigación | 25 |
| 4.4 Diseño de la investigación | 25 |
| 4.5 Población y muestra..... | 25 |
| 4.5.1 Población..... | 25 |
| 4.5.2 Muestra..... | 26 |
| 4.6 Técnicas de investigación | 26 |
| 4.7 Descripción del procesamiento de análisis | 26 |
| 4.7.1 Método y técnica | 27 |
| 4.7.2 Validez del instrumento | 27 |
| 4.7.3 Fiabilidad y consistencia del instrumento | 27 |
| 4.8 Procesamiento y análisis estadístico de los datos | 27 |
| CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y RESULTADOS DE LA | |
| INVESTIGACIÓN..... | 28 |
| 5.1 Resultados de la investigación | 28 |
| 5.2 Análisis e interpretación de los resultados..... | 57 |
| 5.3 Contrastación de hipótesis específicas..... | 64 |
| DISCUSIONES | 79 |
| CONCLUSIONES | 81 |
| RECOMENDACIONES | 84 |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 85

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia 88

Anexo 2: Matriz de subtemas – Justificación – Objetivos específicos 89

Anexo 3: Matriz de generalidades de investigaciones consultadas..... 90

Anexo 4: Características típicas del Poliestireno Expandido reportado en las
investigaciones consultadas. 94

Anexo 5: Norma Técnica peruana..... 95

Anexo 6: Norma Técnicas Internacionales 96

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 1. | Matriz de operacional de variable independiente. | 24 |
| Tabla 2. | Matriz de operacional de variable dependiente. | 24 |
| Tabla 3. | Resultados de ensayo de la resistencia a la tracción (Punitha, 2019). | 29 |
| Tabla 4. | Resultados del asentamiento con la relación de agua-cemento (a/c) es de 0.55 (Milind et al., 2018). | 30 |
| Tabla 5. | Resultados del ensayo de resistencia a la compresión (Milind, et al., 2018). | 32 |
| Tabla 6. | Resultados de ensayo de la resistencia a la tracción (Milind, et al., 2018).. | 33 |
| Tabla 7. | Resultados del asentamiento con la relación de agua-cemento (a/c) es de 0.55 (Amad y Prakash, 2018). | 34 |
| Tabla 8. | Resultado del ensayo de la relación a la compresión (Ahmad y Prakash, 2018). | 36 |
| Tabla 9. | Resultados de la densidad con perlas de poliestireno (Jayanth y Sowmya, 20018). | 37 |
| Tabla 10. | Resultados del ensayo a la compresión (Jayanth y Sowmay, 2018)..... | 38 |
| Tabla 11. | Resultado del ensayo a la tracción (Jayanth y Sowmay, 2018). | 39 |
| Tabla 12. | Resultados del ensayo a la resistencia a la compresión (Gunavel et al., 2018). | 41 |
| Tabla 13. | Resultados del ensayo a la resistencia a la tracción (Gunavel et al., 2018). | 42 |
| Tabla 14. | Resultados del ensayo a la resistencia a la compresión (Vadanle et al., 2018). | 43 |
| Tabla 15. | Resultados del ensayo a la resistencia a la tracción (Vandale et al., 2018). | 44 |
| Tabla 16. | Resultados de la densidad con perlas de poliestireno (Kumar et. al., 2019). | 46 |
| Tabla 17. | Resultado del ensayo a la resistencia a la compresión (Kumar et al., 2019). | 47 |
| Tabla 18. | Resultados del ensayo de la resistencia a la compresión (Jahan y Sangitha, 2020). | 48 |
| Tabla 19. | Resultados del ensayo de la resistencia a la tracción (Jahan y Sangitha, 2020). | 49 |
| Tabla 20. | Resultado del asentamiento con la relación de agua-cemento (a/c) es de 0.65 (Chuquilin, 2022)..... | 51 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabla 21. | Resultados de la densidad con perlas de poliestireno (Chuquilin, 2022). ... | 52 |
| Tabla 22. | Resultados del ensayo de la resistencia a la compresión (Chuquilin, 2022). | 53 |
| Tabla 23. | Resultados de la densidad con perlas de poliestireno (Rosca y Corobceanu, 2020). | 55 |
| Tabla 24. | Resultados del ensayo resistencia a la compresión (Rosca y Corobceanu, 2020) | 56 |
| Tabla 25. | Resumen de resultados del ensayo del cono de abrams..... | 65 |
| Tabla 26. | Resumen de resultados del ensayo densidad. | 66 |
| Tabla 27. | Resumen de resultados del ensayo a la resistencia a la compresión..... | 70 |
| Tabla 28. | Resumen de resultados del ensayo a la tracción. | 76 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|--|----|
| <i>Figura 1.</i> | Esquema de árbol de problema. | 3 |
| <i>Figura 2.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la tracción. | 29 |
| <i>Figura 3.</i> | Relación de asentamiento con una relación de agua-cemento (a/c) es de 0.55..... | 31 |
| <i>Figura 4.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. asentamiento. | 31 |
| <i>Figura 5.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo 5..... | 32 |
| <i>Figura 6.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la tracción-Artículo 5. | 33 |
| <i>Figura 7.</i> | Relación de asentamiento con una relación de agua-cemento (a/c) es de 0.55..... | 35 |
| <i>Figura 8.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. asentamiento. | 35 |
| <i>Figura 9.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo 6..... | 36 |
| <i>Figura 10.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. densidad. | 38 |
| <i>Figura 11.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo-15. | 39 |
| <i>Figura 12.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la tracción-Artículo 15. | 40 |
| <i>Figura 13.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo 16..... | 41 |
| <i>Figura 14.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la tracción-Artículo 16. | 42 |
| <i>Figura 15.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo 17..... | 44 |
| <i>Figura 16.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la tracción-Artículo 17. | 45 |
| <i>Figura 17.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. densidad. | 46 |
| <i>Figura 18.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo 19..... | 47 |
| <i>Figura 19.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo 24..... | 49 |
| <i>Figura 20.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la tracción-Artículo 24. | 50 |
| <i>Figura 21.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. densidad | 51 |
| <i>Figura 22.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. asentamiento. | 52 |
| <i>Figura 23.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. densidad. | 53 |
| <i>Figura 24.</i> | Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión. | 54 |

| | |
|---|----|
| <i>Figura 25.</i> Porcentaje de EPS (%) vs. densidad. | 55 |
| <i>Figura 26.</i> Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión. | 56 |
| <i>Figura 27.</i> Porcentaje de EPS (%) vs. asentamiento con la relación de agua-cemento. | 65 |
| <i>Figura 28.</i> Resumen de porcentaje de EPS (%) vs. densidad. | 67 |
| <i>Figura 29.</i> Relación de agua-cemento (a/c) vs. densidad, para un porcentaje del 30% de EPS. | 68 |
| <i>Figura 30.</i> Relación de agua-cemento (a/c) vs. densidad, para un porcentaje de 20% de EPS. | 68 |
| <i>Figura 31.</i> Relación de agua-cemento (a/c) vs. densidad, para un porcentaje de 10% de EPS. | 69 |
| <i>Figura 32.</i> Relación de agua-cemento (a/c) vs. densidad, para un porcentaje de 0% de EPS. | 69 |
| <i>Figura 33.</i> Resumen de resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días de curado. | 72 |
| <i>Figura 34.</i> Resumen de resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días de curado. | 72 |
| <i>Figura 35.</i> Resumen de resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado. | 73 |
| <i>Figura 36.</i> Resistencia a la compresión vs. la relación agua-cemento (a/c) para porcentaje de 30% de EPS. | 73 |
| <i>Figura 37.</i> Resistencia a la compresión vs. la relación de agua-cemento (a/c) para porcentaje de 20% de EPS. | 74 |
| <i>Figura 38.</i> Resistencia a la compresión vs. la relación agua-cemento (a/c) para porcentaje de 10% de EPS. | 74 |
| <i>Figura 39.</i> Resistencia a la compresión vs. la relación agua-cemento (a/c) para porcentaje de 0% de EPS. | 75 |
| <i>Figura 40.</i> Resumen de resultados de la resistencia a la tracción de curados a los 7 días. | 77 |
| <i>Figura 41.</i> Resumen de resultados de la resistencia a la compresión de curado a los 14 días. | 78 |

Figura 42. Resumen de resultados de la resistencia a la tracción de curado a los 28 días..... 78

RESUMEN

La presente tesis realizada lleva como título “Perlas de poliestireno expandido para mejorar en las propiedades físico-mecánicas de concreto liviano”, tuvo como objetivo principal analizar las perlas de EPS para mejorar las propiedades físico – mecánicas del concreto liviano.

El tipo de investigación fue documental bibliográfico, el método deductivo, enfoque cuantitativo y orientación aplicada, el nivel de la investigación descriptivo, correlacional y explicativo, el diseño se clasifica como experimental, longitudinal, retrospectivo y estudio de cohorte.

Se observó en la investigación que el mejor asentamiento (trabajabilidad) utilizó la mayor relación agua/cemento de 0.55 y una adición de 30% de perlas de EPS logrando un asentamiento mayor a 7 in. También se logra concluir a mayor % de perlas de EPS la densidad disminuye, observándose al adicionar el 30% de perlas de EPS se obtuvo una densidad de 1800 kg/m³. Además, se observó que la resistencia a la compresión y tracción disminuyen a mayor % de perlas de EPS. Se observa que el tiempo de curado de 7 días a 28 días aumenta su valor. Con estas características, se obtuvo la resistencia a la compresión y tracción a los 7 días, 14 días y 28 días de curado y una adición de 30% de perlas de EPS 24.5 MPa y de 2.26 MPa. 24.67 MPa, 2.83Mpa y 27.25Mpa, 3.56 MPa respectivamente, se concluye la influencia de las perlas de EPS en el concreto liviano lográndose comprobar que a mayor % de perlas de EPS la resistencia a la compresión, tracción y densidad disminuyen, mientras que el asentamiento (trabajabilidad) aumenta.

Palabras clave: Perlas, poliestireno expandido, resistencia a compresión, resistencia a la tracción, asentamiento, densidad.

ABSTRACT

The present thesis carried out is entitled "Expanded polystyrene beads to improve the physical-mechanical properties of lightweight concrete", its main objective was to analyze EPS beads to improve the physical-mechanical properties of lightweight concrete.

The type of research was bibliographic documentary, the deductive method, quantitative approach and applied orientation, the level of descriptive, correlational and explanatory research, the design is classified as experimental, longitudinal, retrospective and cohort study.

It was observed in the investigation that the best settlement (workability) used the highest water/cement ratio of 0.55 and an addition of 30% EPS beads, achieving a settlement greater than 7 in. It is also possible to conclude that at a higher percentage of EPS beads, the density decreases, observing when adding 30% of EPS beads, a density of 1800 kg/m³ was obtained.

It was also observed that the compressive and EPS beads of 24.5 MPa and 2.26 MPa. 24.67 MPa, 2.83Mpa and 27.25MPa, 3.56 MPa respectively, The influence of EPS beads on lightweight concrete is concluded, proving that the higher the percentage of EPS beads, the compressive strength, traction and density decrease, while the settlement (workability) increases.

Keywords: Beads, expanded polystyrene, compressive strength, tensile strength, settlement, density.

INTRODUCCIÓN

Uno de los materiales primordiales y fundamental para el rubro de construcción es el concreto, debido a su importancia en el mundo de las construcciones por su alta demanda y requerimiento y en continuos estudios. En estos tiempos se puede hablar de la mezcla de concreto estandarizado, así también de la multiplicidad de los diseños se incluyen ciertas variaciones en la inclusión de algunos materiales con la finalidad de modificar las propiedades en su estado fresco, endurecido y se mejore su rendimiento con su incorporación.

El presente estudio pretende evaluar las incorporaciones de las perlas de poliestireno expandido en diferentes porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%. En un concreto liviano con el fin de ser evaluaron en términos de trabajabilidad, peso unitario o densidad, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción. y mejorar sus propiedades físico – mecánicas, logrando conocer la utilidad del poliestireno expandido que proviene de fábrica para un concreto liviano. A un más sin aditivos que comprometan su evolución y rendimiento. Teniendo como base teórico las propiedades de las perlas de poliestireno expandido (EPS) como su capacidad de poca absorción de agua. el cual está compuesta por 98% de aire y el resto de polímeros

La metodología empleada es de ductivo ya que el propósito del estudio es analizar el uso de las perlas de poliestireno expandido, para mejorar las propiedades físico – mecánicas del concreto liviano. La recopilación de la información es retro lectivo para la recolección de datos, se utilizó tesis e investigaciones científicas ya publicadas por otros autores. Y el nivel de la investigación es descriptivo envista que se busca estudiar las propiedades del concreto liviano bajo la influencia de la perla de poliestireno.

El objetivo de la investigación es Analizar las perlas de poliestireno expandido para mejorar las propiedades físico - mecánicas del concreto liviano, utilizando las recolecciones de artículos y tesis en las plataformas de datos académicos.

La investigación contiene 5 capítulos, los siguientes temas: capítulo I, Planteamiento del problema, se hace la formulación del problema del área en estudio según la descripción del problema que la afecta. En el Capítulo II, Aspectos teóricos, se desarrolla el tema de investigación, según las teorías y conceptos que abordarán el tema en estudio, para luego analizar y comparar las diferentes investigaciones o publicaciones desarrolladas por distintos autores, para asegurar la factibilidad del tema de estudio. En el Capítulo III, se

desarrolla la Hipótesis o supuestos teóricos, se formula la idea que enmarca esta investigación, además de identificar cada variable y operacionalizarlas. En el Capítulo IV, Metodología de la investigación, se describe el enfoque de investigación, así como también el tipo, nivel, diseño de investigación, población y procedimiento de análisis que se está desarrollando, además de la población, muestra e instrumento que utilizamos. En el Capítulo V, Presentación y análisis de resultados de la investigación, se contrasta la hipótesis general y específicas. Al final se presentan la discusiones, conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema

Una de las grandes problemáticas que enfrenta actualmente las familias peruanas es la falta de acceso a viviendas, en espacios que cumplan los parámetros urbanísticos y sobre todo con servicios básicos. Según los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI-2017) se calcula que el 52% de la población urbana viven en barrios urbanos vulnerables.

Otro de los aspectos importantes a tener en cuenta es su ubicación geográfica. El Perú que cuenta con una región costera y a su vez pertenece al cinturón del fuego; se encuentra una zona altamente sísmica y vulnerable. Las viviendas de las zonas más pobres ante un eventual sismo serán sometidas a estos fenómenos de la naturaleza producto del choque de las dos placas tectónicas.

Con el objetivo de encontrar una solución más asequible a la problemática de las viviendas, el presente estudio de investigación se enfoca en encontrar una solución a la problemática con el diseño adecuado de una mezcla de concreto liviano con perlas de poliestireno expandido para ser usado como concreto no estructural. Y pueda servir como una nueva alternativa de construcción para familias de bajo recursos.

1.1.1 Problemas General

¿De qué manera las perlas de poliestireno expandido mejoran las propiedades físico - mecánicas del concreto liviano?

1.1.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es la relación agua / cemento para mejora la trabajabilidad del concreto liviano?
- b) ¿En qué medida el porcentaje de perlas poliestireno expandido (EPS) mejora en la consistencia y densidad del concreto liviano?
- c) ¿En qué medida el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) para mejora en la variación de la resistencia a la compresión del concreto

liviano?

- d) ¿En qué medida el porcentaje de perlas de al expandido (EPS) para mejora en la variación de la resistencia a la tracción del concreto liviano?

1.1.3 Árbol de Problemas

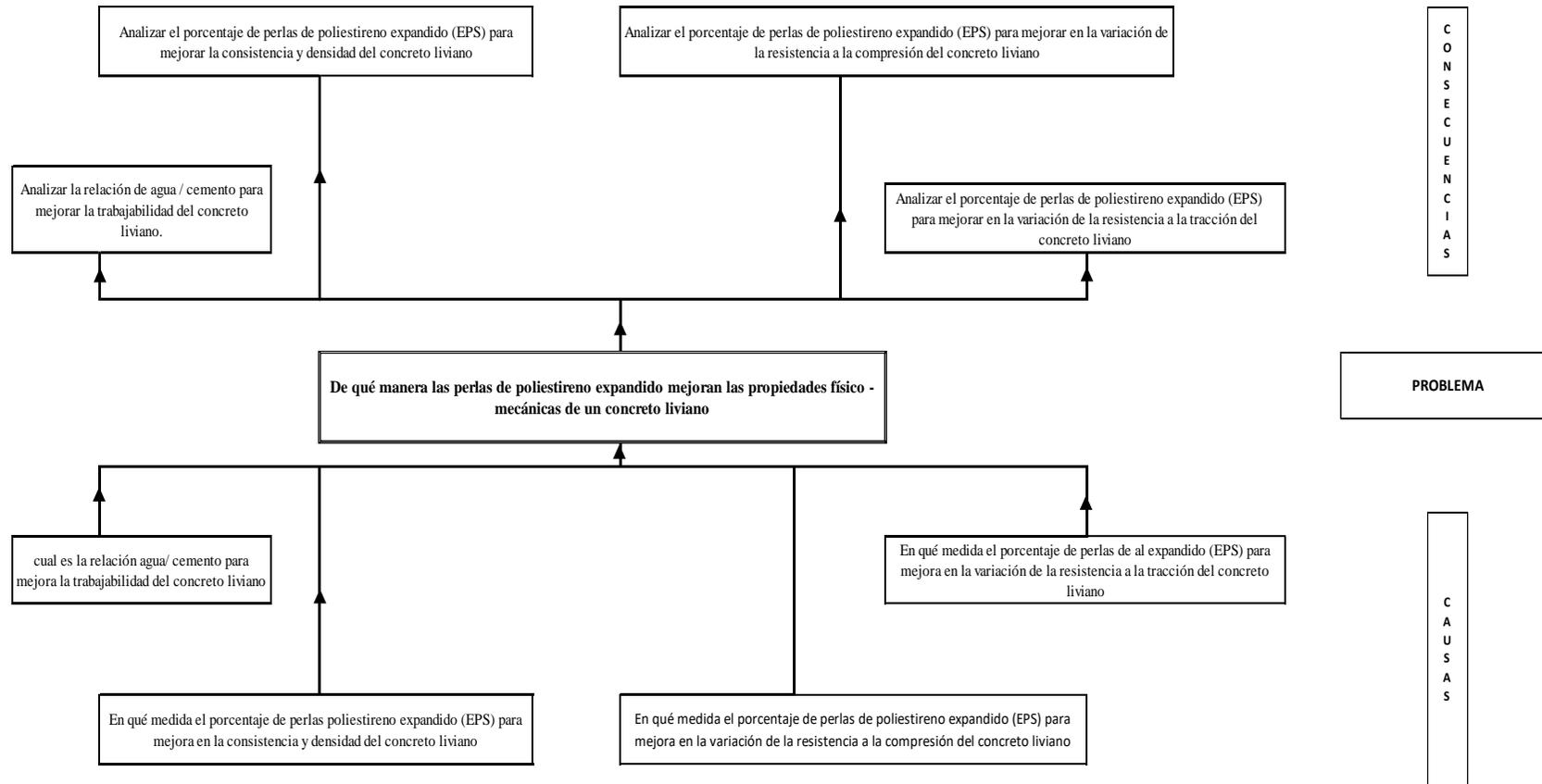


Figura 1. Esquema de árbol de problema.
Fuente: Elaboración propia.

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo General

Analizar las perlas de poliestireno expandido para mejorar las propiedades físico - mecánicas del concreto liviano.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Analizar la relación de agua / cemento para mejorar la trabajabilidad del concreto liviano.
- b) Analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) para mejorar la consistencia y densidad del concreto liviano.
- c) Analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) para mejorar en la variación de la resistencia a la compresión del concreto liviano.
- d) Analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) para mejorar en la variación de la resistencia a la tracción del concreto liviano.

1.3 Delimitación de la Investigación

La delimitación de la investigación tiene tres aspectos importantes como son: conceptual, temporal y espacial.

Se entiende como delimitación conceptual, los estudios dentro del marco de la recolección de datos de artículos científicos. En el espacio temporal se delimitará bajo el tiempo de antigüedad que contenga la información los artículos científicos que son de 5 años de estudio, y así mismo con una duración de seis meses el tiempo que dura el plan de tesis. Y la delimitación espacial pretende realizar en áreas que cumpla las condiciones de similitud con la información alcanzada ya sea en el ámbito de su aplicación.

1.3.1 Geográfica

La investigación se realizó en Lima – Perú.

1.3.2 Temporal

La investigación se realizó en un periodo de seis meses en el año 2022.

1.3.3 Temática

La investigación planteada se presentó como temática central al estudio de la variable independiente que son las perlas de poliestireno expandido, para analizar su comportamiento bajo el marco de sus propiedades físico-mecánicas del concreto liviano.

1.3.4 Muestral

Los estudios del trabajo de investigación recolectados como muestra fueron ensayados en laboratorios encontrados en los artículos científicos de referencia. Por lo mismo, recopilaremos la mayor cantidad de información para obtener mayor alcance en nuestro estudio de investigación.

1.4 Justificación del Estudio

Ante la reciente reactivación económica del país, sobre todo en el sector de la construcción, y la forma desordenada que va creciendo nuestra población tanto de forma horizontal y vertical. Es preciso enfocarse en nuevas técnicas de diseño de mezcla para el concreto. disminuir sobre cargas que pueda ser empleada en su ejecución; ya que, nuestras construcciones van creciendo verticalmente. Y puede ser contraproducente en su diseño y modelamiento. La importancia es investigar su comportamiento con poliestireno expandido (EPS) en un concreto liviano.

Para ello se pretende analizar el porcentaje de poliestireno expandido (EPS) mejorar las propiedades físicas y mecánicas. Y es benéfico optimizar en el rendimiento durante su elaboración bajo esta propuesta de diseño de concreto liviano. Tanto en la parte de la ingeniería y gestión. Y en el ámbito académico servirá de fuente de información o consulta para futuras investigaciones.

1.4.1 Conveniencia

Nuestra tesis de investigación resulto ser muy conveniente para varios sectores: Para el sector de la industria de la construcción, debido a que hace referencia al concreto; lo cual es un material muy indispensable que está sujeto constantemente a investigaciones ofreciendo mejoría en cuanto a innovación y búsqueda de nuevos materiales. También es conveniente para los estudiantes

de la carrera de ingeniería civil debido a que les permitirá conocer las bondades que ofrece el concreto liviano con perlas de poliestireno expandido.

1.4.2 Relevancia Social

La investigación trascendió para la sociedad; ya que, su propósito es analizar las propiedades físico - mecánicas del concreto liviano, las mismas que podrán ser empleadas en las construcciones si es que se determina su aporte al diseño de mezcla en concreto. Basadas en la trabajabilidad y resistencia.

1.4.3 Aplicaciones Prácticas

El estudio de esta investigación está enfocado acerca del concreto liviano; por el cual, servirá a nuevas investigaciones. Asimismo, sumará como aporte y consulta para el investigador.

1.4.4 Utilidad Metodológica

Con nuestra investigación dispondremos de ayuda para crear nuevos instrumentos para la obtención de datos de análisis. Además, la descripción y organización de las necesidades que sustentan la elaboración de dicha investigación. Y su objetivo es de manera metódica y estructurada a una recolección de datos e información en torno a la realidad social de un problema.

1.4.5 Valor Teórico

El presente estudio se ha referido acerca del concreto liviano, para el conocimiento de futuras investigaciones como el aporte técnico y teórico de los análisis exhaustivos del tema que se desarrollará con la perla de poliestireno expandido (EPS).

1.5 Importancia del Estudio

El desarrollo de esta investigación se basa en determinar la optimización de las propiedades físico - mecánicas del concreto liviano incluyendo a las perlas de poliestireno que será de materia de estudio. Siendo de esta forma la recopilación de información y sumar resultados que determine su aporte o desmienta su aplicativo.

1.6 Limitaciones del Estudio

Nuestra tesis de investigación está limitada exclusivamente al tema de uso de perlas de poliestireno en un concreto liviano. Al ser nuestra investigación del tipo descriptivo documental todas nuestras fuentes fueron investigaciones científicas. por lo tanto, no se realizó ningún tipo de ensayos de laboratorio.

1.7 Alcance

El alcance de nuestra tesis de investigación llega hasta obtener un estudio minucioso del comportamiento de las perlas de poliestireno expandido en el diseño de mezcla del concreto liviano describiendo sus propiedades físico - mecánicas.

1.8 Viabilidad del Estudio

Nuestra tesis de investigación es viable debido a que contamos con suficiente información de los investigadores en sus respectivos artículos científicos alrededor del mundo, que fueron obtenidos por medios digitales de los diferentes buscadores como Scopus, Google académico, cielo, álica, etc. Permitiéndonos alcanzar todos nuestros objetivos propuestos. Además, al ser nuestra investigación del tipo descriptivo documental no es necesario contar con los permisos para la realización de la investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Histórico

En el año 1930 el poliestireno fue sintetizado por primera vez por la empresa química alemana BASF para dar inicio a su comercialización a nivel industrial. En el año 1951 la misma empresa BASF llegó a desarrollar e iniciar la producción para luego patentar un nuevo producto denominado poliestireno expandido actualmente conocido como EPS bajo el nombre comercial STYROPOR.

En la Alemania de 1950 se exploró un plástico celular inflexible que recibió el nombre de EPS o poliestireno expandido. Desde 1958 entró en vigor el poliestireno expandido y se trabaja en el envoltorio de cosas. En este, está compuesto por un 98% de gas, pero el resto son pequeñas perlas globales de EPS, que a su vez se crean a partir de CO₂ e hidrógeno. Con la rápida evolución y el crecimiento de la tecnología, el uso de reemplazo de agregados en el concreto ha crecido mucho. En la construcción de hormigón, como el vidrio agrandado y las cuentas de EPS, etc., gradualmente se están haciendo sustancias nuevas y diferentes y funcionan como renovación de agregados en la elevación de hormigón. (Ashish, et al 2020 p.2346)

Los gránulos de EPS modificados o no modificados se pueden incluir fácilmente en varias cantidades en el concreto para producir LWAC con diferentes densidades. El EPS que contiene hormigón se está volviendo popular y se utiliza en diversas aplicaciones en la industria de la construcción. Esto se debe en parte a su menor peso unitario y a una mejor resistencia térmica y acústica. Se puede utilizar en varios lugares, incluidas casas y edificios tradicionales, construcción de carreteras como materiales de base, estructuras flotantes en alta mar y estructuras que requieren absorción de energía debido a la carga de impacto (Chen y Liu, 2007 citado en Khatib, et al 2019a p.146).

En los últimos años, el hormigón EPS con propiedades mecánicas y de durabilidad adecuadas puede ser utilizado en edificios altos; estructuras de

hormigón de grandes luces (puentes); en aplicaciones estructurales como materiales para techos, paneles y unidades de carga y se pueden incluir en barreras de hormigón para reducir las lesiones durante los accidentes de tráfico (Khatib, et al 2019b p.146).

En la actualidad, nuevos diseños de mezcla de concreto están siendo investigados por los estudiantes de la carrera de ingeniería civil de las diversas universidades del Perú, por lo tanto, la idea del uso de perlas de EPS como agregado para la obtención de concreto ligero, se siguen investigando con el objetivo de saber con exactitud sus características y sobre todo su influencia en las propiedades físicas y mecánicas, y con ello masificar su uso y sobre todo incrementar los posibles campos de aplicación dentro de la industria de la construcción.

2.1.1 Investigaciones Internacionales

Arboleda y Salazar (2020), en la presente investigación se pretende trabajar con el concreto liviano, este puede alcanzar diferentes resistencias con respecto al diseño de mezcla que se emplea. En los cuales se encuentra en elementos estructurales, por lo mismo, tiene como objetivo observar el comportamiento del concreto con la incorporación del poliestireno expandido (EPS) como material altamente resistente. El método de investigación es de cuantitativa; donde presentará datos numéricos para su obtención de resultados ya sean favorables o desfavorables. Y su aplicación será de investigación experimental, el cual estará bajo evaluaciones y ensayos para determinar sus propiedades físicas y mecánicas.

La investigación realizará pruebas de testigos con proporciones incorporadas de poliestirenos a razón volumétricas de 0%, 3%, 5% y 7% del volumen de la camisa con el cual se obtiene la resistencia, para esto se emplean testigos que se ensayan a los 7, 14 y 28 días para un diseño de mezcla de 21 MPa. Los testigos que presenten adición del 3%, 5% y 7% se comparan con el testigo del 0%. El resultado obtenido es que los cilindros a los cuales se le adicionaron poliestireno expandido a razón de volumen no cumplen con la resistencia proyectada, de esta manera se puede concluir que para uso estructural el poliestireno expandido no sirve como aligerante de concreto. También se determina que, al adicionar

grandes cantidades de poliestireno expandido, sirve para generar menor carga muerta en la estructura, pero no deberá ser empleado como un elemento estructural.

Villarreal (2019), el presente trabajo de titulación tiene como fin determinar la influencia que tendrá las perlas de poliestireno expandido en el hormigón a una edad de 28 días. Y el objetivo es analizar el comportamiento de sus propiedades físicas y mecánicas. En esta investigación se obtendrá la resistencia a la compresión, tracción y módulo de elasticidad, debido a que dichas propiedades son las más características al momento de diseñar o construir obras civiles. El método a emplear es de aplicación experimental, por lo mismo los procesos se realizarán en un laboratorio con la capacidad de obtener lo mencionado anteriormente.

En cada una de las dosificaciones se fabricaron 5 cilindros para el ensayo de compresión y módulo de elasticidad, 5 para el ensayo de tracción (Ensayo Brasileiro) y 3 briquetas para el ensayo de flexión en vigas, completando un total de 100 cilindros y 30 briquetas. Los ensayos fueron realizados a los 28 días de su fabricación. Y, por último, con este trabajo se pretende dar una base para futuras investigaciones sobre el uso apropiado de estos materiales, aprovechando sus principales ventajas, características técnicas, costo y la protección del medio ambiente. Se concluye en que la sustitución de distintos porcentajes de agregado fino por perlas de EPS, afecta de una manera inversamente proporcional a las propiedades físico-mecánicas del hormigón endurecido a la edad de 28 días.

2.1.2 Investigaciones Nacionales

Vera (2018), el presente trabajo de investigación es desarrollar aspectos cuantitativos y cualitativos. Además, en estudiar las características físicas del poliestireno expandido como agregado adicional en el concreto liviano, con este material innovador brindaremos nuevas alternativas al alcance económico de la población.

El concreto liviano con poliestireno expandido es poco usado en la actualidad de nuestro país, por ello tenemos como objetivo general realizar el diseño de mezcla

de un concreto liviano con poliestireno expandido para la construcción de losas, por su baja densidad disminuyendo las cargas y proporcionando menor peso muerto a la vivienda y la metodología de la investigación es de tipo experimental y se empleó en el diseño muestra hacia la población, las técnicas de recolección y procesamiento del análisis de datos, identificamos las variables dependiente e independiente de la investigación; Así también, determinar las características del concreto liviano como la resistencia y el asentamiento.

Se concluyó que el diseño del concreto liviano que presentó la menor la menor densidad fue el diseño DPE-03 con la relación a/c: 0.56; con 0.8% de EPS; con peso unitario 1676 kg/m^3 con una resistencia a la compresión, 276 kg/cm^2 , fue el diseño DPEA-01: relación a/c: 0.42 con 0.5% de perlas de poliestireno; 1% de aditivo viscorete 1110 kg/m^3 ; con una densidad de 1999 kg/m^3 .

Avalos (2020), el desarrollo de esta investigación se determinará cómo se comporta el poliestireno expandido en un concreto liviano para la losa estructural, incluyendo un aditivo superplastificante de la marca Zika Viscocrete SC60, para determinar la resistencia a la compresión, asentamiento y conductividad acústica. Para su metodología se realizará un diseño experimental de tipo bifactorial hacia la mezcla patrón basada en el método de ACI 211; el cual se aplicó el diseño experimental de tipo bifactorial, la cantidad de perlas de poliestireno expandido de un diámetro 5 y 7 mm. Y su porcentaje de superplastificante respecto a la cantidad de cemento, los porcentajes usado de poliestireno expandido fueron 0.05%, 0.075%, 0.1%, 0.125%, 0.15% y superplastificante a 0.05%, 0.10%, 0.15%, 0.2% y 0.25%. bajo norma ASTM C192, los parámetros como: la resistencia, asentamiento y conductividad acústica se realizará bajo norma de ASTM C39, ASTM C172.

Se realizó un diseño de mezcla para determinar la resistencia a la compresión de 280 kg/cm^2 , dando como resultados la relación de agua/cemento a 0.5, asentamiento promedio 3.3 pulgadas, la resistencia a la compresión promedio de 311 kg/cm^2 y un índice promedio de decibles a 39.39 dB a 28 días de curado. Asimismo, la resistencia a la compresión del poliestireno expandido y superplastificante fueron 210 kg/cm^2 a 131 kg/cm^2 su asentamiento varió en 0.5 a 7.3 pulgadas y su índice de reducción sonora fue de 37.1 a 35.9 dB. El cual

concluye, en caracterizar adecuadamente la bajo la Norma ASTM. que el poliestireno expandido por ser un material muy ligero reduce considerablemente la resistencia a la compresión.

Se determinó el asentamiento del concreto bajo la Norma ASTM C143. En el cual el superplastificante aumenta el asentamiento del concreto y el poliestireno reduce el asentamiento. Se determinó la resistencia a la compresión de las muestras bajo la norma ASTM C39 donde se concluye que el poliestireno expandido disminuye la resistencia a la compresión. Además, que el poliestireno expandido no aumenta el aislamiento acústico.

Poma (2020), este trabajo de investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia de las Perlas de Poliestireno Expandido en la elaboración u obtención de concreto liviano para poder ser aplicado en la Región de Pasco en los distintos tipos de construcción y/o solicitaciones que sean necesarias, dichos estudios y ensayos serán realizados en los laboratorios de la E.F.P. de Ingeniería Civil de la UNDAC.

En la presente tesis se aplicó el método de investigación estadístico descriptivo donde se realizó ensayos en laboratorio, donde se desarrolló pruebas para determinar la resistencia a la compresión, las propiedades físicas y mecánicas del concreto liviano. Para esto se realizó una sustitución parcial desde 0% hasta el 100% (0%, 25%, 50%, 75% y 100%) del agregado grueso total en el diseño de mezcla de un concreto convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ que es el más común; esto implicó la elaboración de un total de 30 cilindros de concreto cada uno con su respectivo diseño de mezcla.

En lo que respecta a los agregados utilizados, fueron extraídos de la Cantera de Cochamarca ya que es una cantera que provee de la mayor cantidad de agregados que se utilizan en el sector construcción de la ciudad de Pasco, esto con el fin de tener los estudios de investigación lo más confiable posible. En conclusión, que el concreto a pesar de ser ligero puede soportar y absorber las cargas en los puntos críticos es decir donde se concentre el mayor esfuerzo. Según la Norma Técnica Peruana. Y esto nos conlleva a decir que el concreto ligero diseñado es de buena calidad para ser aplicada en zonas de baja intensidad

sísmica ya que no falla o no se ve que falla por corte.

Álvarez y Meca (2019), el objetivo de esta investigación es establecer un diseño de unidades de albañilería de concreto liviano a base de poliestireno expandido en la región de Piura. Con una población compuesta por diferentes unidades de albañilería. basados en la norma como: NTP 399.604, NTP 399.601, NTP 400.037, y ACI 523.3R-14.

El diseño de investigación ha sido experimental- transeccional porque se han manipulado deliberadamente las variables: dependiente (unidades de albañilería de concreto liviano) e independiente (poliestireno expandido) y los datos se recogieron en un solo tiempo. Las dimensiones de la unidad de albañilería son las indicadas en la NTP 399.601 y en los ensayos realizados a tales unidades son: Densidad, absorción, peso unitario, esfuerzo a la compresión, variación dimensional, resistencia a la tracción por flexión y alabeo para así posteriormente analizar los resultados conseguidos para el diseño de mezcla de las unidades de albañilería. Luego se comparan los resultados del estudio con las teorías y antecedentes presentadas, finalmente se detallan los principales hallazgos de la investigación como la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del material en estudio como es EPS.

Se realizó un análisis granulométrico para hallar el grado de finura. Asimismo, se consiguieron conclusiones como ensayo de fluidez, peso unitario y Ensayo de esfuerzo a la compresión, se obtuvo un promedio a los 7 días de 49.25 kg/cm², a los 14 días de 60.6 kg/cm². Y además se obtuvo análisis de costo unitario cuyo propósito fue hallar el costo por unidad de albañilería, concluyendo que nuestra unidad de albañilería es más económica que la unidad de albañilería de concreto tradicional.

Rodriguez (2017), el planeamiento fundamental desarrollada por esta tesis investigación es determinar la resistencia a compresión de la mezcla de concreto. Con el objetivo de analizar la resistencia a la compresión del concreto. Se basó en cubos de concretos ligeros a base de poliestireno expandido para determinar la dosificación óptima. se trabajó con una muestra no probabilística de caracteriza intencional, para ello se elaboró 90 cubos de

concreto ligero a base de poliestireno expandido de 10x10x10 cm. y un lote de 45 bloques de concreto ligero a base de poliestireno expandido de 09x19x39 cm, a fin de determinar las características y propiedades de los mismos, lo cual nos dará la tendencia más no la precisión.

Una vez obtenidos los resultados se determinó, que la resistencia favorable de 6.15 MPa (62.75kg/cm²). Se concluye que su dosificación óptima de los bloques de concreto fue denominada CLP-1600. Al medir la fluidez del Concreto Ligero su diámetro de dispersión varía en un rango de 20 a 23 cm. Concerniente a la densidad, la misma que disminuye conforme aumenta la densidad aparente, dando ventajas de trabajabilidad y colocación en obra. El módulo de elasticidad del Concreto Ligero es menor que del concreto convencional, esto se debe a que tienen mayor capacidad de deformación volviéndose más dúctil con la inclusión del aditivo espumante. Los módulos de elasticidad son mayores conforme tiende a incrementar el peso específico.

Pérez y Flores (2019), en su tesis tuvo como desarrollo el uso del concreto liviano de la investigación con mayor proporción de agregado fino y perlas de poliestireno, cemento portland, agua, y aditivos, es técnicamente factible, por lo mismo es necesario conocer su uso normativo. La problemática de esta investigación de tipo experimental, ácido determinada bajo la influencia de la variación de los aditivos incorporados de aire (Eucorell 1000) y superplástico (Neoplastia 8500 HP), sin modificar la relación de a/c, el porcentaje de agregado fino y perlas de poliestireno en el diseño de patrón en el concreto; ya que, la zona de donde se emplea la investigación es en la región de Iquitos.

Los resultados obtenidos en combinación con una relación en peso aditivo/cemento de 0.006 de Neoplast y 0.00 de Euocell, al 95% de nivel de confianza, alcanzó una densidad de 1632,71 kg/m³ y una resistencia a la compresión a los 28 días de 195 kg/cm², siendo significativa la correlación de Neoplast vs resistencia (1.1%) y no siendo necesario el empleo de Euocell. Asimismo, al 95% de nivel de confianza, a los 28 días alcanzó una resistencia a la tracción de 15,09 kg/cm² y a la flexión de 35,15 kg/cm², y un módulo elástico de 206 910 kg/cm²; habiéndose superado el rango de resistencia a la compresión, para concretos livianos no estructurales, propuesta por la Portland

Cement Association.

2.1.3 Artículos relacionados con el tema

a) Artículos científicos

Moon, Selokar, Patle, Bhoyar, Kowale y Quazi (2020), este documento informa los resultados obtenidos mediante comparación entre ladrillo común y los bloques de hormigón de poliestireno expandido. El cual se respalda de investigadores que también determinaron los parámetros a consultar y analizar. Como son la resistencia, fuerza de compresión, absorción del agua y espeso específico del agregado fino.

Los materiales utilizados fueron de río con un módulo de finura de 2.85, granito triturado con tamaño de 10 mm, perlas de EPS de dos tipos fibra y mezcla de fibra química de poli. Los modelos a trabajar eran de 150x150x150 mm. Se consideran los tiempos de fraguado y curado. Cada muestra ensayada tiene una proporción diferente de 5%, 10%, 15%, 20%, y 30% de EPS. Los Especímenes de prueba de hormigón ligero con EPS fueron sometidos a ensayos de resistencia a la compresión y tracción. Se determinó que la resistencia a la compresión del ladrillo de hormigón es mayor que el ladrillo de arcilla. Y en la prueba de absorción el ladrillo de hormigón es más permeable con respecto al ladrillo convencional. Se concluye que la mejor forma de emplear este producto es en acabados que no influyan en la parte estructural de la edificación y solo podrán ser vistas en construcción de vivienda que no comprometa la altura.

Vandale, Waghmare, Tambe y Kute (2019), el presente artículo de investigación tiene como objetivo a utilizar las perlas del poliestireno expandido como agregado grueso. También se analizó un estudio comparativo de ensayos de resistencias comparándolo con el hormigón convencional para estudiar la situación del árido de poliestireno. El método de investigación y el tipo de estudio será de aplicación experimental para determinar la prueba de resistencia a la tracción y compresión por medios de los ensayos.

El poliestireno expandido es una de los plásticos más difundidos y usados en

todo el mundo y el que causa más contaminación. Los objetivos cuentan con el enfoque del punto ambiental y la reposición de agregados en aspecto de la construcción. Y las ventajas que se maneja es obtener el peso más ligero. Esto incluye cargas más ligeras, peso propio reducido y mayor resistencia térmica. También se realizaron estudios de comparación como el parámetro de resistencia de un porcentaje de 10% y 25%. Los resultados obtenidos que los parámetros de la resistencia de la compresión al aumentar la cantidad de perlas de poliestireno reducen su resistencia a su compresión y a la tracción.

Ram, Anjan, y Arjun (2019), mencionaron que el hormigón convencional tiene una densidad de 24 a 25 KN/ m³ lo cual aumenta su peso propio de la estructura y por otro lado es económicamente alto. Para disminuir el peso de la estructura se trabajó con hormigón ligero. Unos de los ensayos a realizar será sustituir parcialmente el agregado fino en su reemplazo será el poliestireno expandido. El objetivo principal de esta investigación es determinar la resistencia de la matriz del cemento utilizado con las perlas de poliestireno expandido a un intervalo de 10 % (un volumen total de agregado fino) y además se estudiaron las propiedades de densidad y resistencia a la compresión.

Posteriormente se obtuvieron los resultados esperados con un 40% de las perlas de poliestireno expandido en reemplazo del agregado fino, lo que da un resultado a la resistencia de 21 N/mm² para un hormigón de grado M20 junto con la densidad de 19 KN/m³; además, la resistencia de hormigón con diferentes cordones de EPS se obtuvieron resultados semejantes. Podemos observar que la resistencia de las perlas de EPS, con base en los resultados y análisis realizados se determinó que se puede utilizar para estructuras de hormigón simple, donde se prefiere el hormigón M20 y el hormigón ligero preparados con EPS se puede realizar para paredes de divisiones para disminuir el peso de la estructura.

Punitha (2019), con el aumento de la demanda de materiales de construcción, existe una gran necesidad de utilizar materiales alternativos para el desarrollo sostenible. El objetivo principal de esta investigación es estudiar las propiedades, como la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción del concreto liviano que contiene perlas de poliestireno expandido (EPS). Sus

propiedades se comparan con las del hormigón normal, es decir, sin perlas de EPS. Las perlas de EPS se utilizan como reemplazo parcial de los agregados gruesos, la metodología aplicada es experimental, de corte cuantitativo; ya que, se emplea muestras de espécimen y tablas comparativas.

Los resultados mostraron que la cantidad de perlas de poliestireno incorporadas en el hormigón influye en las propiedades del hormigón endurecido. A los 28 días se encontró que las resistencias a la compresión del 0%, 10%, 20% y 25% EPS incorporado al concreto fueron del 100%, 96.2%, 62.3% y 45% respectivamente cuando se compara con el caso del concreto con EPS. El aumento en el contenido de perlas de EPS en las mezclas de concreto reduce la resistencia a la compresión y a la tracción del concreto. La trabajabilidad aumenta con el aumento del contenido de perlas de EPS. Todo el concreto de EPS sin ningún agente de unión especial muestra buena trabajabilidad y podría compactarse y terminarse fácilmente. las ventajas de la pequeña densidad, aislamiento térmico y buen rendimiento.

Aasif y Prakash (2018), el presente documento de investigación refiere al uso de materiales livianos para reducir la carga de la estructura. Para llevar a cabo este tipo de ensayo se determinó hacer pruebas de reemplazo de material con perlas de poliestireno expandido, ya sea parcial o por completo. Y las nuevas características del hormigón por poliestireno, agua, agregado grueso, cemento y arena. Y la metodología aplicada es experimental, ya que trabajo con varias muestras diferentes proporciones de Poliestireno con agregado grueso 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. para su ensayo de compresión, tracción y flexión, para este tipo de pruebas se utilizó el grado M20. Y también determinar la trabajabilidad y durabilidad del hormigón que contiene el poliestireno en situación como agregado grueso.

El objetivo es aumentar las propiedades mecánicas y físicas del hormigón de poliestireno ligero. Además, para su capacidad de aislamiento térmico y controlar el impacto de golpes y caídas. Se concluye que las características de la trabajabilidad de las mezclas difieren con el hormigón estándar. Por lo mismo, su compactación por vibración no fue determinante para la naturaleza liviana de dicha mezcla. Era por su cohesiva y su situación lechosa que cubrían

los gránulos y era eficaz para mantener la mezcla unida. El EPS no aumenta la resistencia del material. La obtención de la resistencia a la mezcla es muy baja, debido a la debilidad del cordón a la compresión. También se debe a que no reacciona químicamente con la mezcla para aportar fuerza.

Vakhshouri y Nejadi (2017), el concreto liviano que contiene poliestireno expandido (EPS-LWC) se elabora en varios elementos estructurales y no estructurales para su ejecución, desde que se desarrolló aproximadamente en los años 60. con el surgimiento de nuevos elementos en la construcción como los nuevos materiales y aditivos para aumentar su rendimiento y resistencia no se realizaron adecuadamente las investigaciones con referente al tema en cuestión. Se evaluará unas nuevas investigaciones sobre EPS-LWC desde 1976 incluidos los datos experimentales.

Los datos adjuntados contienen información de métodos de curados de tipo de agregados finos y gruesos, rellenos minerales, mezclas químicas y fibras en cada experimento. Además, se presenta las proporciones de la mezcla, incluidos el tamaño y el volumen de los cordones de EPS, la densidad a la compresión del hormigón. También se evalúan propiedades del EPS-LWC de su mecanismo a partir de 154 diseños de mezcla en 55 experimentos programados. Los modelos existentes de las propiedades mecánicas del LWC también se comparan con los del hormigón convencional.

b) Libros

Khatib, Herki, y Elkordi (2019), Se han realizado investigaciones con varios profesionales e investigadores a determinar investigaciones sobre el uso del EPS como un agregado concreto ligero para ser utilizados en construcción. Previo a esta investigación han salido varias documentaciones y artículos que hablan del uso de residuos de EPS que muestra que se pueden incorporar en el hormigón con baja y media resistencia a la compresión. El capítulo mostrará un análisis del hormigón que contiene EPS y las investigaciones recientes con algunos detalles sobre las composiciones de las mezclas de hormigón, la presentación y la discusión de los resultados obtenidos.

La revisión influirá a diferentes proporciones de EPS con reemplazos de los

agregados naturales en las diferentes propiedades mecánicas, físicas y durabilidad de la LWAC. Para ello, los métodos y técnicas son el uso de agentes químicos y técnicas mecánicas para introducir burbujas de aire. El hormigón lateral se usa para realizar LWC. A este tipo de LWC se le determina hormigón celular o aireado. Y la otra técnica se aplica en casi toda la producción de LWC es reemplazar gradualmente o en su totalidad los agregados con LWA en concreto. Estos agregados pueden ser piedra pómez, biopolímeros o artificial como residuos poliestireno expandido [EPS], residuos poliméricos y se puede utilizar para producir cargas ligeras.

2.2 Estructura Teórica y científica que sustenta el estudio

2.2.1 Poliestireno Expandido

El poliestireno expandible es la materia prima que da lugar a la obtención del poliestireno expandido (EPS). Esta materia prima, al igual que todos los materiales plásticos, es un derivado del petróleo. Sin embargo, el 94% del petróleo está destinado a combustibles para transporte y calefacción y tan solo el 6% restante a la petroquímica (fabricación de productos plásticos y químicos). Debido a que el poliestireno expandible es un polímero del estireno, al procesar el gas natural y el petróleo, se obtiene principalmente el etileno y varios compuestos aromáticos; y de ellos el hidrocarburo aromático denominado estireno (ANAPE, 2015. citado en Lituma & Zhunio 2015. p.29).

2.2.2 Propiedades Físicas del Poliestireno Expandido

El EPS como agregado ultraligero artificial con membranas de celdas cerradas y no absorbentes es un material adecuado para la industria del hormigón. La resistencia a la compresión del hormigón que contiene EPS depende de su densidad, tipo y tamaño. El uso de partículas finas de EPS produce un aumento del 40 % y del 68 % en la resistencia a la compresión en comparación con las partículas gruesas y desmenuzadas, respectivamente (Laukaitis et al., 2005. citado en Khatib, et al 2019 p.140).

2.2.3 Propiedades Químicas del Poliestireno Expandido

Al igual que varios de los productos a base de polímeros, el EPS es susceptible a daños frente a la radiación UV, es decir que cuando se encuentra expuesto durante un periodo largo de tiempo se torna amarillo, lo cual es un indicativo de

la degradación del polímero. Sin embargo, en esta investigación el EPS va a ser introducido en el hormigón, por lo que es poco probable que este efecto ocurra ya que el EPS no se encuentra expuesto directamente a los efectos de la radiación UV (Cook, 1972. citado en Lituma y Zhunio 2015 p.31).

2.2.4 Propiedades del concreto fresco que contiene EPS

Es de conocimiento que el concreto está conformado por dos elementos, pasta y agregado. La pasta está compuesta por agua y cemento, lo que anula los agregados, y se endurece al transcurrir el tiempo. A su vez pueden cambiar mediante su calidad y cantidad, de acuerdo a su empleo. Las características o cualidades del concreto son: consistencia, peso unitario, contenido de aire absorción, exudación y tiempo de fraguado. “Existen diferentes métodos para la determinación de la trabajabilidad (consistencia) del hormigón fresco. Sin embargo, cada método mide solo un aspecto particular, y no existe un método que mida la trabajabilidad total del concreto fresco” (Neville, 2011 citado en Khatib et al, 2019, p .146).

a) Trabajabilidad

La trabajabilidad es una propiedad fresca del concreto y un factor vital que afecta su aplicación. Se requiere una buena trabajabilidad del concreto en términos de fluidez, deformabilidad, buena capacidad de relleno y resistencia a la segregación para tener una distribución uniforme de los agregados y el encapsulado del refuerzo en el concreto (Wu et al., 2009).

b) Consistencia

Está determinada por el grado de humedecimiento, principalmente por el contenido de agua en la mezcla.

c) Valor del Slump

Se entiende por slump, es un ensayo que consiste en consolidar una muestra de concreto en un molde cónico, observando el asentamiento del pistón luego de desmoldar, este suceso determina su consistencia del concreto al adaptarse al cuerpo que está encofrando. El slump es un ensayo que sirve para determinar la consistencia del concreto; es decir, capacidad de tener un mínimo de vacío. De esta forma la medida del asentamiento nos permite entender la fluidez y

caída del material para analizar la consistencia del concreto.

d) Densidad

La determinación de la densidad del concreto fresco se realiza según la norma INTE- 06-02- 37:2010, la cual trata sobre el método para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto por el método gravimétrico. Este método permite determinar si durante la elaboración de la mezcla hubo cambios importantes, ya sea en el proceso en sí, en las proporciones de los materiales, o el contenido de aire en la mezcla.

2.2.5 Propiedades mecánicas del concreto endurecido que contiene EPS

a) Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades corrientes utilizadas en EEUU o en megapascales (MPa) en unidades SI, en nuestro país por lo general lo determinamos en kilogramos por centímetro cuadrado. Al realizar el ensayo de resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos a compresión pudiendo comprobar si el diseño de mezcla fue el adecuado. También, permite comprobar si efectivamente el cumplimiento de las normas NTP 339.034 y la ASTM C39. (Vera, 2018 p.12).

b) Resistencia a la tracción

La resistencia del concreto a la tracción es mucho menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente entre un 8% a 15% de ésta. Para la determinación de este parámetro no se suele usar ensayos directos debido a las dificultades que se presentan sobre todo por los efectos secundarios que generan los dispositivos de carga. Para estimarlo se ha diseñado dos métodos indirectos. El primero, llamado prueba brasilera o split-test consiste en cargar lateralmente el cilindro estándar, a lo largo de uno de sus diámetros hasta que se rompa. El procedimiento está especificado en la norma ASTM. Se muestra los esfuerzos que se generan a lo largo del diámetro cargado

c) Resistencia a la flexión

Estudió el comportamiento a flexión de hormigones EPS con una resistencia a

la compresión entre 10 y 25 MPa y una densidad de 1800 kg/m³, respectivamente. También agregaron estirenomiLátex de Caucho Butadieno (SBR) al hormigón de EPS, se trató de mejorar la unión entre las partículas de EPS y la pasta de cemento, la resistencia a la tracción y a la flexión del hormigón EPS. También aplicaron la combinación de curado seco y húmedo a los hormigones EPS modificados con polímeros. Llegaron a la conclusión de que las resistencias de los hormigones EPS, especialmente la resistencia a la flexión, mejoran considerablemente mediante la modificación de polímeros con látex SBR y aplicando la combinación adecuada de curado húmedo-seco. (Khatib, et al 2019 p.148).

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis o supuestos teóricos

3.1.1 Hipótesis general

Al analizar las perlas de poliestireno expandido mejoran las propiedades físico - mecánicas del concreto liviano.

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Al analizar la relación de agua / cemento mejora la trabajabilidad del concreto liviano.
- b) Al analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) se mejora la consistencia y densidad del concreto liviano.
- c) Al analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) se mejora la resistencia a la compresión del concreto liviano.
- d) Al analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) se mejora la resistencia a la tracción del concreto liviano.

3.2 Variables

3.2.1 Definición conceptual de la variable

a) Variable Dependiente

La variable dependiente de la presente investigación Propiedades físico - mecánicas del concreto liviano es debido a que depende de las perlas del poliestireno expandido.

b) Variable Independiente

La variable independiente es de la presente investigación es Perlas de Poliestireno Expandido debido a que todas las propiedades físico - mecánicas dependen de las perlas de poliestireno expandido.

3.2.2 Operacionalización de las variables

A continuación, presento la Tabla de operación de variables

Tabla 1.
Matriz de operacional de variable independiente.

| Variable | Dimensiones | Indicadores | Instrumento | Herramienta | Ítem |
|---|----------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------|------------------------|
| Variable independiente perlas de poliestireno expandido | Perlas de poliestireno expandido | Porcentaje de poliestireno expandido | Resultados de ensayos de laboratorio realizado en publicaciones científicas y tesis de investigación | Norma E0.60 | Indicadores en formato |
| | | Relación cemento | | NTP 334.088 | |
| | | | | NTP C685-07 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.
Matriz de operacional de variable dependiente.

| Variable | Dimensiones | Indicadores | Instrumento | Herramienta | Ítem |
|--|--------------------|-----------------------------|--|-------------------------|------------------------|
| Variable dependiente propiedades físico mecánicas del concreto liviano | Estado fresco | asentamiento | Resultados de ensayos de laboratorio realizado en publicaciones científicas y tesis de investigación | NTP 339.035 y ASTM C143 | Indicadores en formato |
| | | Resistencia a la compresión | | NTP 400.012 Y ASTM C117 | |
| | Estado endurecido | Resistencia a la Tracción | | NTP 39.034 | |

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO

4.1 Método de la investigación

El método de la investigación es deductivo debido a que el propósito del estudio es analizar el uso de las perlas de poliestireno expandido para mejorar las propiedades físico - mecánicas del concreto liviano. La orientación es aplicada debido a que pretende resolver la problemática planteada. La recopilación de la información es retro lectivo debido a que para la recolección de datos se utilizó tesis e investigaciones científicas ya realizadas por otros autores.

4.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva, explicativa y correlacional debido a que nace de una descripción del problema, posterior a ello se explica y plantea una solución en base a las fuentes documentales revisadas, y además se terminó como correlacional debido a que se estableció una relación y medición entre la variable independiente con la dependiente, ya que las propiedades físicas y mecánicas del concreto liviano dependen de la incorporación de perlas de poliestireno expandido.

4.3 Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo debido a que se buscó estudiar las propiedades físicas mecánicas del concreto liviano bajo la influencia de las perlas de poliestireno expandido.

4.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se clasificó según su repositorio de estudio experimental, porque se manipulan los datos, es decir se cuestionan las proporciones de las perlas de poliestireno expandido en investigaciones precedentes. Según el número de mediciones es longitudinal porque se estudiaron, evaluaron y analizaron las diferentes mediciones que se realizaron en las investigaciones previas. Según la cronología de las observaciones, son retrospectivas porque se cuentan con los datos ya recogidos con anterioridad. El estudio de diseño es de cohorte (causa – efecto).

4.5 Población y muestra

4.5.1 Población

La población de estudio se va a tomar en base a las normas establecidas en las tesis de investigaciones tanto nacionales como internacionales, así como

también de las publicaciones científicas de cada uno de los países donde los investigadores realizaron sus estudios sobre el uso de perlas de poliestireno expandido en concreto liviano según lo siguiente:

- Densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). NTP 339.046
- Asentamiento: NTP 339.035, ASTM C143,
- Resistencia a la compresión: NTP 339.034, ASTM C33, ASTM C109/C109M-21, ASTM C39/C39M-18.
- Resistencia a la tracción: NTP 339.084, ASTM C496/C296-17.

4.5.2 Muestra

La muestra de estudio en el presente trabajo de investigación son los análisis de resultados de asentamiento, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción con distintos porcentajes de perlas de poliestireno expandido como 0%, 20%, 40%, 50% y 80% en el concreto liviano de acuerdo a lo que especifica las normativas ya mencionadas detalladas en las publicaciones científicas y tesis de investigación analizados.

4.6 Técnicas de investigación

La técnica utilizada para el desarrollo de esta investigación fue de análisis documental debido a que se revisó, analizó y expuso los resultados obtenidos por los investigadores en las publicaciones científicas y tesis de investigación con respecto a los ensayos de asentamiento, resistencia a la compresión, tracción.

4.7 Descripción del procesamiento de análisis

Se realizaron múltiples lecturas, desarrollo de resúmenes, atender conferencias y asesoramiento virtual, mediante un programa de asesoramiento de investigación de alto nivel en la universidad Ricardo Palma, de esta manera se procedió a llevar a cabo la investigación descriptiva por la mejor ruta para así lograr obtener suficiente material de estudio y así poder reconocer todo los beneficios que nos puede proporcionar el concreto liviano con la incorporación de perlas de poliestireno expandido y así tener una noción amplia en este tipo de concretos para tener en cuenta al momento de usar nuevas tecnologías.

Los datos obtenidos se recopilarán la información estudiada y actualizada, puesto que nos centraremos en un tema de investigación muy a la vanguardia para la tecnología del concreto, basándonos en libros desde sus orígenes hasta las últimas tecnologías del concreto liviano.

4.7.1 Método y técnica

La recolección de datos para esta investigación se realizó como observación indirecta debido a que se utilizó los resultados de los ensayos tomados de las publicaciones científicas y tesis de investigación encontrados en diferentes plataformas de datos académicos tanto para el estado fresco: asentamiento y para el estado endurecido: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción a diferentes edades de curado.

4.7.2 Validez del instrumento

La documentación utilizada en esta investigación es válida de contenido debido a que la información extraída está basada en las normas que rigen los materiales y procedimientos como el ACI, ASTM y NTP que se deben utilizar para tener los mejores resultados y diseños óptimos.

4.7.3 Fiabilidad y consistencia del instrumento

Los resultados de los ensayos de los documentos utilizados en esta investigación fueron fiables debido a que pertenecen a fuentes verídicas de las diferentes bases de datos del ámbito académico y científico a nivel nacional.

4.8 Procesamiento y análisis estadístico de los datos

En primer lugar, se recolectaron la información de los autores investigados para los diferentes ensayos de compresión, tracción, relación agua-cemento, aditivo químico utilizado y su porcentaje de participación en cada diseño a los 7, 14 y 28 días de curado.

La herramienta utilizada en esta investigación para el procesamiento de datos y su posterior análisis fue el software Microsoft Excel 2019 con el cual se elaboraron los cuadros comparativos y sobre todo todos los gráficos para mostrar los resultados de las diferentes investigaciones científicas consultadas.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Resultados de la investigación

Las perlas de poliestireno expandido, presenta diferentes comportamientos dependiendo de diferentes factores: estructura química de la perla de poliestireno expandido, tipo de cemento, aditivos superplastificantes, relación a/c, factores externos, entre otros, con el que será mezclado, por ello, en esta investigación presentamos una recopilación de estudios científicos y ensayos que evidencia diferentes comportamientos ante la adición de perlas de EPS.

Cabe resaltar que los ensayos realizados en los diferentes estudios son de carácter internacional, mostrando resultados contundentes y significativos para conocer y poder predecir el comportamiento de las perlas de EPS ante similares y diferentes situaciones.

Analizando el porcentaje de perlas de EPS en la influencia del asentamiento del concreto liviano.

Artículo 2: Sustitución parcial del agregado del agregado grueso por perlas del poliestireno expandido en hormigón, Punitha P. (2019).

- Tipo de poliestireno expandido: Es un material plástico celular liviano que consiste en partículas finas de forma esférica que se componen de aproximadamente un 98 % de aire y un 2 % de polímero.
- Contenido de la mezcla: Se llevó a cabo mediante la elaboración de la pasta de cemento, en la cual se empleó cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y perlas de poliestireno expandido (EPS). Los porcentajes de perlas de poliestireno expandido utilizados fueron de 0%, 10%, 20%, 25% y 30%
- Método de ensayo: Se realizó ensayo de resistencia a la tracción.
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 3.
Resultados de ensayo de la resistencia a la tracción (Punitha, 2019).

| Porcentaje de EPS. (%) | Resistencia a la Tracción (MPa) | | |
|---------------------------|---------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 3.25 | 4.50 | 4.95 |
| 5 | 2.42 | 3.35 | 3.69 |
| 10 | 1.59 | 2.20 | 2.42 |
| 15 | 1.26 | 1.75 | 1.93 |
| 20 | 0.94 | 1.30 | 1.43 |
| 25 | 0.61 | 0.85 | 0.94 |
| 30 | 0.29 | 0.40 | 0.44 |

Fuente: Elaboración propia.

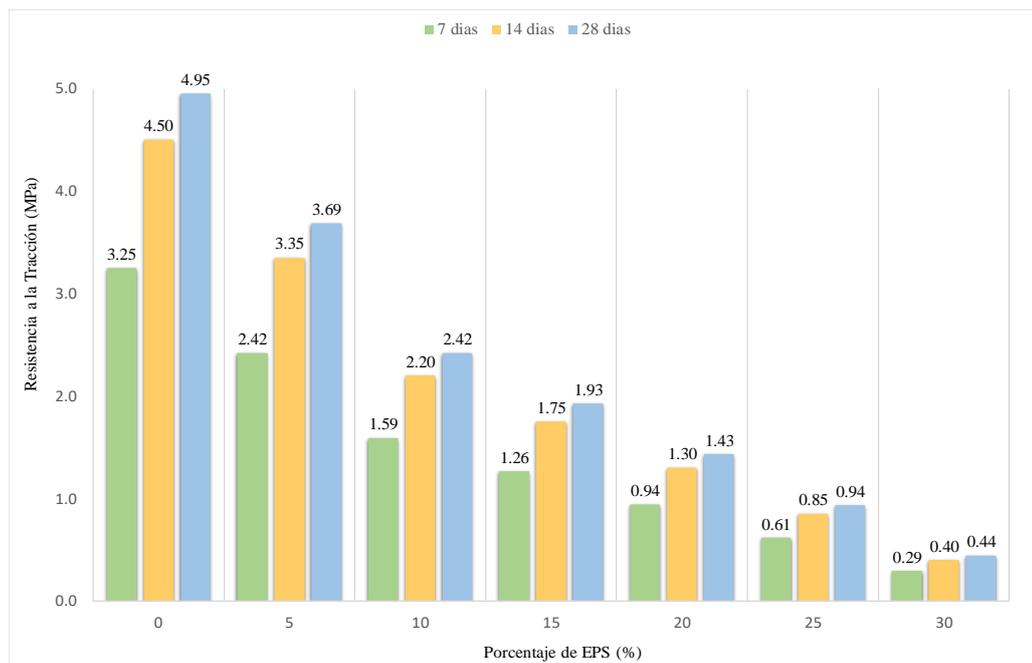


Figura 2. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la tracción.

Fuente: Elaboración propia.

Artículo 5: Propiedades mecánicas del hormigón con sustitución parcial de árido grueso por perlas de poliestireno expandido (EPS). Gupta Milind R, Borhade Siddhi A, Kutal Payal C, Mehetre Vrushali A, Gadekar Swapnali D, Tupe Ravisha K (2018)

- Tipo de poliestireno expandido: El diámetro de las perlas del poliestireno expandido (EPS) utilizado fue de 10 mm.
- Contenido de la mezcla: Se llevo a cabo mediante la elaboración de la pasta de cemento de acuerdo al código de prácticas del Hormigón simple y reforzado IS 10262(2009) y directrices para el diseño de dosificación de mezclas de hormigón IS456(2000), en la cual se empleó cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y perlas de poliestireno expandido (EPS). Los porcentajes de perlas de poliestireno expandido utilizados fueron de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%. La relación a/c fue de 0.55 en todas las muestras.
- Método de ensayo: Para medir la fluidez se realizaron el ensayo de cono de asentamiento en el concreto fresco y en el concreto endurecido se realizaron ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la tracción.
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 4.
Resultados del asentamiento con la relación de agua-cemento (a/c) es de 0.55 (Milind et al., 2018).

| Porcentaje de EPS (%) | Relación a/c | Asentamiento (in) |
|-----------------------|--------------|-------------------|
| 0 | 0.55 | 2.95 |
| 5 | | 2.99 |
| 10 | | 3.03 |
| 15 | | 3.07 |
| 20 | | 3.11 |
| 25 | | 3.15 |
| 30 | | 3.19 |

Fuente: Elaboración propia.

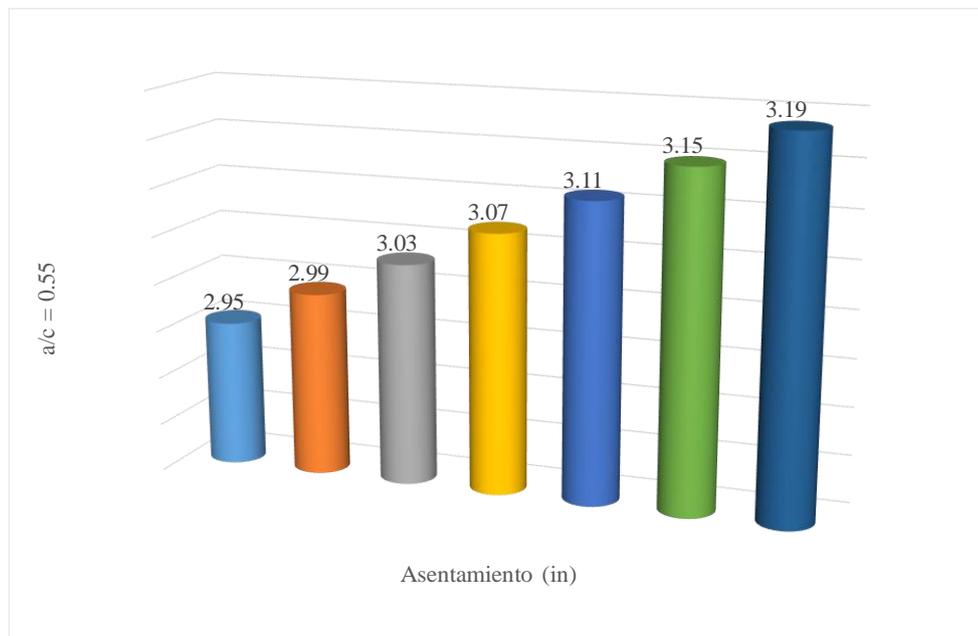


Figura 3. Relación de asentamiento con una relación de agua-cemento (a/c) es de 0.55.
Fuente: Elaboración propia.

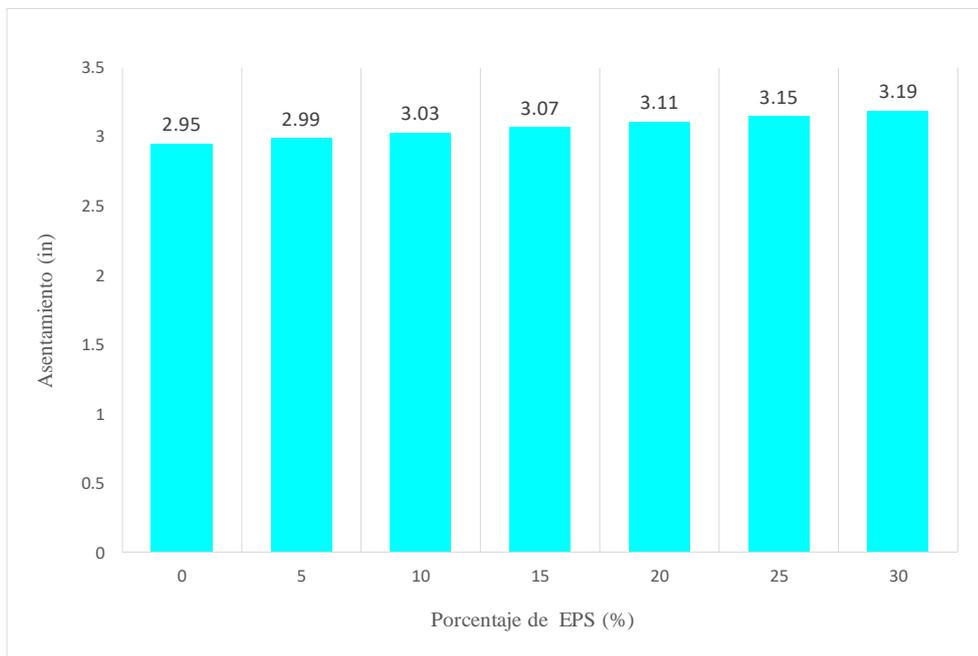


Figura 4. Porcentaje de EPS (%) vs. asentamiento.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.
Resultados del ensayo de resistencia a la compresión (Milind et al., 2018).

| Porcentaje de EPS (%) | Resistencia a la Compresión (MPa) | | |
|-----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 24.64 | 34.12 | 37.53 |
| 5 | 23.46 | 32.49 | 35.74 |
| 10 | 22.29 | 30.86 | 33.94 |
| 15 | 21.11 | 29.23 | 32.15 |
| 20 | 19.43 | 26.91 | 29.60 |
| 25 | 17.76 | 24.59 | 27.04 |
| 30 | 16.08 | 22.26 | 24.49 |

Fuente: Elaboración propia.

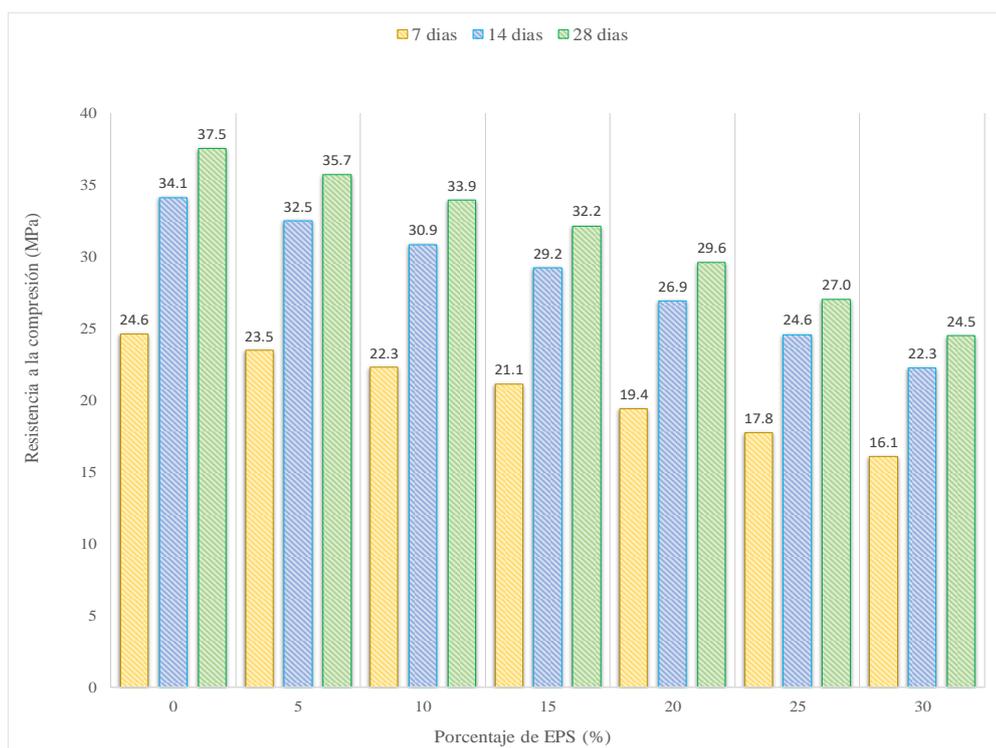


Figura 5. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo 5.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.
Resultados de ensayo de la resistencia a la tracción (Milind, et al., 2018).

| Porcentaje de EPS. (%) | Resistencia a la Tracción (MPa) | | |
|---------------------------|---------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 1.58 | 1.89 | 2.08 |
| 5 | 1.51 | 1.81 | 1.99 |
| 10 | 1.44 | 1.73 | 1.91 |
| 15 | 1.38 | 1.65 | 1.82 |
| 20 | 1.27 | 1.53 | 1.68 |
| 25 | 1.17 | 1.40 | 1.54 |
| 30 | 1.06 | 1.27 | 1.40 |

Fuente: Elaboración propia.

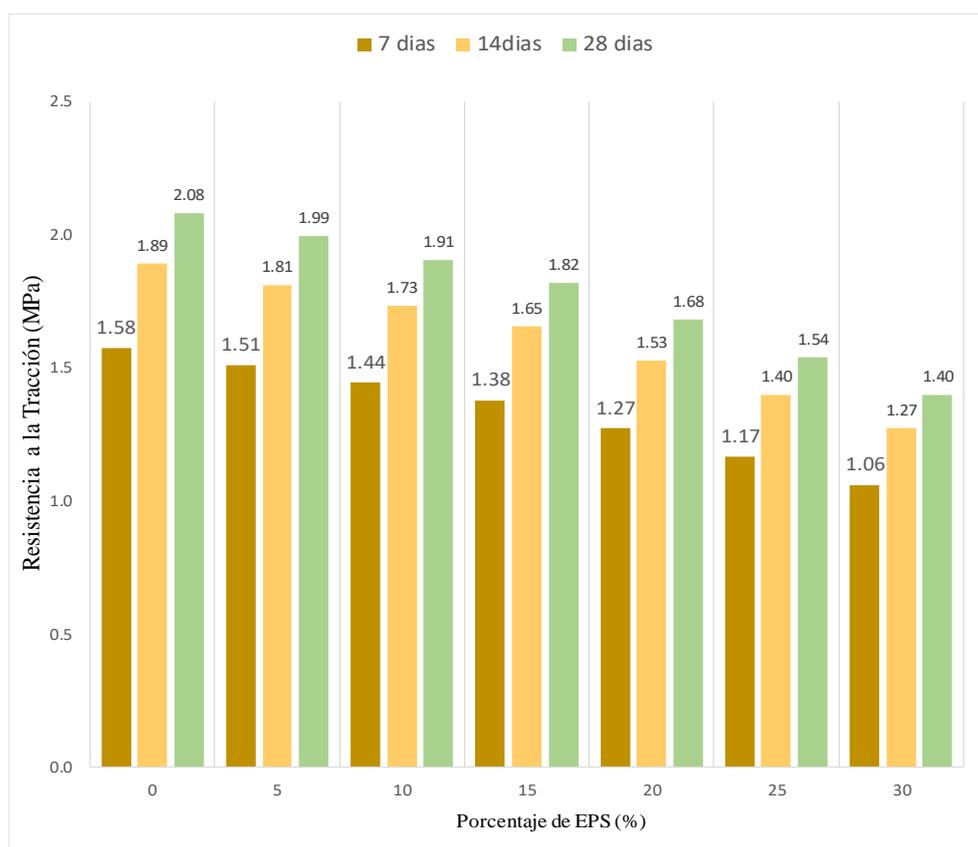


Figura 6. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la tracción-Artículo 5.
Fuente: Elaboración Propia.

Artículo 6: Sustitución parcial del árido grueso mediante perlas de poliestireno.

Aasif Ahmad Ganie y Shree Prakash (2018)

- Tipo de poliestireno expandido: El diámetro de las perlas del poliestireno expandido (EPS) utilizado fue de 1.2 mm a 2.40 mm y una densidad entre el rango de 16 kg/m³ y 27 kg/m³
- Contenido de la mezcla: Cemento Portland de grado 43 conforme al IS 12269, agregado grueso con un tamaño mayor de 4.75 mm, agregado fino con un tamaño menor de 4.75 mm, agua y perlas de poliestireno expandido (EPS). Los porcentajes de perlas de poliestireno expandido utilizados fueron de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%. La relación a/c fue de 0.50 en todas las muestras.
- Método de ensayo: Para medir la fluidez se realizaron el ensayo de cono de Abrams (revedimiento) en el concreto fresco y en el concreto endurecido se realizaron ensayos de resistencia a la compresión.
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 7.
Resultados del asentamiento con la relación de agua-cemento (a/c) es de 0.55 (Amad y Prakash, 2018).

| Porcentaje de EPS (%) | Relación a/c | Asentamiento (in) |
|-----------------------|--------------|-------------------|
| 0 | 0.55 | 2.36 |
| 5 | | 2.56 |
| 10 | | 2.68 |
| 15 | | 2.76 |
| 20 | | 2.95 |
| 25 | | 3.19 |
| 30 | | 3.43 |

Fuente: Elaboración propia.

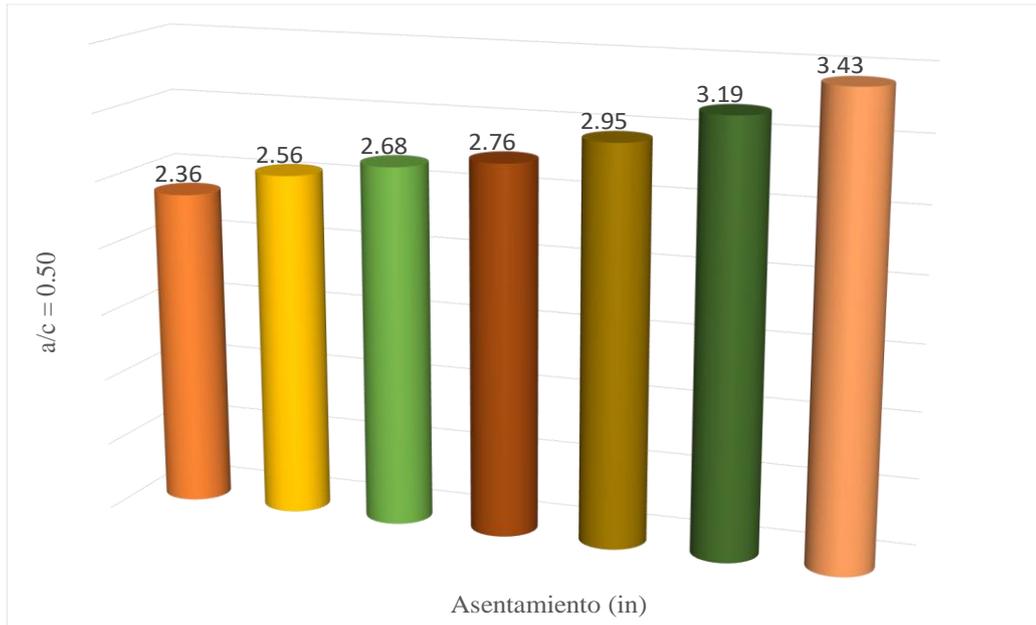


Figura 7. Relación de asentamiento con una relación de agua-cemento (a/c) es de 0.55.
Fuente: Elaboración propia.

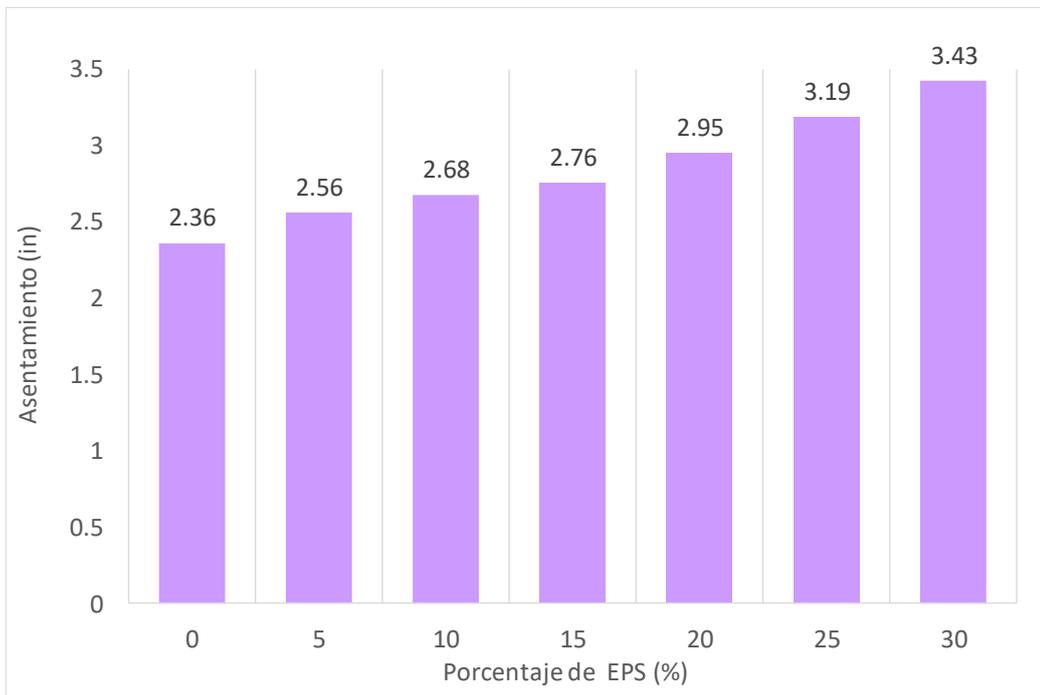


Figura 8. Porcentaje de EPS (%) vs. asentamiento.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8.

Resultado del ensayo de la relación a la compresión (Ahmad y Prakash, 2018).

| Porcentaje de EPS (%) | Resistencia a la Compresión (MPa) | | |
|-----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 14.40 | 17.95 | 23.40 |
| 5 | 15.90 | 19.30 | 24.80 |
| 10 | 15.50 | 16.80 | 24.23 |
| 15 | 14.43 | 17.95 | 23.25 |
| 20 | 14.32 | 17.83 | 23.38 |
| 25 | 12.90 | 16.80 | 22.82 |
| 30 | 11.48 | 15.77 | 22.26 |

Fuente: Elaboración propia.

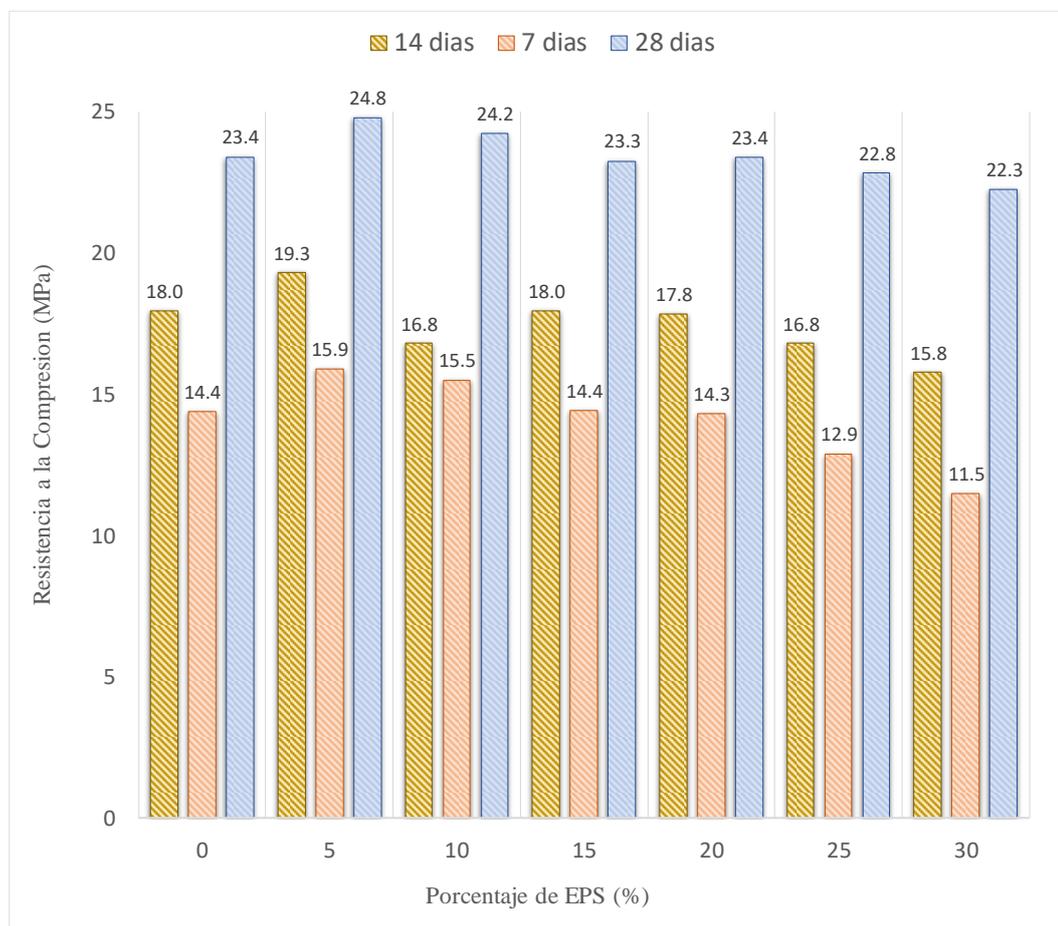


Figura 9. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo 6.

Fuente: Elaboración propia.

Artículo 15: Estudio experimental de sustitución de árido grueso por perlas de EPS en hormigón para conseguir construcción. Jayanth M P y Sowmya S M (2018)

- Tipo de poliestireno expandido: El diámetro de las perlas del poliestireno expandido fueron de 134 mm.
- Contenido de la mezcla: Cemento RAMCO Portland, agregado grueso, agregado fino, agua y perlas de poliestireno expandido (EPS). Los porcentajes de perlas de poliestireno expandido utilizados fueron de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%. La relación a/c fue de 0.40 en todas las muestras.
- Método de ensayo: En el concreto endurecido se realizaron ensayos de densidad, resistencia a la compresión de acuerdo a IS516 y resistencia a la tracción.

Resultados del ensayo experimental:

Tabla 9.
Resultados de la densidad con perlas de poliestireno (Jayanth y Sowmya, 20018).

| Porcentaje de EPS (%) | Densidad (Kg/m ³) |
|-----------------------|-------------------------------|
| 0 | 2410.0 |
| 5 | 2335.5 |
| 10 | 2261.0 |
| 15 | 2174.6 |
| 20 | 2088.2 |
| 25 | 2001.8 |
| 30 | 1900.3 |

Fuente: Elaboración propia.

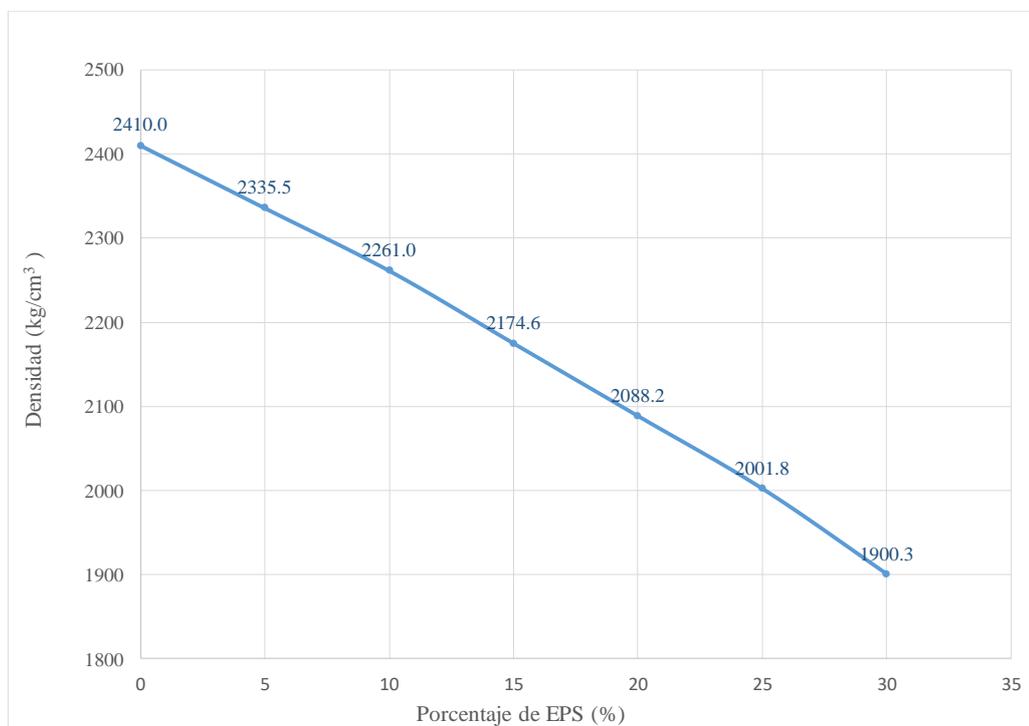


Figura 10. Porcentaje de EPS (%) vs. densidad.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.
Resultados del ensayo a la compresión (Jayanth y Sowmay, 2018).

| Porcentaje de EPS (%) | Resistencia a la Compresión (MPa) | | |
|-----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 28.00 | 38.77 | 36.00 |
| 5 | 26.50 | 36.69 | 33.50 |
| 10 | 25.00 | 34.62 | 31.00 |
| 15 | 22.22 | 30.77 | 27.67 |
| 20 | 19.44 | 26.92 | 24.33 |
| 25 | 16.67 | 23.08 | 21.00 |
| 30 | 13.00 | 18.00 | 17.67 |

Fuente: Elaboración propia.

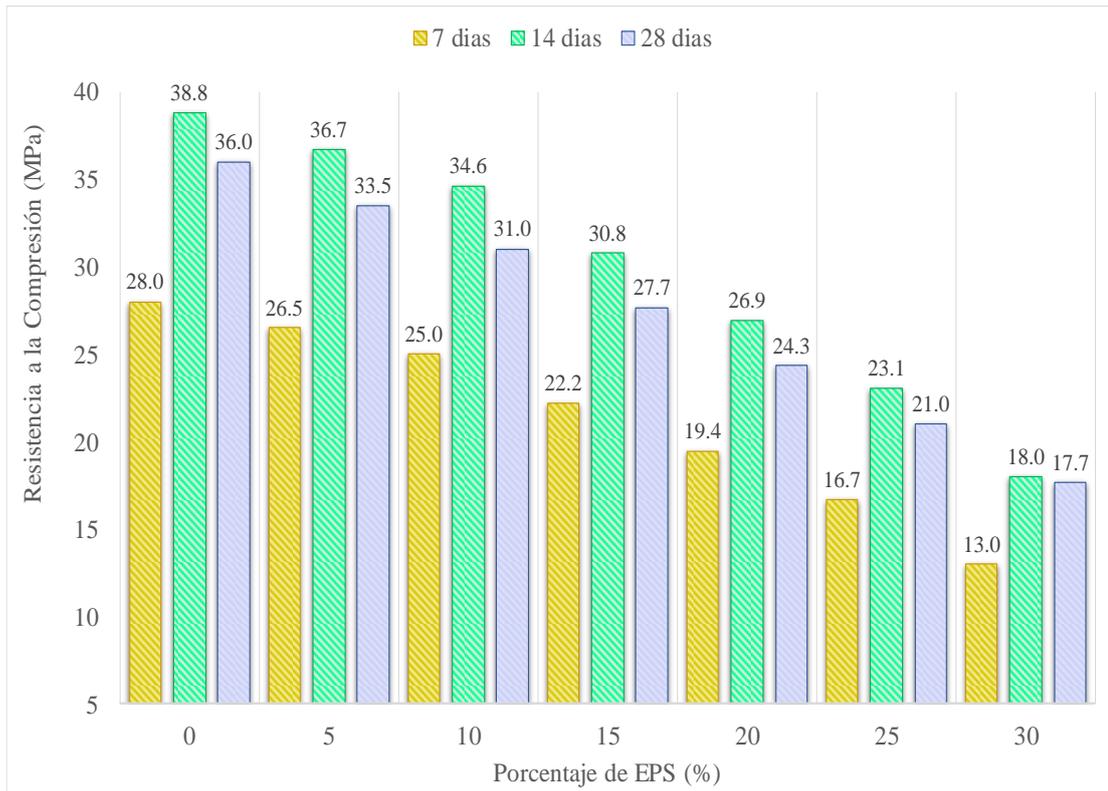


Figura 11. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión - Artículo 15.
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11.
Resultado del ensayo a la tracción (Jayanth y Sowmay, 2018).

| Porcentaje de EPS. (%) | Resistencia a la Tracción (MPa) | | |
|---------------------------|---------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 3.90 | 4.80 | 5.00 |
| 5 | 3.50 | 4.50 | 4.95 |
| 10 | 3.10 | 4.20 | 4.90 |
| 15 | 2.85 | 4.12 | 4.54 |
| 20 | 2.60 | 4.03 | 4.18 |
| 25 | 2.35 | 3.95 | 3.82 |
| 30 | 2.13 | 3.27 | 3.13 |

Fuente: Elaboración propia.

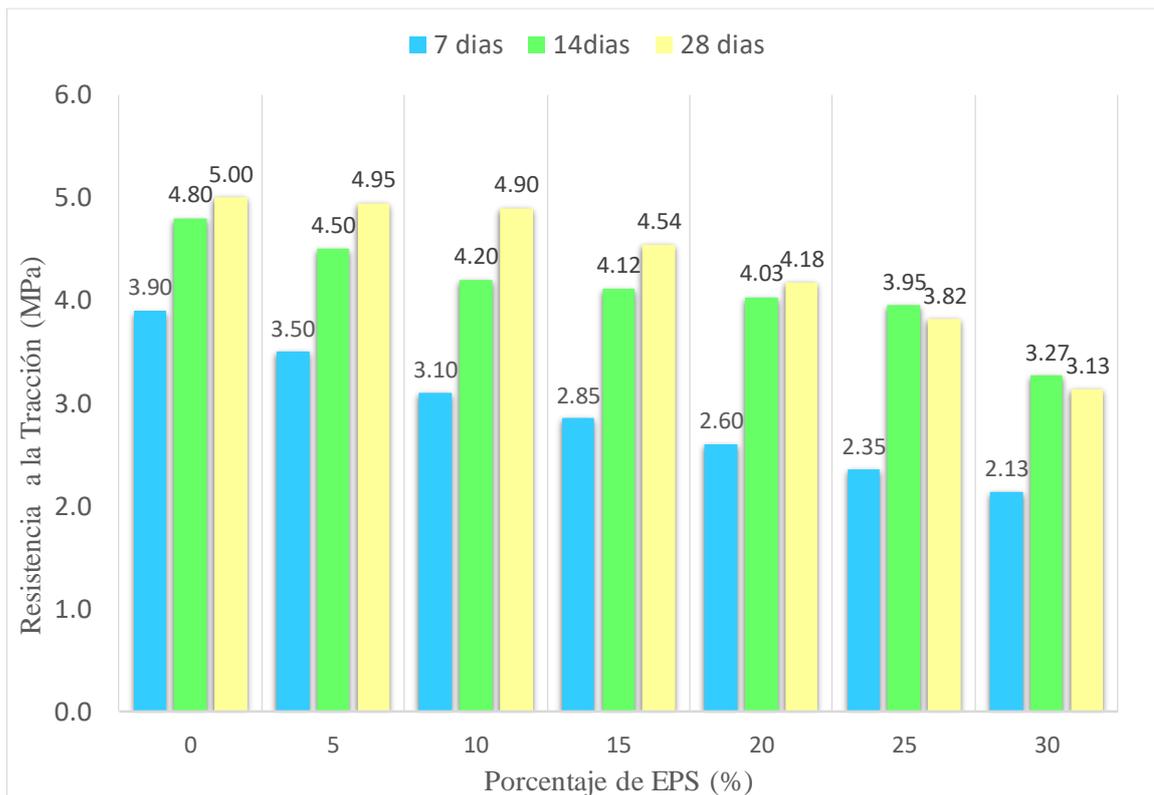


Figura 12. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la tracción-Artículo 15.
Fuente: Elaboración Propia.

Artículo 16: Dosificación de hormigón ligero mediante la inclusión de poliestireno expandido (EPS), M. Gunavel, S. Aishwarya, K. Indhumathi, N. Jalapriya, M. Keerthi Priya (2020).

- Tipo de poliestireno expandido: El diámetro de las perlas del poliestireno expandido fueron un rango de 2 mm y 3mm.
- Contenido de la mezcla: Cemento de grado 53 de acuerdo al IS 12269, agregado grueso de tamaño nominal de 20 mm de acuerdo al IS 383, agregado fino tamaño menor a 4.75 mm, agua y perlas de poliestireno expandido (EPS). Los porcentajes de perlas de poliestireno expandido utilizados fueron de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%. La relación a/c fue de 0.47 en todas las muestras.
- Método de ensayo: En el concreto endurecido se realizaron ensayos de resistencia a la compresión de acuerdo al BS:1881-Part 116:1989 y resistencia a la tracción.

- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 12.

Resultados del ensayo a la resistencia a la compresión (Gunavel et al., 2018).

| Porcentaje de EPS (%) | Resistencia a la Compresión (MPa) | | |
|-----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 17.83 | 23.54 | 26.40 |
| 5 | 18.41 | 21.65 | 25.98 |
| 10 | 18.98 | 19.75 | 25.56 |
| 15 | 18.51 | 19.35 | 25.20 |
| 20 | 18.04 | 18.95 | 24.83 |
| 25 | 17.57 | 18.48 | 24.27 |
| 30 | 17.10 | 18.01 | 23.71 |

Fuente: Elaboración propia.

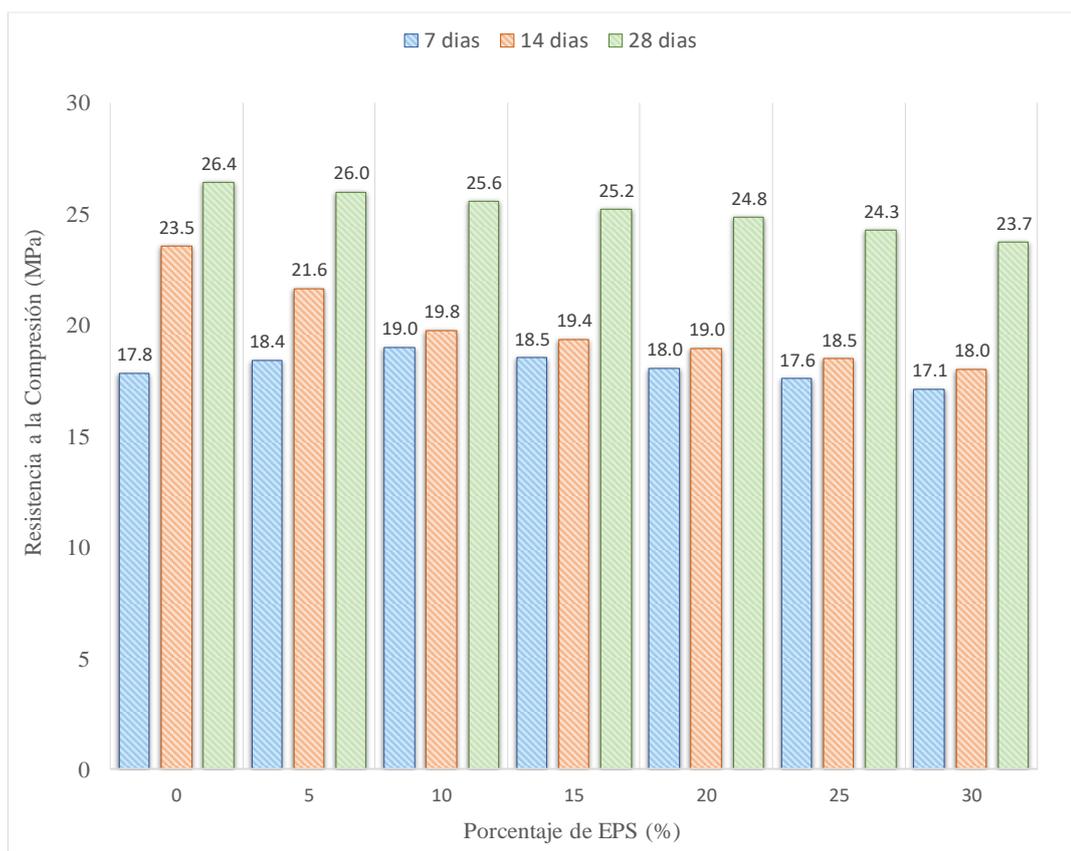


Figura 13. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo 16.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 13.

Resultados del ensayo a la resistencia a la tracción (Gunavel et al., 2018).

| Porcentaje de EPS (%) | Resistencia a la Tracción (MPa) | | |
|--------------------------|---------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 2.85 | 3.56 | 3.60 |
| 5 | 2.62 | 3.12 | 3.39 |
| 10 | 2.38 | 2.67 | 3.18 |
| 15 | 2.11 | 2.41 | 2.97 |
| 20 | 1.84 | 2.15 | 2.75 |
| 25 | 1.67 | 2.07 | 2.60 |
| 30 | 1.50 | 1.98 | 2.45 |

Fuente: Elaboración propia.

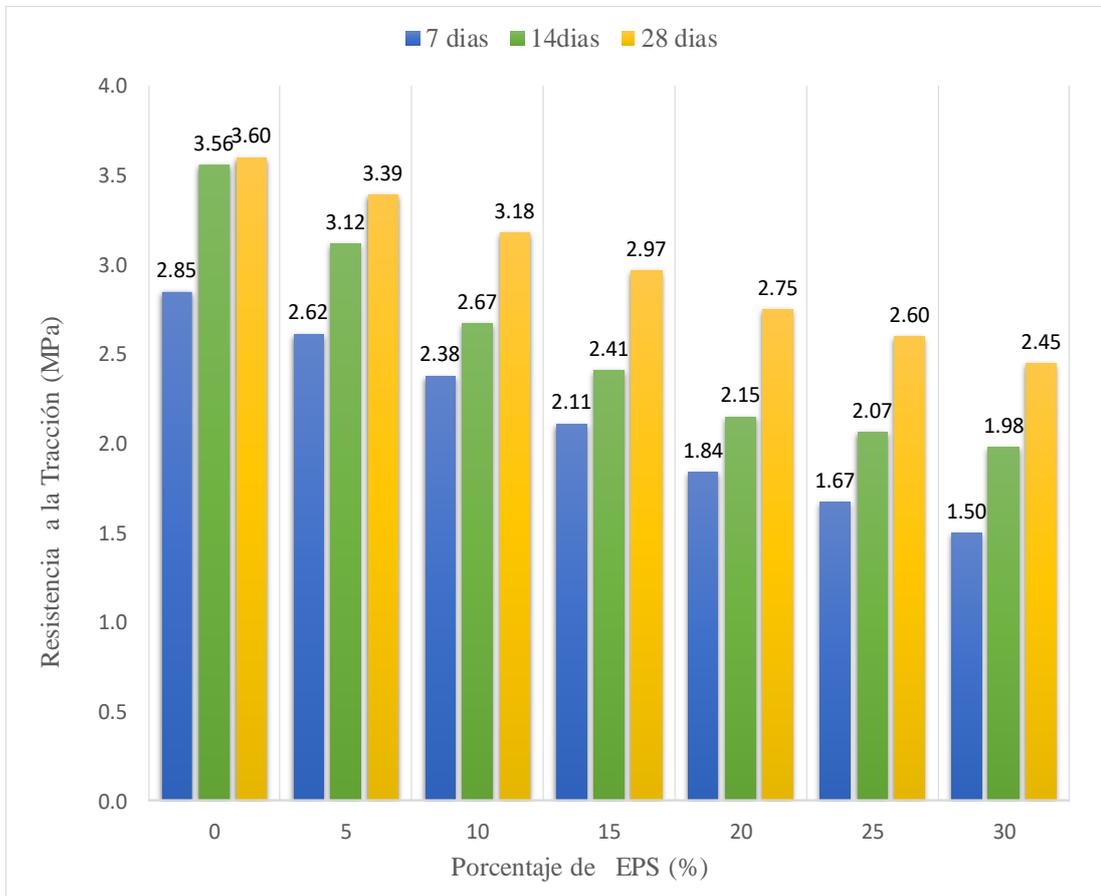


Figura 14. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la tracción-Artículo 16.

Fuente: Elaboración propia.

Artículo 17: Fabricación de hormigón ligero mediante el uso de perlas de EPS como reemplazo de agregado grueso, Amar D. Vandale, Prasad B. Waghmare, Vikas M. Tambe y Vaibhav B. Kute, (2019)

- Tipo de poliestireno expandido: El diámetro de las perlas del poliestireno expandido utilizado fue de un rango 6 mm - 8 mm, la densidad fue de 18 kg/cm³.
- Contenido de la mezcla: Cemento de grado 53 de acuerdo al IS 12269, agregado grueso de tamaño nominal mayor de 4.75mm, agregado fino tamaño menor a 4.75 mm, agua y perlas de poliestireno expandido (EPS). Los porcentajes de perlas de poliestireno expandido utilizados fueron de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%. La relación a/c fue de 0.50 en todas las muestras.
- Método de ensayo: En el concreto endurecido se realizaron ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la tracción.
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 14.
Resultados del ensayo a la resistencia a la compresión (Vadanle et al., 2018).

| Porcentaje de EPS (%) | Resistencia a la Compresión (MPa) | | |
|-----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 13.50 | 20.00 | 20.56 |
| 5 | 12.53 | 18.74 | 19.08 |
| 10 | 11.55 | 17.48 | 17.59 |
| 15 | 10.66 | 15.06 | 16.24 |
| 20 | 9.77 | 12.64 | 14.88 |
| 25 | 8.88 | 10.22 | 13.52 |
| 30 | 8.26 | 9.69 | 12.58 |

Fuente: Elaboración propia.

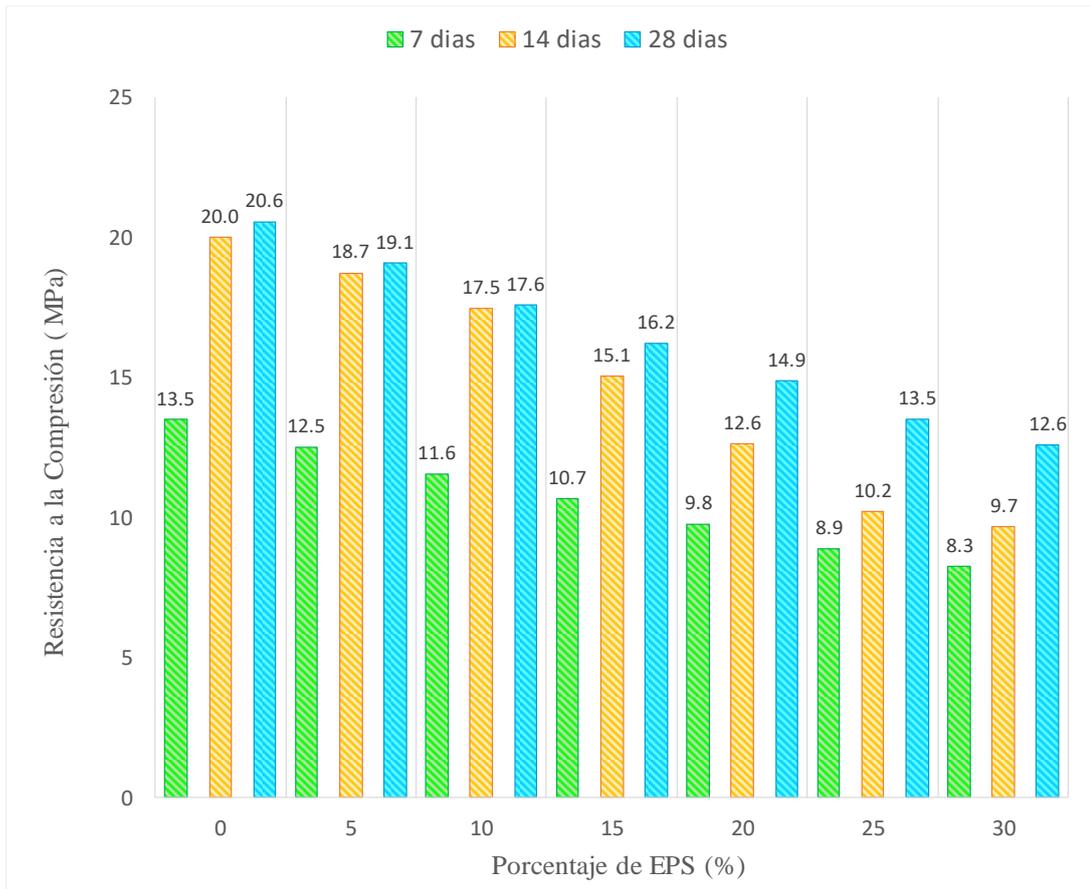


Figura 15. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo 17.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15.
Resultados del ensayo a la resistencia a la tracción (Vandale et al., 2018).

| Porcentaje de EPS (%) | Resistencia a la Tracción (MPa) | | |
|-----------------------|---------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 2.95 | 4.09 | 4.50 |
| 5 | 2.72 | 3.76 | 4.14 |
| 10 | 2.48 | 3.44 | 3.78 |
| 15 | 2.34 | 3.24 | 3.56 |
| 20 | 2.20 | 3.04 | 3.35 |
| 25 | 2.06 | 2.85 | 3.13 |
| 30 | 1.92 | 2.66 | 2.93 |

Fuente: Elaboración propia.

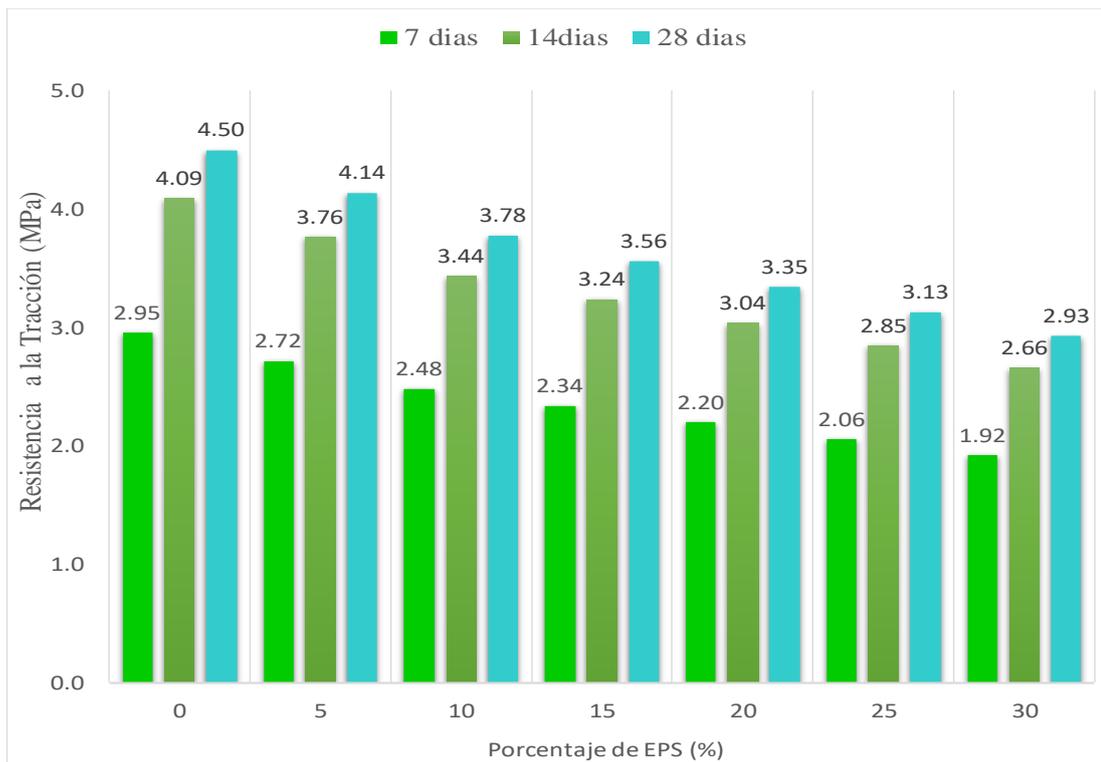


Figura 16. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la tracción-Artículo 17.
Fuente: Elaboración propia.

Artículo 19: Evaluación de Concreto Liviano Usando Bolas de Poliestireno Expandido, Kumar, Anjan y Arjun, (2019).

- Tipo de poliestireno expandido: El diámetro de las perlas del poliestireno expandido (EPS) fueron de 2-3 mm.
- Contenido de la mezcla: La mezcla ha sido diseñado de acuerdo a IS 10262:1982, Cemento Zuari OPC de grado 43, agregado grueso, agregado fino, agua y perlas de poliestireno expandido (EPS). Los porcentajes de perlas de poliestireno expandido utilizados fueron de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%. La relación a/c fue de 0.50 en todas las muestras.
- Método de ensayo: En el concreto endurecido se realizaron de acuerdo al IS 9013:1978 ensayos de densidad y ensayos de resistencia a la compresión.
- Método de ensayo: e realizaron ensayo de resistencia a la compresión.
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 16.
Resultados de la densidad con perlas de poliestireno (Kumar et al., 2019).

| Porcentaje de EPS (%) | Densidad (Kg/m3) |
|-----------------------|------------------|
| 0 | 2500.0 |
| 5 | 2350.0 |
| 10 | 2200.0 |
| 15 | 2050.0 |
| 20 | 1900.0 |
| 25 | 1875.0 |
| 30 | 1850.0 |

Fuente: Elaboración propia.

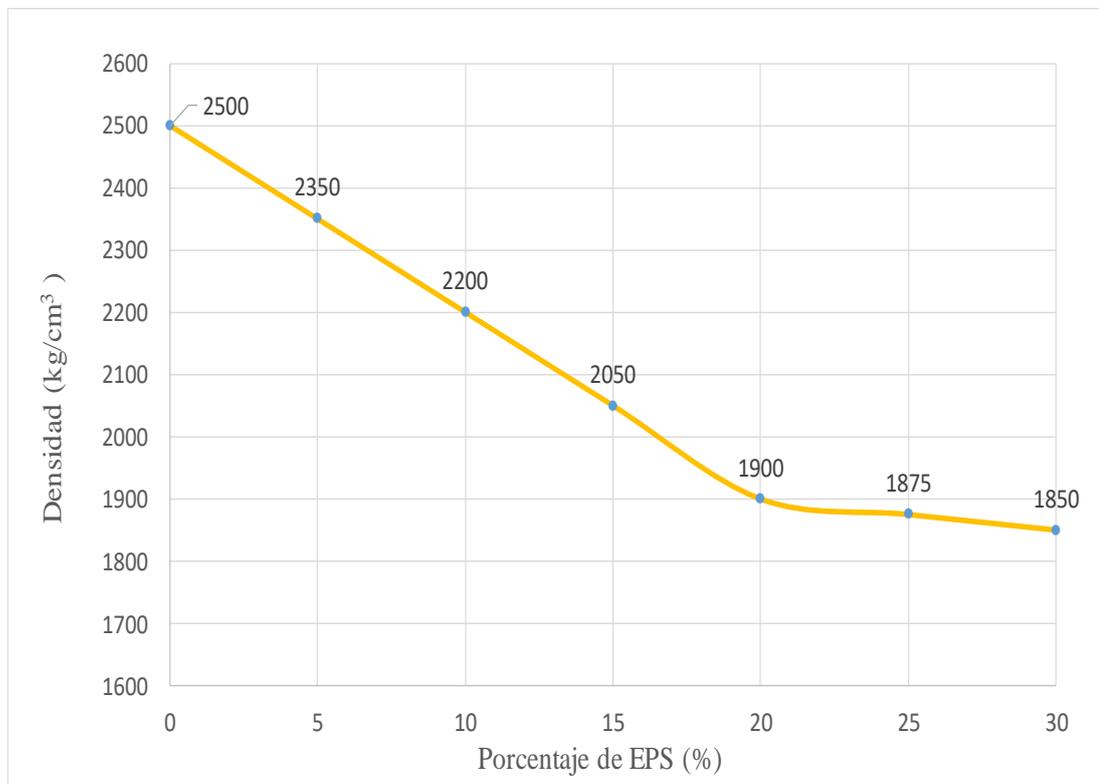


Figura 17. Porcentaje de EPS (%) vs. densidad.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17.

Resultado del ensayo a la resistencia a la compresión (Kumar et al., 2019).

| Porcentaje de EPS (%) | Resistencia a la Compresión (MPa) | | |
|-----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 17.98 | 18.75 | 24.56 |
| 5 | 18.47 | 19.15 | 24.93 |
| 10 | 17.01 | 17.95 | 23.83 |
| 15 | 17.50 | 18.35 | 24.20 |
| 20 | 17.01 | 17.95 | 23.83 |
| 25 | 16.95 | 17.48 | 23.27 |
| 30 | 16.89 | 17.01 | 22.71 |

Fuente: Elaboración propia.

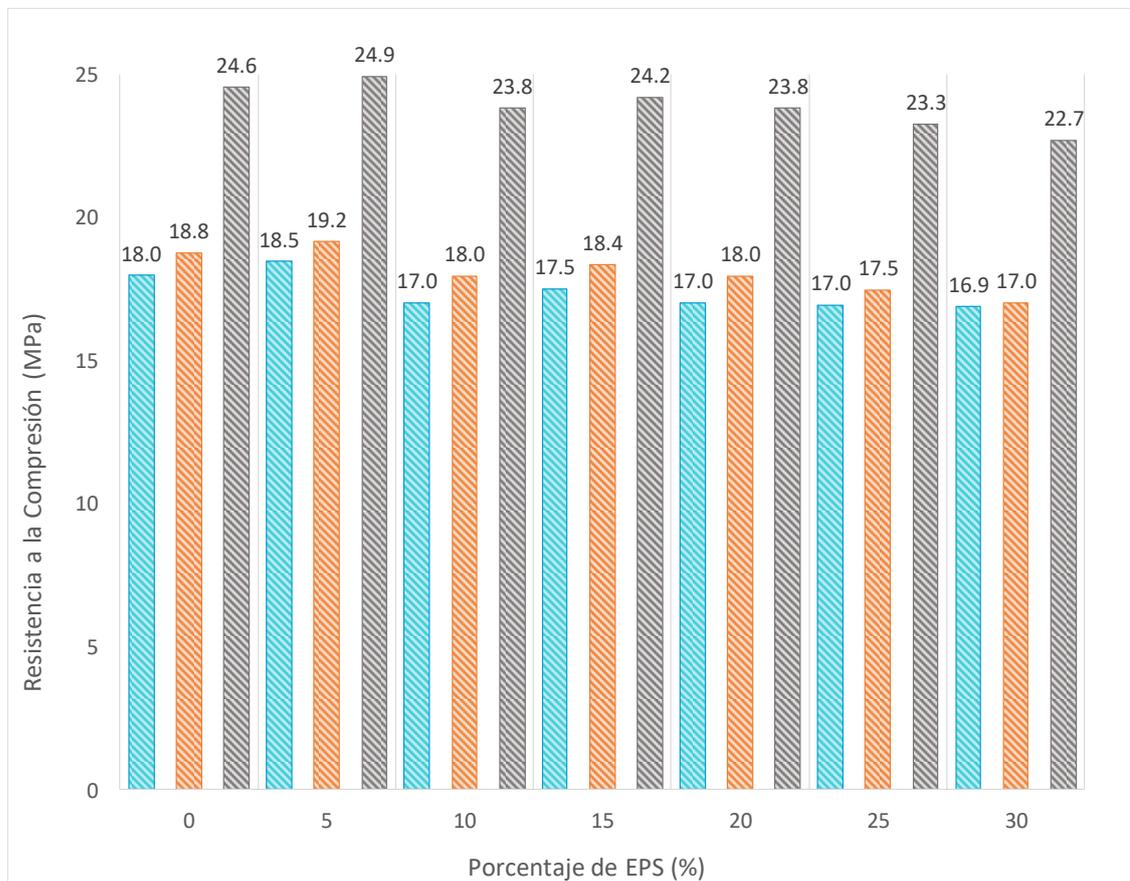


Figura 18. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo 19.

Fuente: Elaboración Propia.

Artículo 24: Sustitución parcial del árido grueso por perlas de poliestireno expandido en hormigón, Jahan y Sangitha, (2020).

- Tipo de poliestireno expandido: El diámetro de las perlas del poliestireno expandido fueron de 20 mm.
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento OPC de grado 43, agregado grueso, agregado fino con un tamaño menor de 4.75 mm, agua y perlas de poliestireno expandido (EPS). Los porcentajes de perlas de poliestireno expandido utilizados fueron de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%.
- Método de ensayo: En el concreto endurecido se realizaron ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la tracción.
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 18.
Resultados del ensayo de la resistencia a la compresión (Jahan y Sangitha, 2020).

| Porcentaje de EPS. (%) | Resistencia a la Compresión (MPa) | | |
|---------------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 14.40 | 17.95 | 23.40 |
| 5 | 15.50 | 18.63 | 24.10 |
| 10 | 15.90 | 19.30 | 24.80 |
| 15 | 15.50 | 16.80 | 24.23 |
| 20 | 14.97 | 17.32 | 23.74 |
| 25 | 14.43 | 17.83 | 23.25 |
| 30 | 14.32 | 17.83 | 23.38 |

Fuente: Elaboración propia.

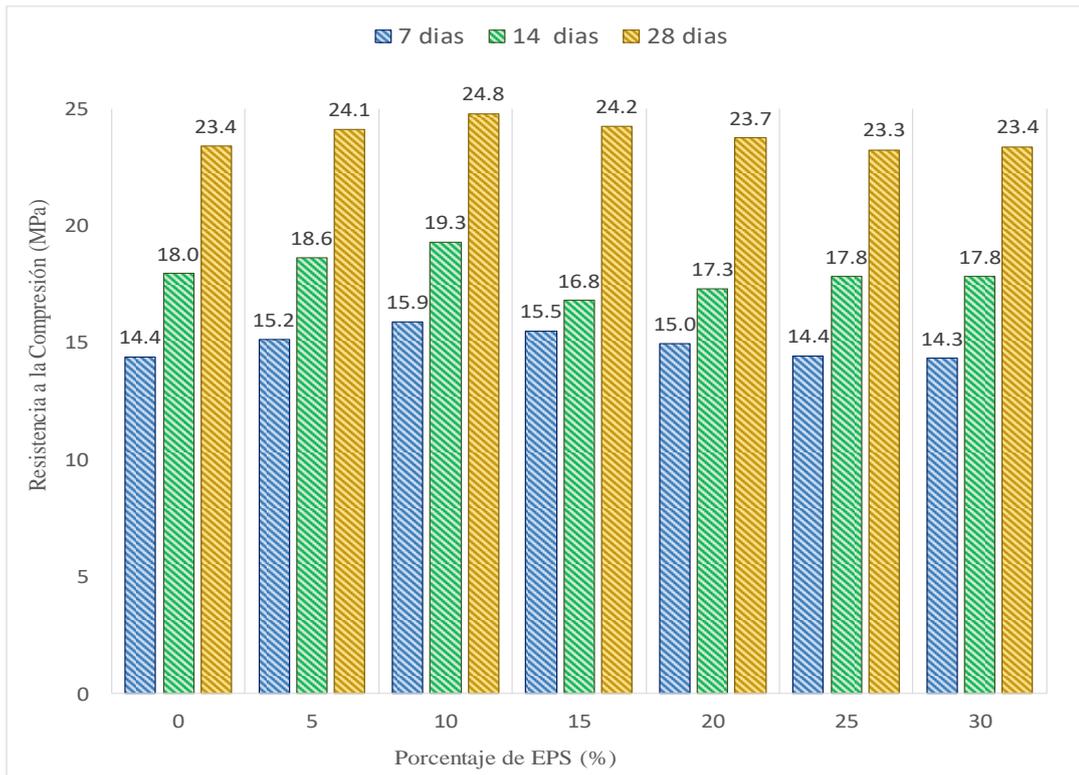


Figura 19. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión-Artículo 24.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19.
Resultados del ensayo de la resistencia a la tracción (Jahan y Sangitha, 2020).

| Porcentaje de EPS. (%) | Resistencia a la Tracción (MPa) | | |
|---------------------------|---------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 2.26 | 2.84 | 3.56 |
| 5 | 2.28 | 2.86 | 3.58 |
| 10 | 2.30 | 2.88 | 3.60 |
| 15 | 2.28 | 2.86 | 3.61 |
| 20 | 2.27 | 2.85 | 3.60 |
| 25 | 2.26 | 2.83 | 3.58 |
| 30 | 2.26 | 2.83 | 3.56 |

Fuente: Elaboración propia.

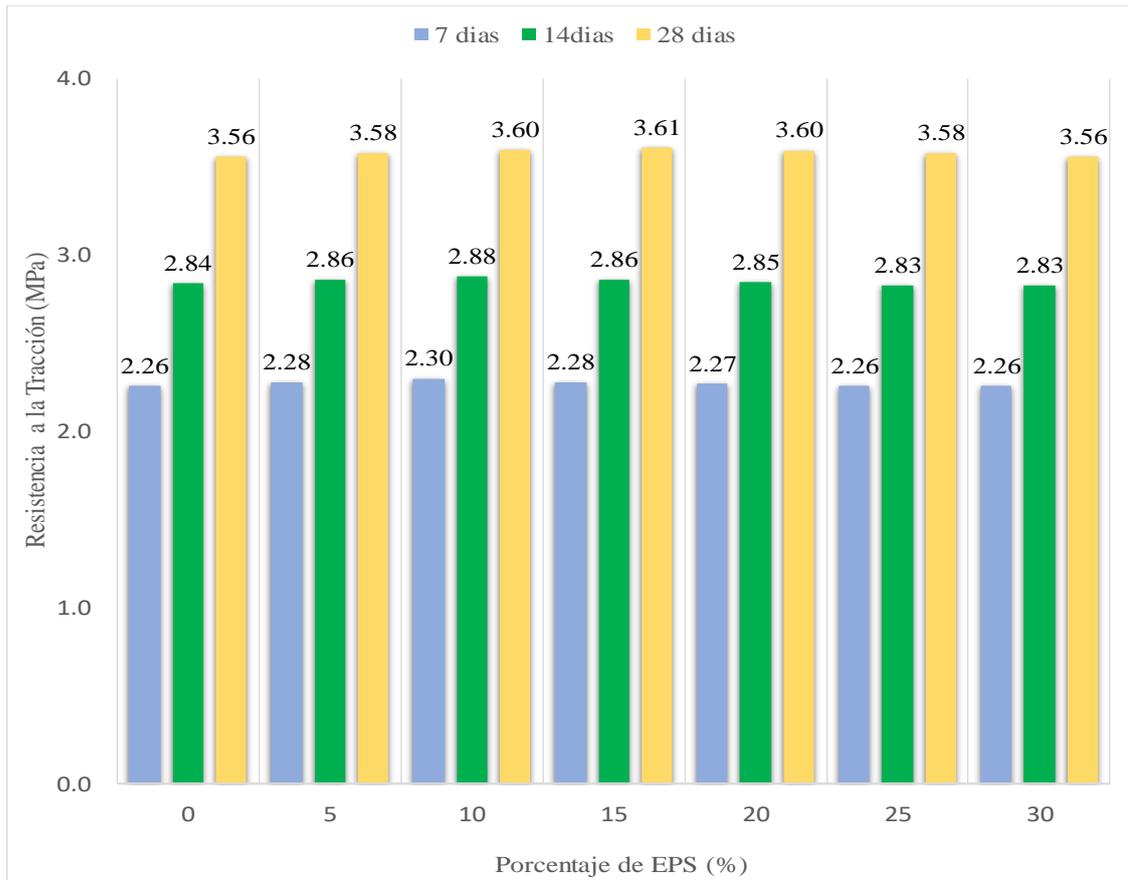


Figura 20. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la tracción-Artículo 24.
Fuente: Elaboración propia.

Artículo 25: Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Chuquilin, (2022).

- Tipo de poliestireno expandido: el diámetro de las perlas del poliestireno expandido 100 % virgen
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento, agregado grueso, agregado fino y agua y perlas de poliestireno expandido (EPS). Los porcentajes de perlas de poliestireno expandido fueron de 0%, 5%, 10%, 15%, 25% y 30%. La relación de agua/cemento fue de 0.645
- Método de ensayo: En el concreto fresco se determinó el asentamiento según la norma NTP 339.035. En el concreto endurecido se realizaron ensayos densidad, ensayos de resistencia a la compresión según la norma NTP 339.034 y resistencia a la tracción.

- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 20.

Resultado del asentamiento con la relación de agua-cemento (a/c) es de 0.65 (Chuquilin, 2022).

| Porcentaje de EPS (%) | Relación a/c | Asentamiento (in) |
|-----------------------|--------------|-------------------|
| 0 | 0.65 | 3.15 |
| 5 | | 3.27 |
| 10 | | 3.39 |
| 15 | | 3.46 |
| 20 | | 3.54 |
| 25 | | 3.60 |
| 30 | | 3.66 |

Fuente: Elaboración propia.

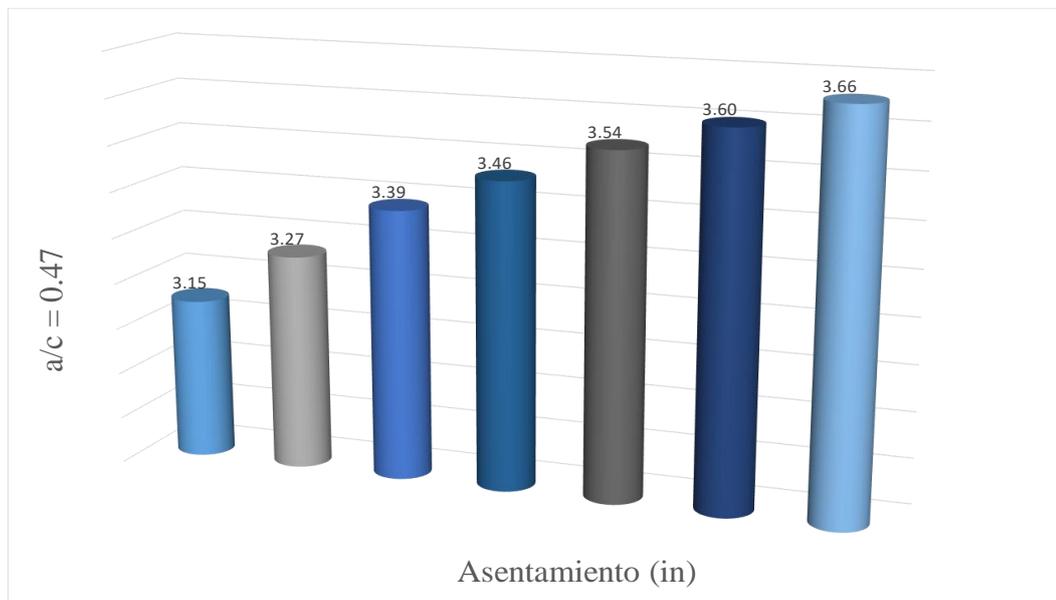


Figura 21. Porcentaje de EPS (%) vs. densidad

Fuente: Elaboración propia.

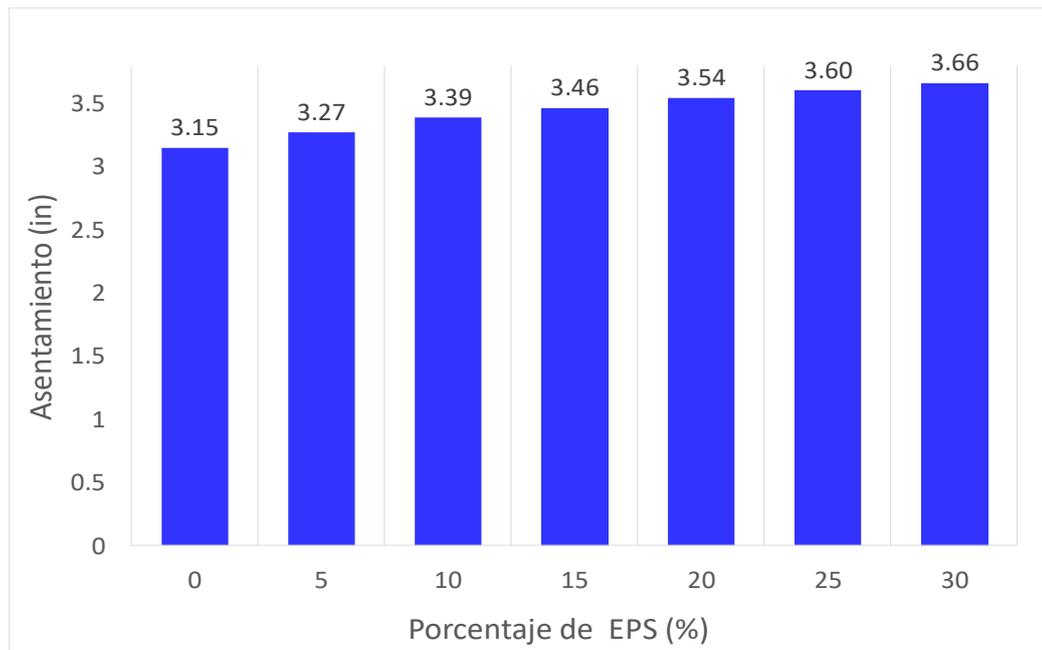


Figura 22. Porcentaje de EPS (%) vs. asentamiento.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21.
Resultados de la densidad con perlas de poliestireno (Chuquilin, 2022).

| Porcentaje de EPS (%) | Densidad (Kg/m ³) |
|-----------------------|-------------------------------|
| 0 | 2434.0 |
| 5 | 2407.0 |
| 10 | 2380.0 |
| 15 | 2347.5 |
| 20 | 2315.0 |
| 25 | 2283.5 |
| 30 | 2252.0 |

Fuente: Elaboración propia.

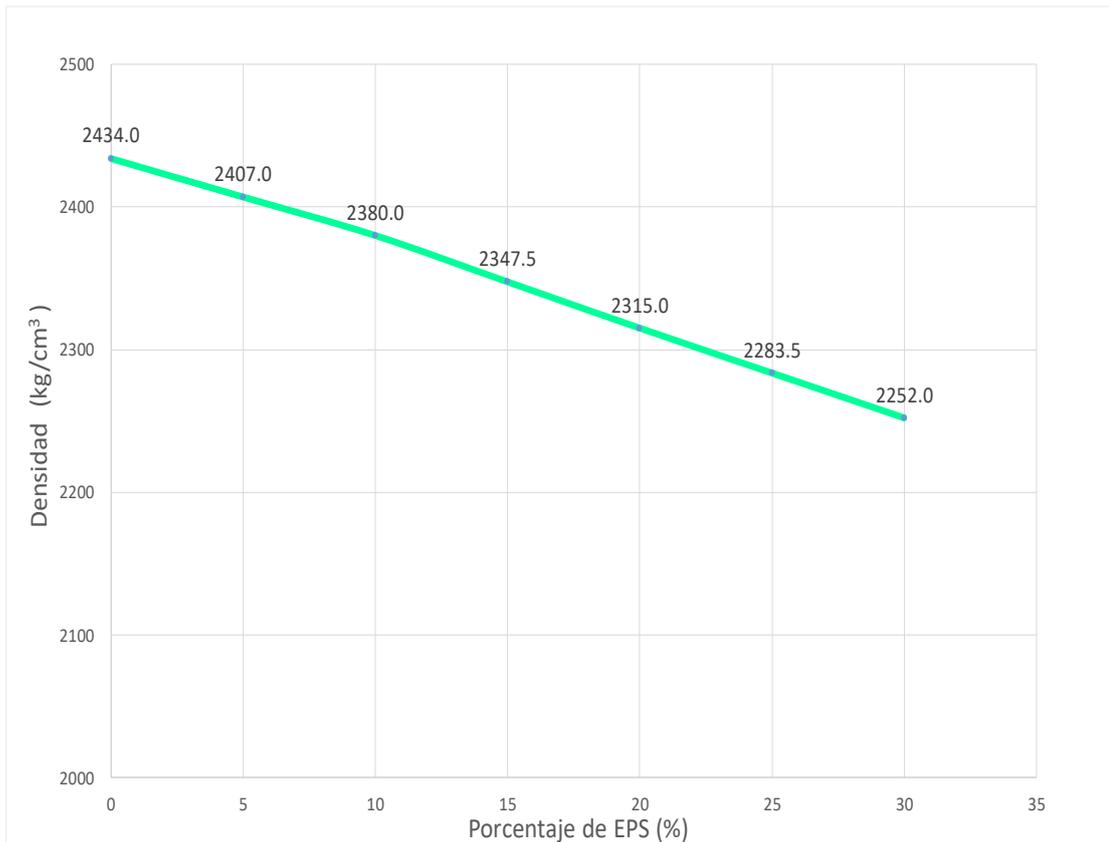


Figura 23. Porcentaje de EPS (%) vs. densidad.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22.

Resultados del ensayo de la resistencia a la compresión (Chuquilin, 2022).

| Porcentaje de EPS (%) | Resistencia a la Compresión (MPa) | | |
|-----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 41.00 | 40.91 | 45.00 |
| 5 | 37.50 | 37.88 | 41.67 |
| 10 | 34.00 | 34.85 | 38.33 |
| 15 | 30.50 | 31.82 | 35.00 |
| 20 | 25.50 | 26.36 | 29.00 |
| 25 | 20.50 | 20.91 | 23.00 |
| 30 | 18.75 | 19.09 | 21.00 |

Fuente: Elaboración propia.

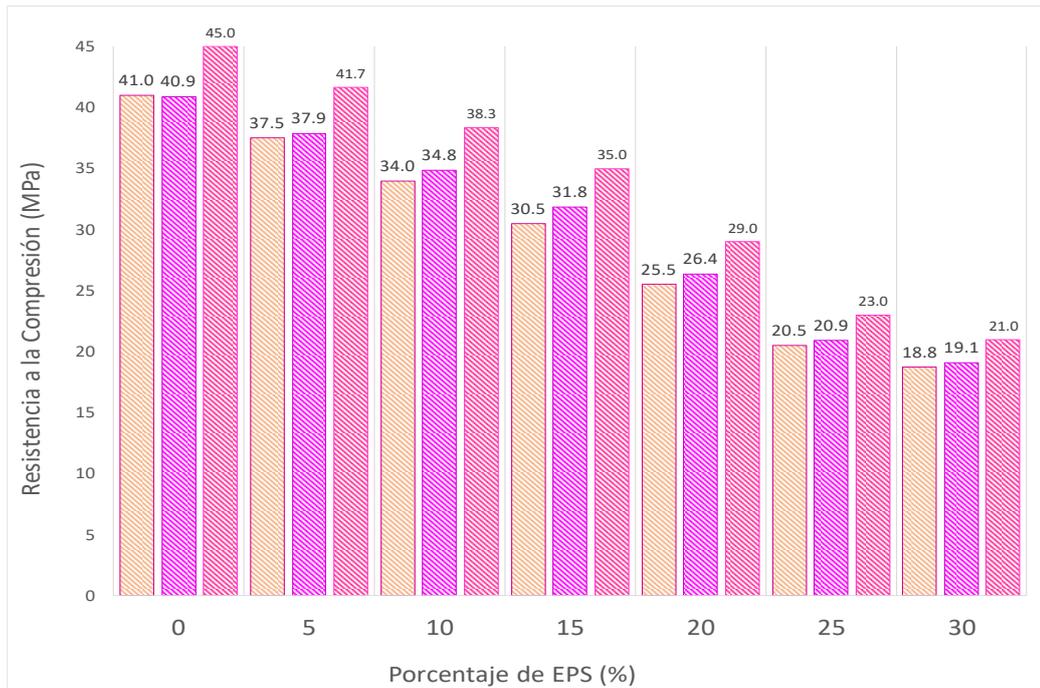


Figura 24. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión.
Fuente: Elaboración propia.

Artículo 26: Concreto de grado estructural que contiene perlas de poliestireno expandido con diferentes distribuciones de partículas de agregado de peso normal, Rosca y Corobceanu (2020).

- Tipo de poliestireno expandido: El diámetro de las perlas del poliestireno expandido fueron de 3 mm a 6 mm. Y una densidad de 20 kg/m^3 .
- Contenido de la mezcla: Se empleó cemento portland CEM clase I, agregado grueso en un rango de 4 mm a 16 mm, agregado fino con rango de tamaño desde 0 hasta 4 mm, agua y perlas de poliestireno expandido (EPS). Los porcentajes de perlas de poliestireno expandido utilizados fueron de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%.
- Método de ensayo: En el concreto endurecido se realizaron ensayos de densidad y ensayos de resistencia a la compresión.
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 23.

Resultados de la densidad con perlas de poliestireno (Rosca y Corobceanu, 2020).

| Porcentaje de EPS (%) | Densidad (Kg/m ³) |
|-----------------------|-------------------------------|
| 0 | 2300.0 |
| 5 | 2233.3 |
| 10 | 2166.7 |
| 15 | 2100.0 |
| 20 | 2000.0 |
| 25 | 1900.0 |
| 30 | 1800.0 |

Fuente: Elaboración propia.

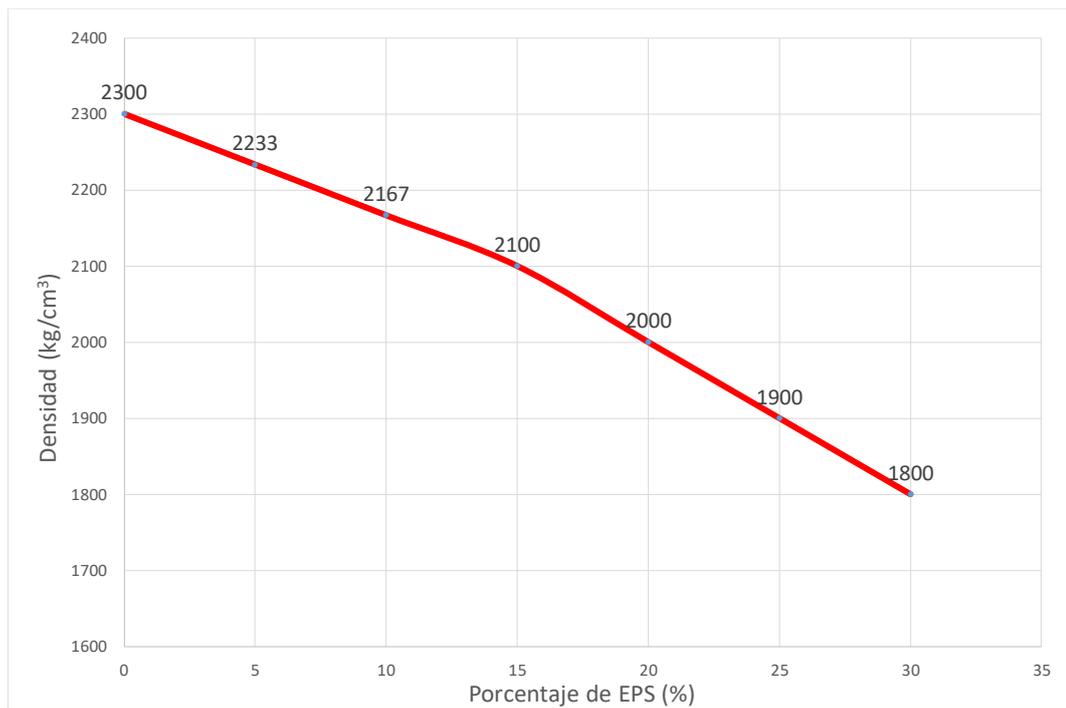


Figura 25. Porcentaje de EPS (%) vs. densidad.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24.

Resultados del ensayo resistencia a la compresión (Rosca y Corobceanu, 2020)

| Porcentaje de EPS. (%) | Resistencia a la Compresión (MPa) | | |
|---------------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| 0 | 50.00 | 49.55 | 54.50 |
| 5 | 44.17 | 44.09 | 48.50 |
| 10 | 38.33 | 38.64 | 42.50 |
| 15 | 32.50 | 33.18 | 36.50 |
| 20 | 29.25 | 29.77 | 32.75 |
| 25 | 26.00 | 26.36 | 29.00 |
| 30 | 24.25 | 24.77 | 27.25 |

Fuente: Elaboración propia.

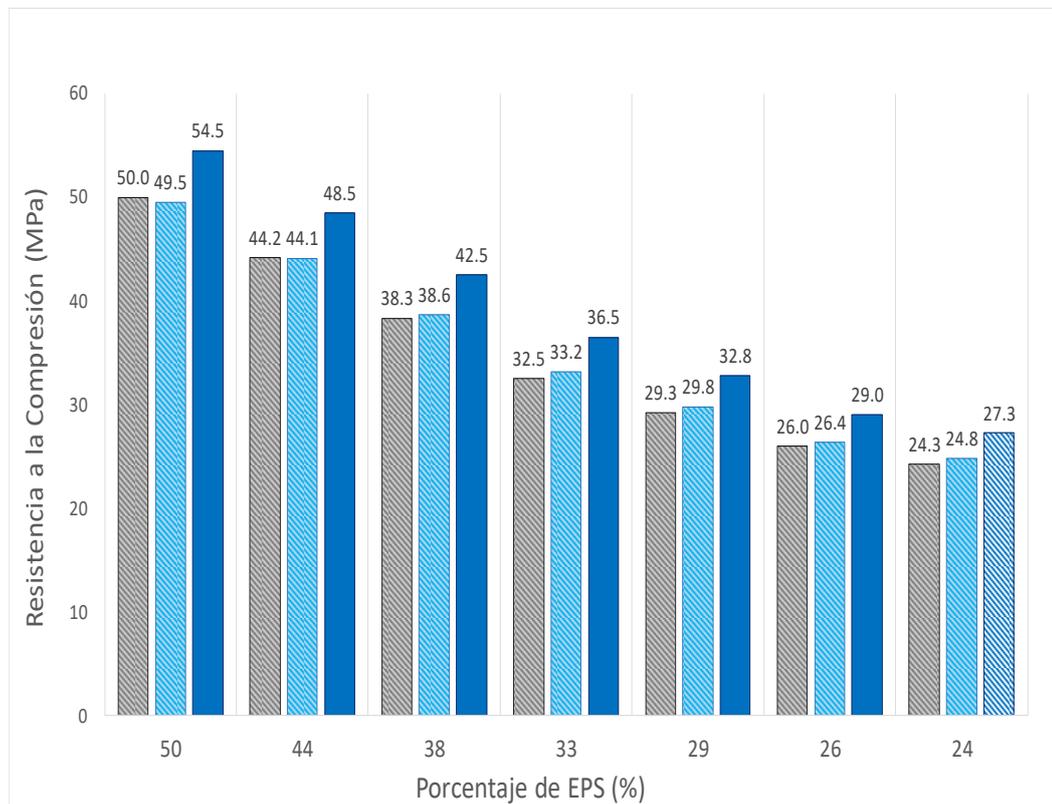


Figura 26. Porcentaje de EPS (%) vs. resistencia a la compresión.

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Análisis e interpretación de los resultados.

Analizando el porcentaje de perlas de EPS en la (influencia/mejora) del asentamiento del concreto liviano.

Artículo 2: Sustitución parcial del agregado del agregado grueso por perlas del poliestireno expandido en hormigón, Punitha P. (2019).

Los resultados de la figura 2 muestran los valores de la resistencia a la tracción para mezclas de concreto en todos los niveles de remplazo de EPS a las edades de 7, 14 y 28 días. Se aprecia que los valores de la resistencia a la tracción disminuyen con el aumento de las perlas de EPS de 0% a 30%. El valor de tracción más bajo fue de 0.29 MPa para los 7 días y se da en la mezcla que contiene 30 % de perlas de EPS; en cambio el valor de tracción más alto fue de 4.95 MPa a los 28 días y se da en la mezcla patrón que contiene 0% de perlas de EPS.

Artículo 5: Propiedades mecánicas del hormigón con sustitución parcial de árido grueso por perlas de poliestireno expandido (EPS). Gupta Milind R, Borhade Siddhi A, Kutal Payal C, Mehetre Vrushali A, Gadekar Swapnali D y Tupe Ravisha K (2018).

Los resultados de la figura N° 5 muestran los valores de la resistencia a la compresión para mezclas de concreto en todos los niveles de incorporación de perlas de EPS a las edades de 7, 14 y 28 días. Se puede apreciar que al añadir más perlas de EPS disminuye la resistencia de la compresión; se obtuvo un valor de 37.53 MPa de 0% de perlas de EPS hasta obtener un valor de 24.49 MPa de un 30% de perlas de EPS a los 28 días de curado. Unas de la causa pueden deberse a su carencia de adherencia entre la perlas y pasta del cemento; además, a la disminución de la densidad del concreto.

Los resultados de la Figura 3 muestran los valores de asentamiento para mezclas de concreto en todos los niveles de reemplazo de EPS con una relación de a/c de 0.55. Se puede observar los valores del asentamiento (trabajabilidad) del concreto fresco aumentan con el aumento en el reemplazo de perlas de EPS. El valor de asentamiento más bajo fue de 3.35 in y se da en la mezcla patrón que no contiene ningún % de perlas de EPS; en cambio el valor de asentamiento más alto fue de 7.24 in y se da en

la mezcla que contiene 30% de perlas de EPS. También se puede observar que el aumento del valor de asentamiento (trabajabilidad) se debe a que las perlas de EPS no absorben agua debido a que están compuesto de 98% de aire y solo un 2% de materia prima en comparación con el agregado.

Los resultados de la figura 6 muestran los valores de la resistencia a la tracción para mezclas de concreto en todos los niveles de remplazo de perlas de EPS a las edades de 7, 14 y 28 días. Se aprecia que los valores de la resistencia a la tracción disminuyen con el aumento de las perlas de EPS de 0% a 30%. El valor de tracción más bajo fue de 1.06 MPa para los 7 días y se da en la mezcla que contiene 30 % de perlas de EPS; en cambio el valor de tracción más alto fue de 2.08 MPa a los 28 días y se da en la mezcla patrón que contiene 0% de perlas de EPS. También se logra observar que el valor de la resistencia a la tracción aumenta a medida que transcurre los días de curado. Una de las causas de la disminución de la resistencia a la tracción es debido a la baja gravedad específica de las perlas de EPS reduciéndose la densidad total del concreto.

Artículo 6: Propiedades mecánicas del hormigón con sustitución parcial de árido grueso por perlas de poliestireno expandido (EPS). Ahmad y Prakash (2018)

La figura 9 demuestran los valores de la resistencia a la compresión de mezclas de concreto en el desarrollo de sus días de curados de los 7, 14 y 28. La disminución de La resistencia a la compresión se debe al aumentar las perlas de EPS, se obtuvo un valor de 23.4 MPa de 0% de perlas de EPS hasta un 22.3MPa de 30% de perlas de EPS durante los 28 días de curado. Se puede corresponder a la baja gravedad específica de las perlas de EPS, por lo que se reduce la densidad total del concreto.

Los resultados de la Figura 7 muestran los valores de asentamiento (trabajabilidad) para mezclas de concreto en todos los niveles de reemplazo de EPS con una relación de a/c de 0.50. Se puede observar los valores del asentamiento (trabajabilidad) del concreto fresco aumentan con el aumento en el reemplazo de perlas de EPS. El valor de asentamiento más bajo fue de 2.36 in y se da en la mezcla patrón que no contiene ningún % de perlas de EPS; en cambio el valor de asentamiento más alto fue de 3.43 in y se dá en la mezcla que contiene 30% de perlas de EPS. También se puede observar que el aumento del valor de asentamiento (trabajabilidad) se debe a que las

perlas de EPS no absorben agua debido a que están compuesto de 98% de aire y solo un 2% de materia prima en comparación con el agregado.

Artículo 15: Estudio experimental de sustitución de árido grueso por perlas de EPS en hormigón para conseguir construcción. Jayanth M P, Sowmya S M (2018)

La resistencia a la compresión se realizó en los 7, 14 y 28 días para diferentes sustituciones de agregado grueso por perlas de EPS. Se percibe que al aumentar las perlas de EPS disminuye la resistencia. Y el valor más alto con perlas de poliestireno expandido es de 34.6 MPa de 10% de perlas de EPS y 36.7MPa de 5% de perlas de EPS con altas densidad como se observa en la figura 10.

Los resultados de la Figura 10 muestran los valores de densidad para mezclas de concreto en todos los niveles de reemplazo de EPS. Se puede observar los valores de densidad del concreto disminuyen con el aumento en el reemplazo de perlas de EPS. El valor de densidad más alto fue de 2410.0 Kg/m³ y se da en la mezcla patrón que no contiene ningún % de perlas de EPS; en cambio el valor de densidad más bajo fue de 1900.3 Kg/m³ y se da en la mezcla que contiene 30% de perlas de EPS. También se puede observar que la disminución del valor de la densidad del concreto también disminuye el peso de la estructura lográndose así obtener un concreto liviano. También se logra observar que recién a partir del adiconamiento de 15% de perlas de EPS se obtiene un valor de densidad 2174.6 kg/m³ lográndose obtener un concreto liviano ya que es menor a 2200 kg/m³.

Los resultados de la figura 12 muestran los valores de la resistencia a la tracción para mezclas de concreto en todos los niveles de remplazo de perlas de EPS a las edades de 7, 14 y 28 días. Se aprecia que los valores de la resistencia a la tracción disminuyen con el aumento de las perlas de EPS de 0% a 30%. El valor de tracción más bajo fue de 2.13 MPa a los 7 días y se da en la mezcla que contiene 30 % de perlas de EPS; en cambio el valor de tracción más alto fue de 5.0 MPa a los 28 días y se da en la mezcla patrón que contiene 0% de perlas de EPS. También se logra observar que el valor de la resistencia a la tracción aumenta a medida que transcurre los días de curado. Una de las causas de la disminución de la resistencia a la tracción es debido a la baja gravedad específica de las perlas de EPS reduciéndose la densidad total del concreto.

Artículo 16: Proportioning of Lightweight Concrete by the Inclusion of Expanded Polystyrene (EPS), Gunvel, et al, (2020)

Se realizó a los 7, 14 y 28 días de curado para obtener los resultados de la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto, los valores obtenidos se muestran en la figura N°13. Se analizaron que al aumentar perlas de EPS disminuye la resistencia, y el valor que se obtuvo es de 26.4 MPa de 0% de perlas de EPS y hasta un valor de 23.7 MPa de 30% de perlas de EPS. Puede deberse a la disminución de la densidad del concreto a su falta de adherencia o conexión entre la pasta del cemento y la perlas.

Los resultados de la figura 14 muestran los valores de la resistencia a la tracción para mezclas de concreto en todos los niveles de remplazo de perlas de EPS a las edades de 7, 14 y 28 días. Se aprecia que los valores de la resistencia a la tracción disminuyen con el aumento de las perlas de EPS de 0% a 30%. El valor de tracción más bajo fue de 1.50 MPa para los 7 días y se da en la mezcla que contiene 30 % de perlas de EPS; en cambio el valor de tracción más alto fue de 3.6 MPa a los 28 días y se da en la mezcla patrón que contiene 0% de perlas de EPS. También se logra observar que el valor de la resistencia a la tracción aumenta a medida que transcurre los días de curado. Una de las causas de la disminución de la resistencia a la tracción es debido a la baja gravedad específica de las perlas de EPS reduciéndose la densidad total del concreto.

Artículo 17: Fabricación de hormigón ligero mediante el uso de perlas de EPS como reemplazo de agregado grueso, Vandale et al., (2019)

Los resultados de la figura 15 muestran los valores de la resistencia a la compresión de mezclas de concreto de los 7, 14 y 28 días. Es inversamente proporcional al aumentar las perlas de EPS la resistencia disminuye. Se obtuvo un valor de 20.6 MPa de 0% de perlas de EPS hasta un 12.6MPa de 30% de perlas de EPS durante los 28 días de curado. Se observa a la baja densidad del concreto de las perlas de EPS; por lo que, se reduce la densidad total del concreto a medida que se incorpora más perlas en todos los niveles de la mezcla del concreto.

Los resultados de la figura 16 muestran los valores de la resistencia a la tracción para mezclas de concreto en todos los niveles de remplazo de perlas de EPS a las edades de 7, 14 y 28 días. Se aprecia que los valores de la resistencia a la tracción disminuyen

con el aumento de las perlas de EPS de 0% a 30%. El valor de tracción más bajo fue de 1.92 MPa para los 7 días y se da en la mezcla que contiene 30 % de perlas de EPS; en cambio el valor de tracción más alto fue de 4.50 MPa a los 28 días y se da en la mezcla patrón que contiene 0% de perlas de EPS. También se logra observar que el valor de la resistencia a la tracción aumenta a medida que transcurre los días de curado. Una de las causas de la disminución de la resistencia a la tracción es debido a la baja gravedad específica de las perlas de EPS reduciéndose la densidad total del concreto.

Artículo 19: Dosificación de hormigón ligero mediante la inclusión de poliestireno expandido (EPS), M. Gunavel, S. Aishwarya, K. Indhumathi, N. Jalapriya, M. Keerthi Priya (2020)

Los resultados de la Figura 18 muestran los valores de la resistencia a la compresión para mezclas de concreto en todos los niveles de reemplazo de perlas de EPS. Se puede observar los valores de la compresión del concreto endurecido disminuye tan con el aumento en el reemplazo de perlas de EPS. El valor de la resistencia es de 24.9 MPa y 23.8 MPa que contiene 5 % y 10% de las perlas de EPS respectivamente; a su vez se obtuvo densidad de 2350 kg/cm² y 2200 kg/cm² siendo directamente proporcional a sus valores de la resistencia a la compresión como se muestra en la Figura 17.

Los resultados de la Figura 18 muestran los valores de densidad para mezclas de concreto en todos los niveles de reemplazo de EPS. Se puede observar los valores de densidad del concreto disminuyen con el aumento en el reemplazo de perlas de EPS. El valor de densidad más alto fue de 2500.0 Kg/m³ y se da en la mezcla patrón que no contiene ningún % de perlas de EPS; en cambio el valor de densidad más bajo fue de 1850.0 Kg/m³ y se da en la mezcla que contiene 30% de perlas de EPS. También se puede observar que la disminución del valor de la densidad del concreto también disminuye el peso de la estructura lográndose así obtener un concreto liviano. También se logra observar que recién a partir del adicionamiento de 15% de perlas de EPS se obtiene un valor de densidad 2050kg/m³ lográndose obtener un concreto liviano ya que es menor a 2200 kg/m³.

Artículo 24: Sustitución parcial del árido grueso por perlas de poliestireno expandido en hormigón, N.Shifu Jahan, CH Sangitha (2020)

Los resultados de la Figura 19 muestran los valores de resistencia a la compresión para mezclas de concreto en todos los niveles de reemplazo de EPS. Se puede observar los valores de la resistencia disminuyen con el aumento en el reemplazo de perlas de EPS. El valor de la resistencia del más alto fue de 23.4 MPa y se da en la mezcla patrón que no contiene ningún % de perlas de EPS; en cambio el valor de resistencia de la compresión el bajo valor es 23.4 MPa y se da en la mezcla que contiene 30% de perlas de EPS. También se puede observar que la disminución del valor de la compresión del concreto también disminuye la densidad. Se observa que recién a partir del adicionamiento de 10% de perlas de EPS se obtiene un valor de 24.8 MPa lográndose obtener la densidad mayor con respecto a la obtención de la mezcla con mayor agregado de perlas de EPS.

Artículo 25: Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Chuquilin, (2022).

Los resultados de la Figura 24 muestran los valores de la resistencia a la compresión para mezclas de concreto en todos los niveles de reemplazo de perlas de EPS. Se puede observar los valores de la compresión del concreto endurecido disminuye tan con el aumento en el reemplazo de perlas de EPS. El valor de la resistencia es de 45 MPa en la mezcla patrón que no contiene ningún % de perlas de EPS; en cambio el valor de la resistencia más alto fue de 21 MPa y se da en la mezcla que contiene 30% de perlas de EPS. Se observa que el valor de la densidad va disminuyendo a medida que se incorpora más perlas de EPS como se muestra en la Tabla 20.

Los resultados de la Figura 22 muestran los valores de asentamiento (trabajabilidad) para mezclas de concreto en todos los niveles de reemplazo de EPS con una relación de a/c de 0.47. Se puede observar los valores del asentamiento (trabajabilidad) del concreto fresco aumentan con el aumento en el reemplazo de perlas de EPS. El valor de asentamiento más bajo fue de 3.15 in y se da en la mezcla patrón que no contiene ningún % de perlas de EPS; en cambio el valor de asentamiento más alto fue de 3.66 in y se da en la mezcla que contiene 30% de perlas de EPS. También se puede

observar que el aumento del valor de asentamiento (trabajabilidad) se debe a que las perlas de EPS no absorben agua debido a que están compuesto de 98% de aire y solo un 2% de materia prima en comparación con el agregado.

Los resultados de la Figura 22 muestran los valores de densidad para mezclas de concreto en todos los niveles de reemplazo de EPS. Se puede observar los valores de densidad del concreto disminuyen con el aumento en el reemplazo de perlas de EPS. El valor de densidad más alto fue de 2434.0 Kg/m³ y se da en la mezcla patrón que no contiene ningún % de perlas de EPS; en cambio el valor de densidad más bajo fue de 2252.0 Kg/m³ y se da en la mezcla que contiene 30% de perlas de EPS. También se puede observar que la disminución del valor de la densidad del concreto también disminuye el peso de la estructura lográndose así obtener un concreto liviano. También se logra observar que a partir del adicionamiento de 30% de perlas de EPS se obtiene un valor de densidad 2252kg/m³ no lográndose obtener un concreto liviano ya que es mayor a 2200 kg/m³.

Artículo 26: Concreto de grado estructural que contiene perlas de poliestireno expandido con diferentes distribuciones de partículas de agregado de peso normal, Rosca y Corobceanu (2020).

Los resultados de la Figura 26 muestran los valores de la resistencia a la compresión para mezclas de concreto en todos los niveles de reemplazo de perlas de EPS. Se puede observar los valores de la compresión del concreto endurecido disminuye tan con el aumento en el reemplazo de perlas de EPS. El valor de la resistencia es de 48.5 MPa y 42.5 MPa que contiene 5 % y 10% de las perlas de EPS respectivamente; a su vez se obtuvo densidad de 223.3 kg/cm² y 2167 kg/cm² siendo directamente proporcional a sus valores de la resistencia a la compresión como se muestra en la Figura N°25.

Los resultados de la Figura 26 muestran los valores de densidad para mezclas de concreto en todos los niveles de reemplazo de EPS. Se puede observar los valores de densidad del concreto disminuyen con el aumento en el reemplazo de perlas de EPS. El valor de densidad más alto fue de 2300.0 Kg/m³ y se da en la mezcla patrón que no contiene ningún % de perlas de EPS; en cambio el valor de densidad más bajo fue

de 1800.0 Kg/m³ y se da en la mezcla que contiene 30% de perlas de EPS. También se puede observar que la disminución del valor de la densidad del concreto también disminuye el peso de la estructura lográndose así obtener un concreto liviano. También se logra observar que recién a partir del adicionamiento de 10% de perlas de EPS se obtiene un valor de densidad 2166.7kg/m³ lográndose obtener un concreto liviano ya que es menor a 2200 kg/m³.

5.3 Contrastación de hipótesis específicas

5.3.1 **Hipótesis específica 1: Al analizar la relación agua-cemento mejora la trabajabilidad del concreto liviano.**

Para analizar la mejora de la trabajabilidad del concreto liviano con respecto a la relación agua/cemento del concreto liviano, se requiere de los resultados del asentamiento dada por los diferentes autores. El planteamiento de la evaluación de hipótesis nos lleva a tener la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alterna(H_1)

Hipótesis Nula (H_0): Al analizar la relación agua-cemento no mejora la trabajabilidad del concreto liviano.

Hipótesis alterna (H_1): Al analizar la relación agua-cemento si mejora la trabajabilidad del concreto liviano.

Para evaluar la primera hipótesis específica, se tomaron los datos de la tabla 25 según la tabla 4, tabla 5, tabla 7 y tabla 19.

Con los datos proporcionados de la tabla 25 y la figura 27 se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) porque, a medida que la relación a/c disminuye de 0.55 a 0.65 el asentamiento crece alcanzando valores de 6 in a 12 in respectivamente.

Tabla 25.
Resumen de resultados del ensayo del cono de abrams.

| Artículos | Autores | Porcentaje de EPS (%) | Asentamiento | | a/c |
|-------------|---|-----------------------|--------------|------|------|
| | | | in | mm | |
| Artículo 6 | Aasif Ahmad Ganie Shree Prakash | 0 | 2.36 | 57.9 | 0.50 |
| | | 5 | 2.56 | 62.7 | |
| | | 10 | 2.68 | 65.6 | |
| | | 15 | 2.76 | 67.5 | |
| | | 20 | 2.95 | 72.3 | |
| | | 25 | 3.19 | 78.1 | |
| | | 30 | 3.43 | 83.9 | |
| Artículo 5 | Gupta Milind, Borhade Siddhi A, Kutal Payal C, Mehetre Vrushali A, Gadekar Swapnali D TupeRavisha K. | 0 | 2.95 | 72.3 | 0.55 |
| | | 5 | 2.99 | 73.3 | |
| | | 10 | 3.03 | 74.3 | |
| | | 15 | 3.07 | 75.2 | |
| | | 20 | 3.11 | 76.2 | |
| | | 25 | 3.15 | 77.2 | |
| | | 30 | 3.19 | 78.1 | |
| Artículo 25 | Chuquilin Jorge | 0 | 3.15 | 77.2 | 0.65 |
| | | 5 | 3.27 | 80.1 | |
| | | 10 | 3.39 | 83.0 | |
| | | 15 | 3.46 | 84.9 | |
| | | 20 | 3.54 | 86.8 | |
| | | 25 | 3.60 | 88.3 | |
| | | 30 | 3.66 | 89.7 | |

Fuente: Elaboración propia.

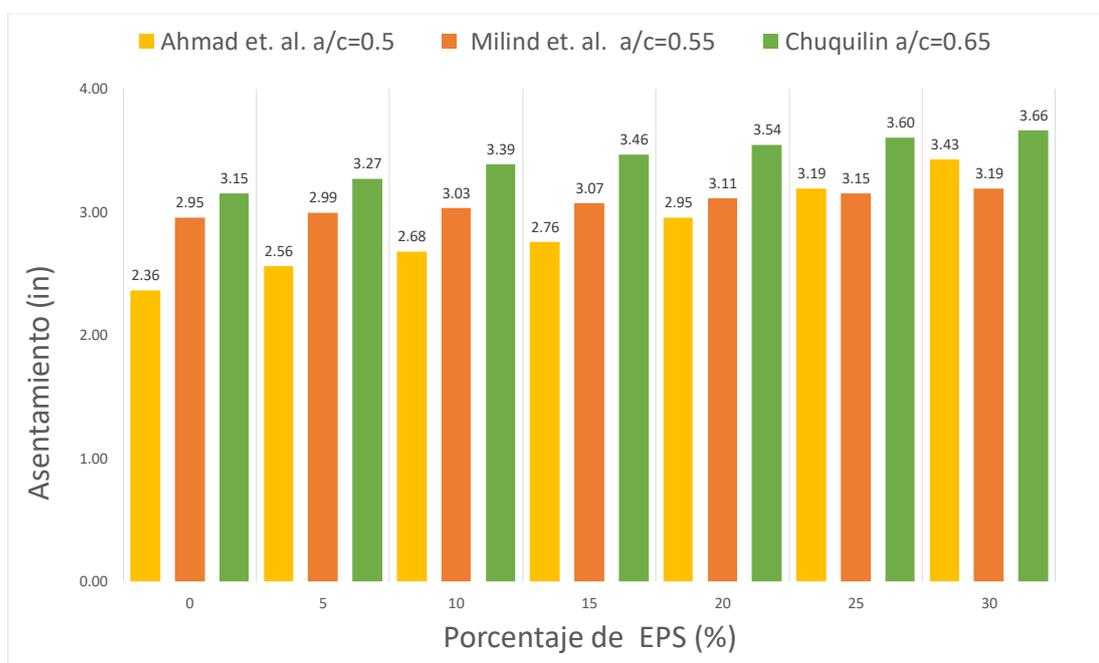


Figura 27. Porcentaje de EPS (%) vs. asentamiento con la relación de agua-cemento.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Hipótesis específicas 2: Al analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) mejora la consistencia y densidad del concreto liviano.

Para analizar la mejora de la consistencia y densidad del concreto liviano, se requiere de los resultados de asentamiento y densidad dada por los diferentes autores. El planteamiento de la evaluación de hipótesis nos lleva a tener la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alterna (H_1).

Hipótesis Nula (H_0): Al analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) no mejora la consistencia y densidad del concreto liviano.

Hipótesis alterna (H_1): Al analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) si mejora la consistencia y densidad del concreto liviano.

Para evaluar la primera hipótesis específica, se tomaron los datos de la tabla 26 según la tabla 9, tabla 16, tabla 19 y tabla 22.

Con los datos proporcionados de la tabla 26 y la figura 28 se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) porque, a medida que la relación a/c disminuye de 0.65 a 0.43 la densidad decrece alcanzando valores de 2434 kg/m³ a de 2300 kg/m³ respectivamente.

Tabla 26.
Resumen de resultados del ensayo densidad.

| Artículos | Autores | Porcentaje de EPS (%) | Densidad (Kg/m ³) | a/c |
|-------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------|------|
| | | | 28 días | |
| Tesis 25 | Chuquilin Jorge | 0 | 2434.0 | 0.65 |
| | | 5 | 2407.0 | |
| | | 10 | 2380.0 | |
| | | 15 | 2347.5 | |
| | | 20 | 2315.0 | |
| | | 25 | 2283.5 | |
| | | 30 | 2252.0 | |
| Artículo 15 | Jayanth M P Sowmya S M | 0 | 2410.0 | 0.55 |
| | | 5 | 2335.5 | |
| | | 10 | 2261.0 | |
| | | 15 | 2174.6 | |
| | | 20 | 2088.2 | |
| | | 25 | 2001.8 | |
| | | 30 | 1900.3 | |

| | | | | |
|----------------|--|----|--------|------|
| Artículo 19 | Ran Kumar P Anjan B Arjun | 0 | 2500.0 | 0.50 |
| | | 5 | 2350.0 | |
| | | 10 | 2200.0 | |
| | | 15 | 2050.0 | |
| | | 20 | 1900.0 | |
| | | 25 | 1875.0 | |
| Artículo 26 | M.Gunavel S. Aishwaya K.Indhumathi, N. Jalapriya, M. Keerthi Priya | 0 | 2300.0 | 0.43 |
| | | 5 | 2233.3 | |
| | | 10 | 2166.7 | |
| | | 15 | 2100.0 | |
| | | 20 | 2000.0 | |
| | | 25 | 1900.0 | |
| | | 30 | 1800.0 | |

Fuente: Elaboración propia.

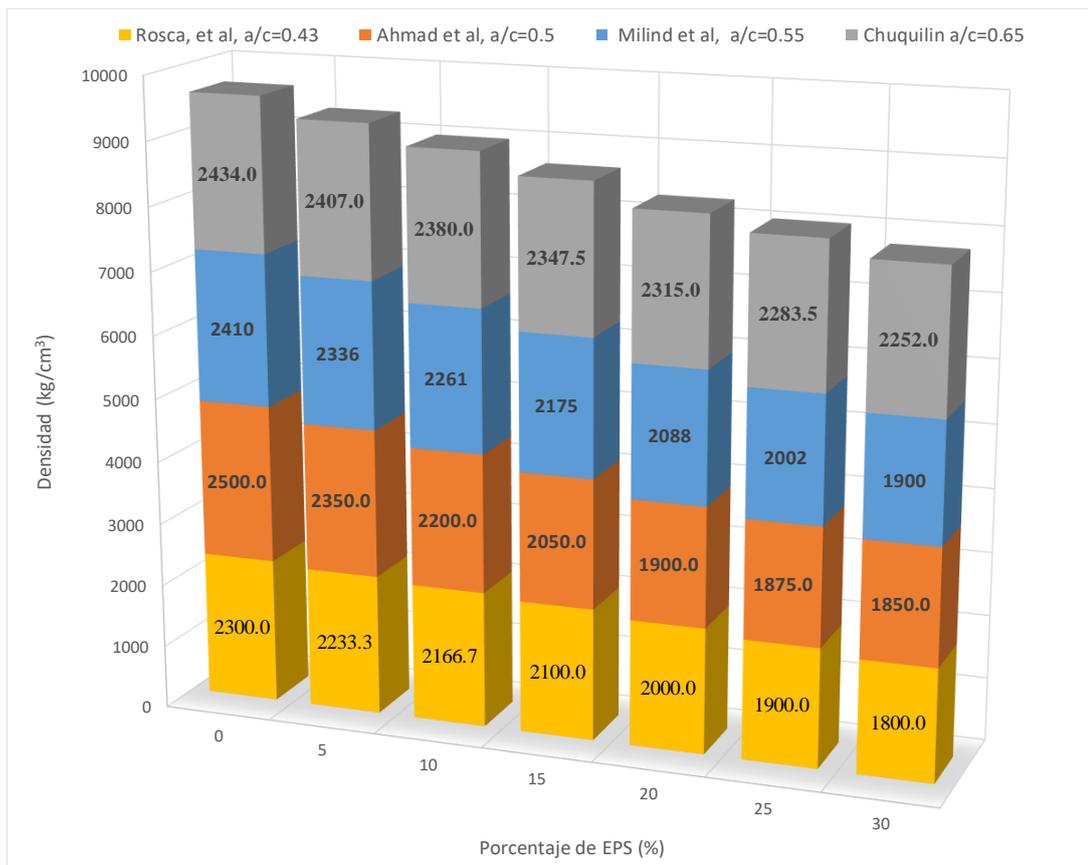


Figura 28. Resumen de porcentaje de EPS (%) vs. densidad.

Fuente: Elaboración propia.

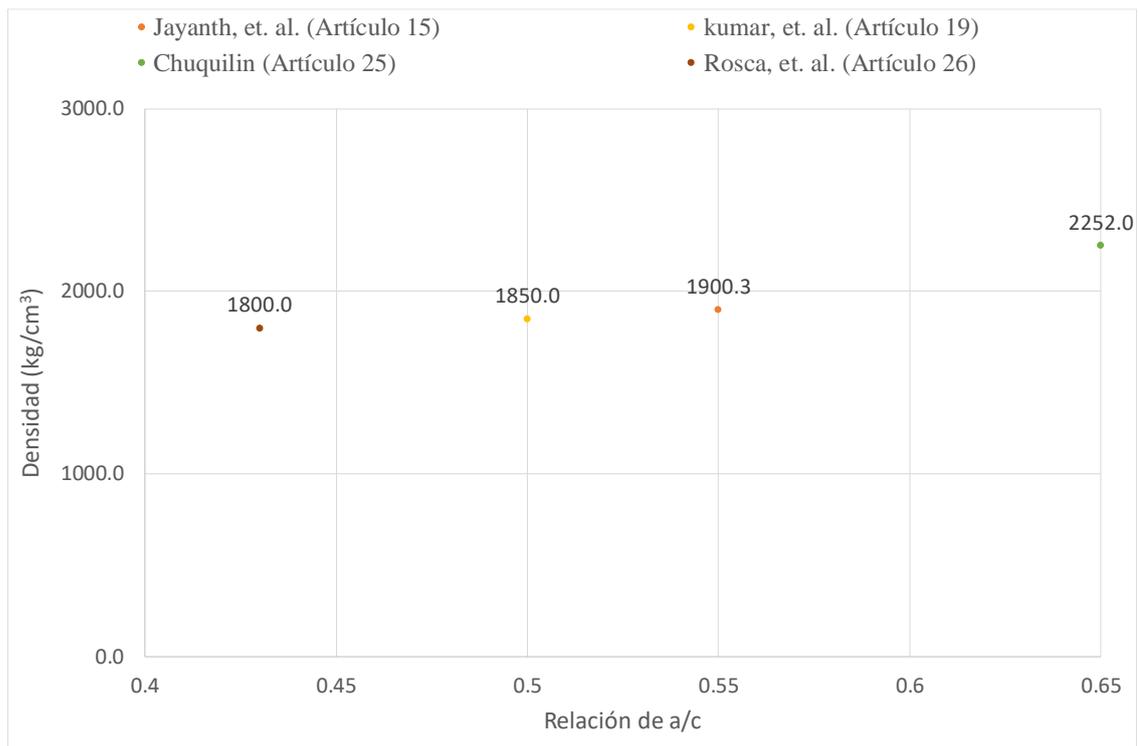


Figura 29. Relación de agua-cemento (a/c) vs. densidad, para un porcentaje del 30% de EPS.
Fuente: Elaboración propia.

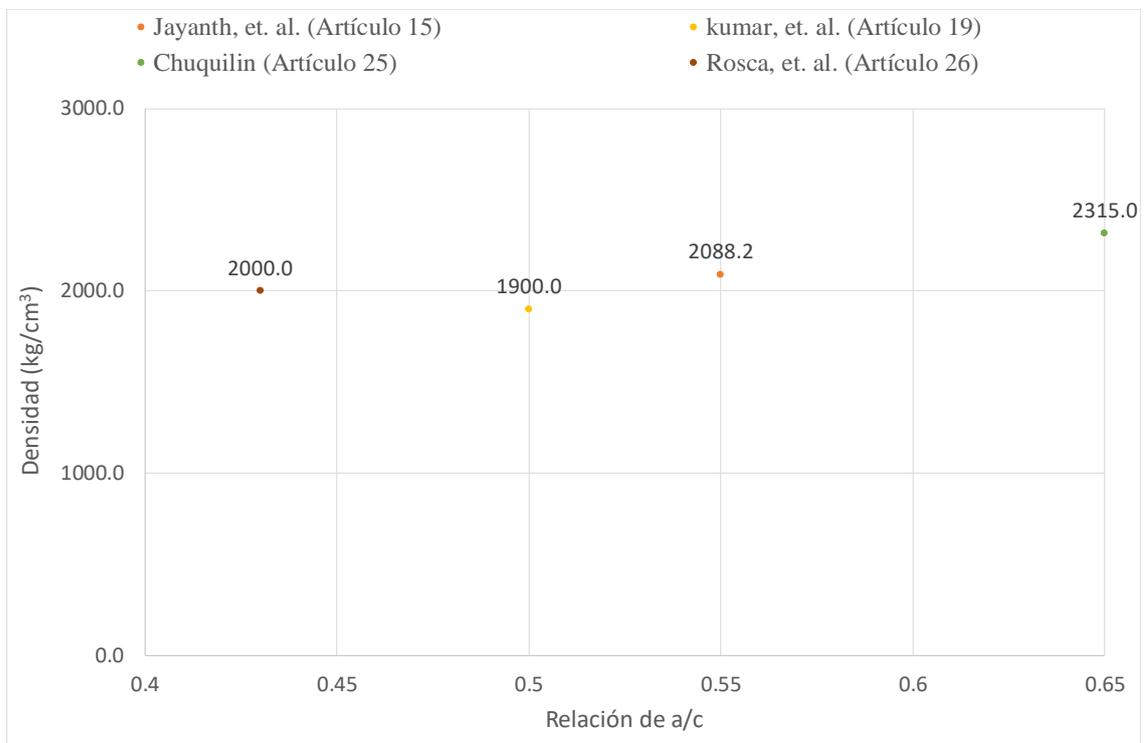


Figura 30. Relación de agua-cemento (a/c) vs. densidad, para un porcentaje de 20% de EPS.
Fuente: Elaboración propia.

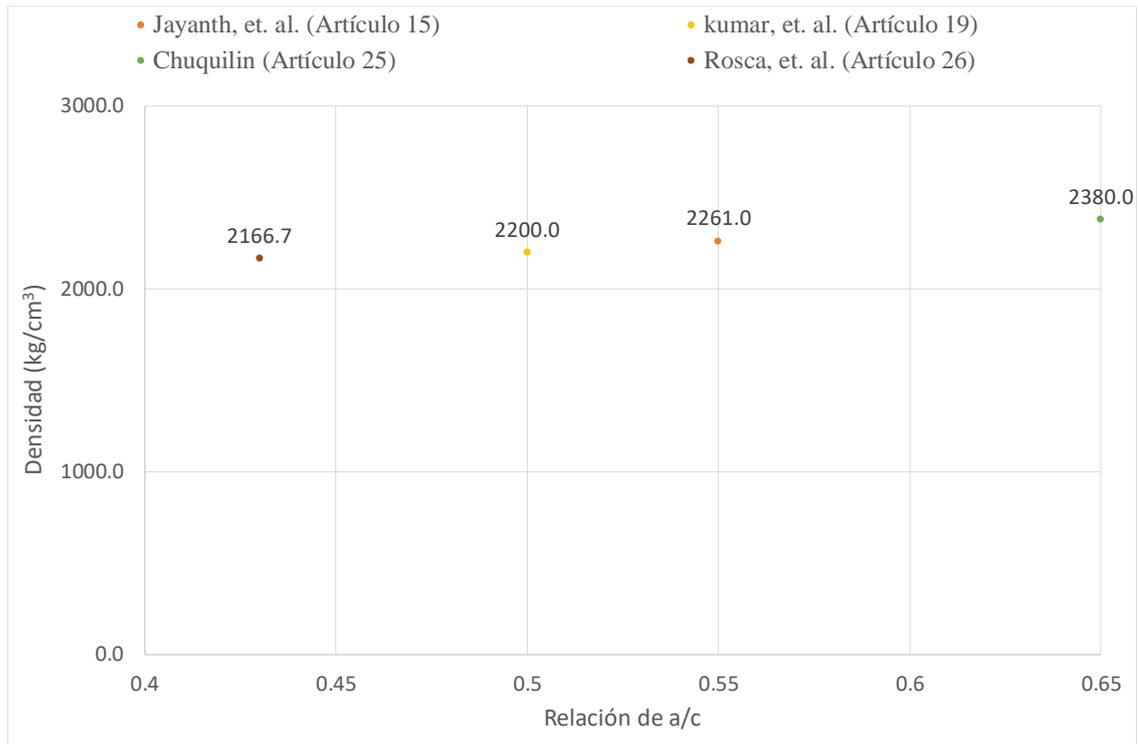


Figura 31. Relación de agua-cemento (a/c) vs. densidad, para un porcentaje de 10% de EPS.
Fuente: Elaboración propia.

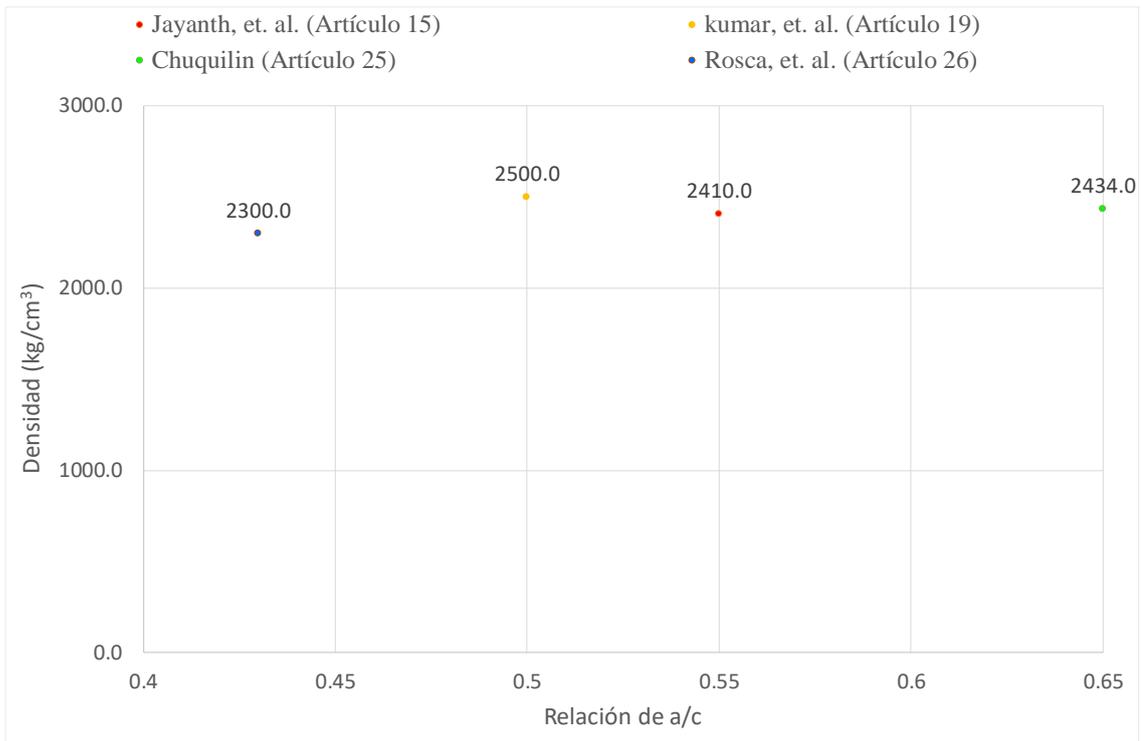


Figura 32. Relación de agua-cemento (a/c) vs. densidad, para un porcentaje de 0% de EPS.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Hipótesis específica 3: Al analizar el porcentaje de poliestireno expandido (EPS) se determina la influencia en la variación de la resistencia a la compresión del concreto liviano.

Para analizar la influencia en la variación de la resistencia a la compresión del concreto liviano, se requiere de los resultados de resistencia a la compresión dada por los diferentes autores. El planteamiento de la evaluación de hipótesis nos lleva a tener la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alterna (H_1).

Hipótesis nula (H_0): Al analizar el porcentaje de poliestireno expandido (EPS) no se determina la influencia en la variación de la resistencia a la compresión del concreto liviano.

Hipótesis alterna (H_1): Al analizar el porcentaje de poliestireno expandido (EPS) si se determina la influencia en la variación de la resistencia a la compresión del concreto liviano.

Para evaluar la tercera hipótesis específica, se tomaron los datos de la tabla 27 según la tabla 5, tabla 8, tabla 10, tablas 12, tablas 14, tablas 17, tabla 18, tabla 21 y tablas 23. Con los datos proporcionados de la tabla 27 y la figura 35 se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) porque, a medida que se va aumentando el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) de 0% a 30% la resistencia a la compresión disminuye.

Tabla 27.
Resumen de resultados del ensayo a la resistencia a la compresión.

| Artículos | Autores | Porcentaje de EPS (%) | Resistencia a la compresión (MPa) | | | a/c |
|------------|---|-----------------------|-----------------------------------|---------|---------|------|
| | | | 7 días | 14 días | 28 días | |
| Artículo 5 | Gupta Milind, Borhade Siddhi A, Kutal Payal C, Mehetre Vrushali A, Gadekar Swapnali D TupeRavisha K. | 0 | 24.64 | 34.12 | 37.53 | 0.55 |
| | | 5 | 23.46 | 32.49 | 35.74 | |
| | | 10 | 22.29 | 30.86 | 33.94 | |
| | | 15 | 21.11 | 29.23 | 32.15 | |
| | | 20 | 19.43 | 26.91 | 29.60 | |
| | | 25 | 17.76 | 24.59 | 27.04 | |
| Artículo 6 | Aasif Ahmad Ganie Shree Prakash | 30 | 16.08 | 22.26 | 24.49 | 0.50 |
| | | 0 | 14.40 | 17.95 | 23.40 | |
| | | 5 | 15.90 | 19.30 | 24.80 | |
| | | 10 | 15.50 | 16.80 | 24.23 | |
| | | 15 | 14.43 | 17.95 | 23.25 | |
| | | 20 | 14.32 | 17.83 | 23.38 | |
| | | 25 | 12.90 | 16.80 | 22.82 | |

| | | | | | | |
|----------|----------------------|----|-------|-------|-------|------|
| | | 30 | 11.48 | 15.77 | 22.26 | |
| | | 0 | 28.00 | 38.77 | 36.00 | |
| | | 5 | 26.50 | 36.69 | 33.50 | |
| Artículo | Jayanth M P | 10 | 25.00 | 34.62 | 31.00 | |
| 15 | Sowmya S M | 15 | 22.22 | 30.77 | 27.67 | 0.40 |
| | | 20 | 19.44 | 26.92 | 24.33 | |
| | | 25 | 16.67 | 23.08 | 21.00 | |
| | | 30 | 13.00 | 18.00 | 17.67 | |
| | | 0 | 17.83 | 23.54 | 26.40 | |
| | M.Gunavel | 5 | 18.41 | 21.65 | 25.98 | |
| | S. Aishwaya | 10 | 18.98 | 19.75 | 25.56 | |
| Artículo | K.Indhumathi, | 15 | 18.51 | 19.35 | 25.20 | 0.47 |
| 16 | N. Jalapriya, | 20 | 18.04 | 18.95 | 24.83 | |
| | M. Keerthi Priya | 25 | 17.57 | 18.48 | 24.27 | |
| | | 30 | 17.10 | 18.01 | 23.71 | |
| | Amar D. | 0 | 13.50 | 20.00 | 20.56 | |
| | Vandale Prasad B. | 5 | 12.53 | 18.74 | 19.08 | |
| Artículo | Waghmare | 10 | 11.55 | 17.48 | 17.59 | |
| 17 | Vikas M. | 15 | 10.66 | 15.06 | 16.24 | 0.50 |
| | Tambe | 20 | 9.77 | 12.64 | 14.88 | |
| | Vaibhav B. Kute | 25 | 8.88 | 10.22 | 13.52 | |
| | | 30 | 8.26 | 9.69 | 12.58 | |
| | | 0 | 17.98 | 18.75 | 24.56 | |
| | | 5 | 18.47 | 19.15 | 24.93 | |
| Artículo | Ram Kumar P, | 10 | 17.01 | 17.95 | 23.83 | |
| 19 | Anjan B. k, arjun V. | 15 | 17.50 | 18.35 | 24.20 | 0.50 |
| | | 20 | 17.01 | 17.95 | 23.83 | |
| | | 25 | 16.95 | 17.48 | 23.27 | |
| | | 30 | 16.89 | 17.01 | 22.71 | |
| | | 0 | 14.40 | 17.95 | 23.40 | |
| | N.Shifu Jahan | 5 | 15.50 | 18.63 | 24.10 | |
| Artículo | CH Sangitha | 10 | 15.90 | 19.30 | 24.80 | |
| 24 | | 15 | 15.50 | 16.80 | 24.23 | N.A. |
| | | 20 | 14.97 | 17.32 | 23.74 | |
| | | 25 | 14.43 | 17.83 | 23.25 | |
| | | 30 | 14.32 | 17.83 | 23.38 | |
| | | 0 | 41.00 | 40.91 | 45.00 | |
| | | 5 | 37.50 | 37.88 | 41.67 | |
| Tesis | | 10 | 34.00 | 34.85 | 38.33 | |
| 25 | Chuquilin Jorge | 15 | 30.50 | 31.82 | 35.00 | 0.65 |
| | | 20 | 25.50 | 26.36 | 29.00 | |
| | | 25 | 20.50 | 20.91 | 23.00 | |
| | | 30 | 18.75 | 19.09 | 21.00 | |
| | | 0 | 50.00 | 49.55 | 54.50 | |
| | Bogdan Rosca | 5 | 44.17 | 44.09 | 48.50 | |
| Artículo | Vladimir | 10 | 38.33 | 38.64 | 42.50 | |
| 26 | Corobceanu | 15 | 32.50 | 33.18 | 36.50 | 0.43 |
| | | 20 | 29.25 | 29.77 | 32.75 | |
| | | 25 | 26.00 | 26.36 | 29.00 | |
| | | 30 | 24.25 | 24.77 | 27.25 | |

Fuente: Elaboración propia.

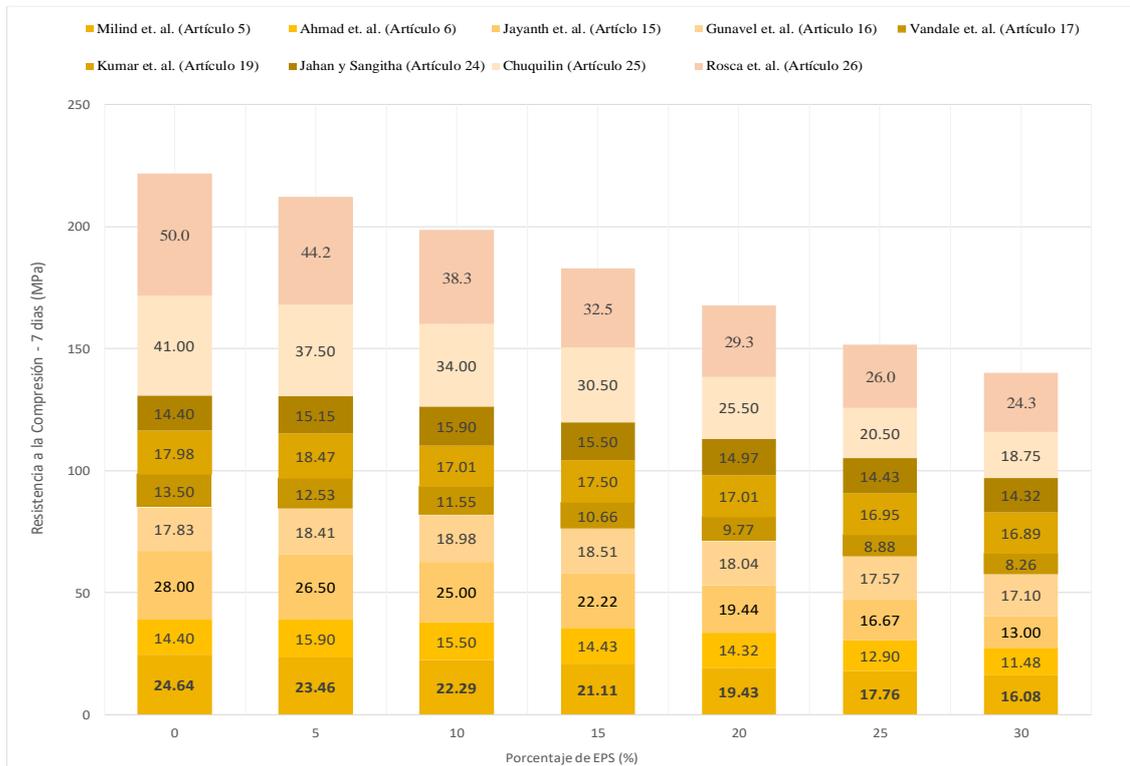


Figura 33. Resumen de resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días de curado.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 34. Resumen de resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días de curado.
Fuente: Elaboración propia.

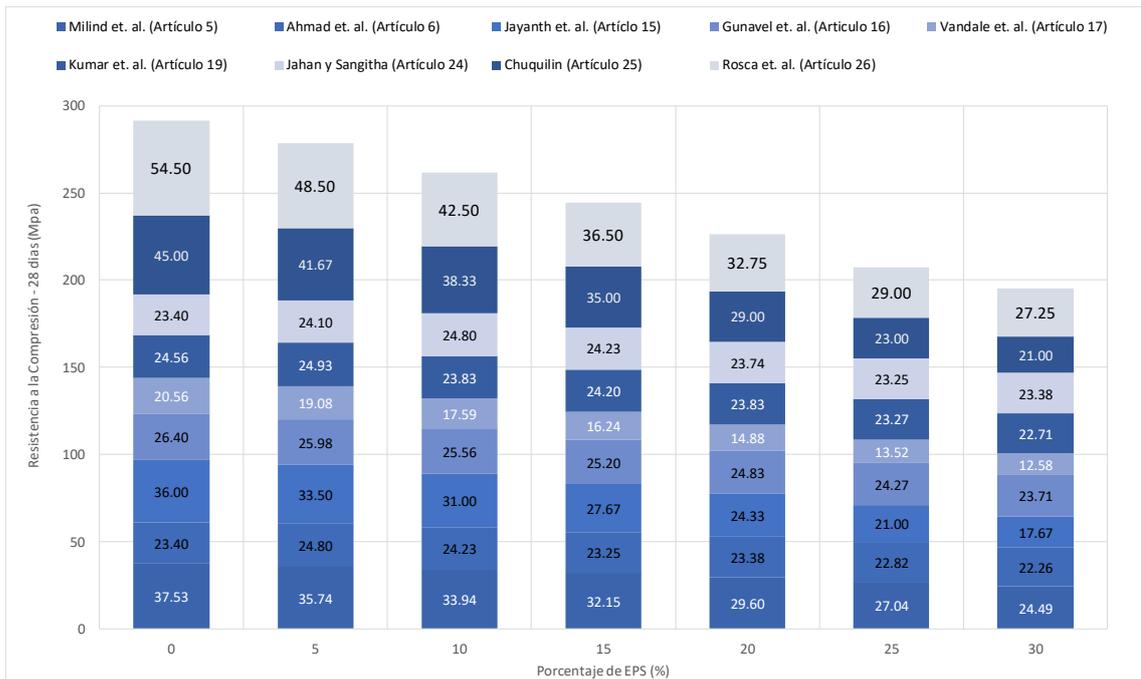


Figura 35. Resumen de resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

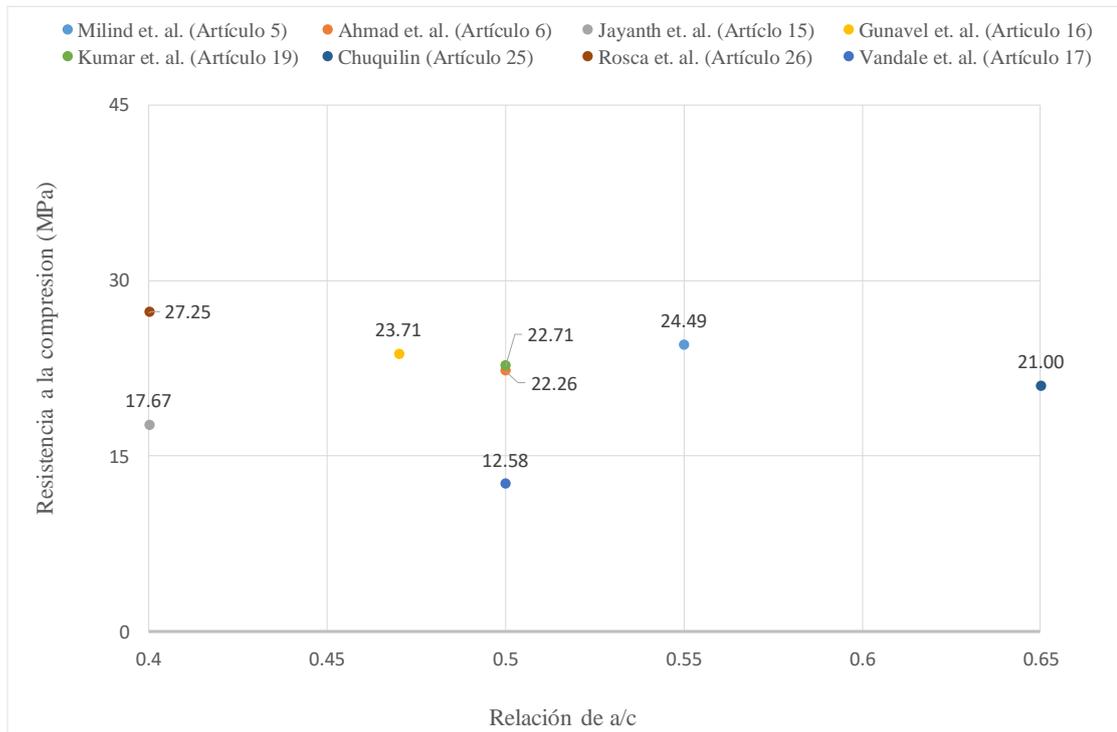


Figura 36. Resistencia a la compresión vs. la relación agua-cemento (a/c) para porcentaje de 30% de EPS. Fuente: Elaboración propia.

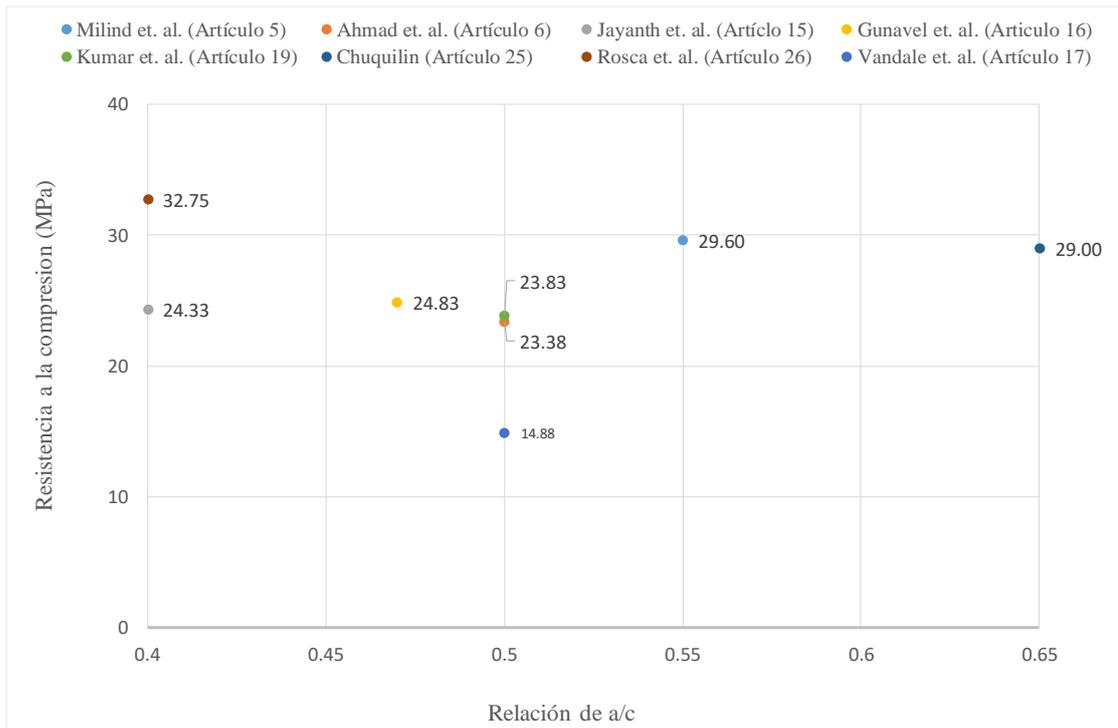


Figura 37. Resistencia a la compresión vs. la relación de agua-cemento (a/c) para porcentaje de 20% de EPS.

Fuente: Elaboración propia.

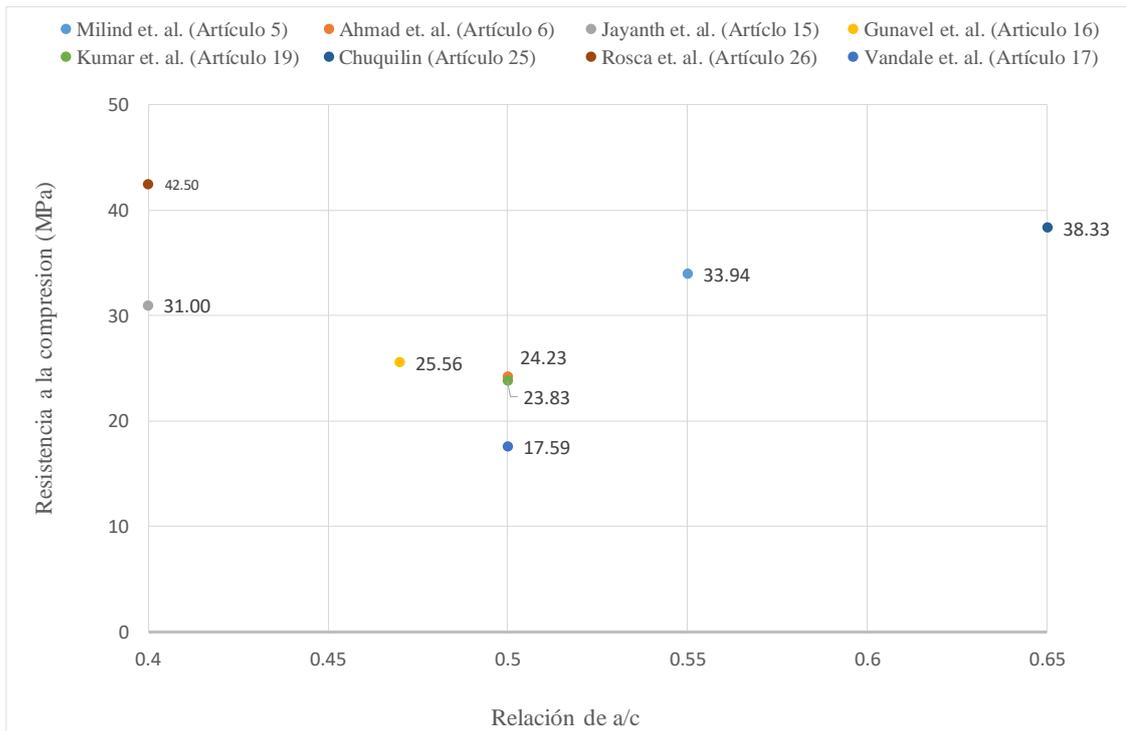


Figura 38. Resistencia a la compresión vs. la relación agua-cemento (a/c) para porcentaje de 10% de EPS.

Fuente: Elaboración propia.

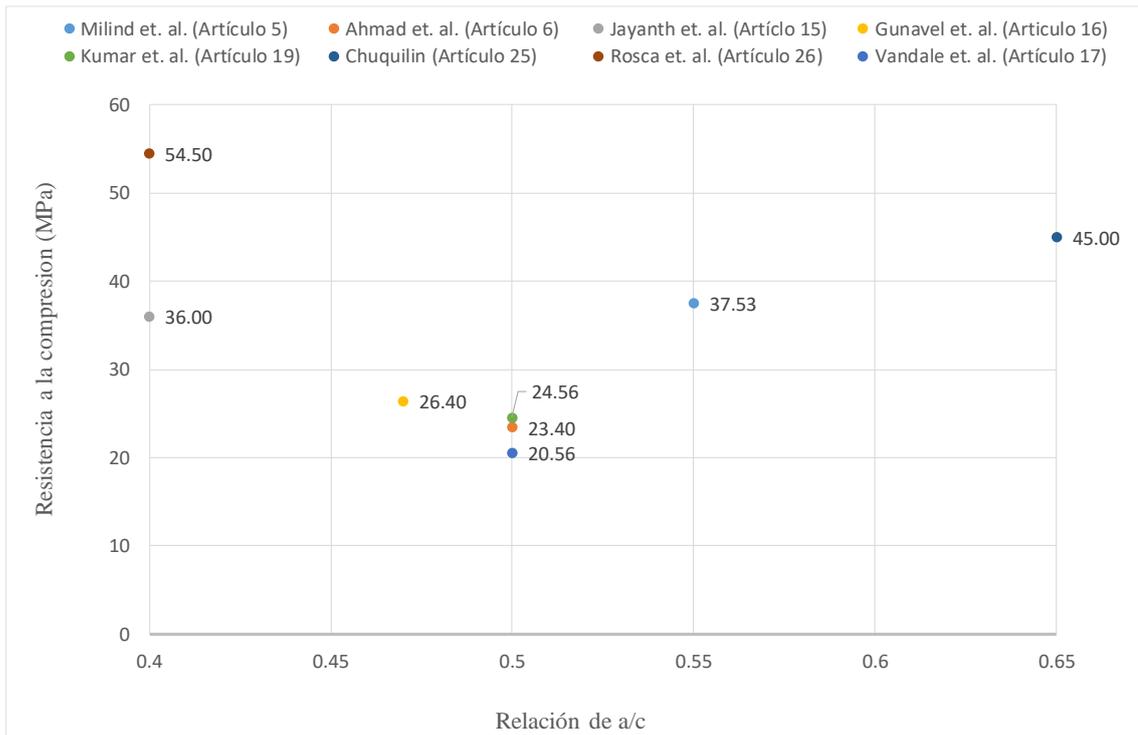


Figura 39. Resistencia a la compresión vs. la relación agua-cemento (a/c) para porcentaje de 0% de EPS.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.4 Hipótesis específica 4: Al analizar el porcentaje de poliestireno expandido (EPS) se determina la influencia en la variación de la resistencia a la tracción del concreto liviano.

Para analizar la influencia en la variación de la resistencia a la tracción del concreto liviano, se requiere de los resultados de resistencia a la tracción dada por los diferentes autores. El planteamiento de la evaluación de hipótesis nos lleva a tener la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alterna (H_1).

Hipótesis nula (H_0): Al analizar el porcentaje de poliestireno expandido (EPS) no se determina la influencia en la variación de la resistencia a la tracción del concreto liviano.

Hipótesis alterna (H_1): Al analizar el porcentaje de poliestireno expandido (EPS) si se determina la influencia en la variación de la resistencia a la tracción del concreto liviano.

Para evaluar la tercera hipótesis específica, se tomaron los datos de la tabla 27 según la tabla 3, tabla 6, tabla 11, tabla 13, tabla 15 y tabla 19.

Con los datos proporcionados de la tabla 28 y la figura 42 se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) porque, a medida que se va aumentando el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) de 0% a 30% la resistencia a la tracción disminuye.

Tabla 28.
Resumen de resultados del ensayo a la tracción.

| Artículos | Autores | Porcentaje de EPS (%) | Resistencia a la tracción (MPa) | | |
|-------------|--|-----------------------|---------------------------------|---------|---------|
| | | | 7 días | 14 días | 28 días |
| Artículo 2 | Punhita P. | 0 | 3.25 | 4.50 | 4.95 |
| | | 5 | 2.42 | 3.35 | 3.69 |
| | | 10 | 1.59 | 2.20 | 2.42 |
| | | 15 | 1.26 | 1.75 | 1.93 |
| | | 20 | 0.94 | 1.30 | 1.43 |
| | | 25 | 0.61 | 0.85 | 0.94 |
| | | 30 | 0.29 | 0.40 | 0.44 |
| Artículo 5 | Aasif Ahmad GanieGupta Milind,Borhade Siddhi A,Kutal Payal C,Mehetre Vrushali A,Gadekar Swapnali DTupeRavisha K. | 0 | 1.58 | 1.89 | 2.08 |
| | | 5 | 1.51 | 1.81 | 1.99 |
| | | 10 | 1.44 | 1.73 | 1.91 |
| | | 15 | 1.38 | 1.65 | 1.82 |
| | | 20 | 1.27 | 1.53 | 1.68 |
| | | 25 | 1.17 | 1.40 | 1.54 |
| | | 30 | 1.06 | 1.27 | 1.40 |
| Artículo 15 | Jayanth M P Sowmya S M | 0 | 3.90 | 4.80 | 5.00 |
| | | 5 | 3.50 | 4.50 | 4.95 |
| | | 10 | 3.10 | 4.20 | 4.90 |
| | | 15 | 2.85 | 4.12 | 4.54 |
| | | 20 | 2.60 | 4.03 | 4.18 |
| | | 25 | 2.35 | 3.95 | 3.82 |
| | | 30 | 2.13 | 3.27 | 3.13 |
| Artículo 16 | M.Gunavel S. Aishwaya K.Indhumathi, N. Jalapriya, M. Keerthi Priya | 0 | 2.85 | 3.56 | 3.60 |
| | | 5 | 2.62 | 3.12 | 3.39 |
| | | 10 | 2.38 | 2.67 | 3.18 |
| | | 15 | 2.11 | 2.41 | 2.97 |
| | | 20 | 1.84 | 2.15 | 2.75 |
| | | 25 | 1.67 | 2.07 | 2.60 |
| | | 30 | 1.50 | 1.98 | 2.45 |
| Artículo 17 | Amar D. Vandale Prasad B. Waghmare Vikas M. Tambe Vaibhav B. Kute | 0 | 2.95 | 4.09 | 4.50 |
| | | 5 | 2.72 | 3.76 | 4.14 |
| | | 10 | 2.48 | 3.44 | 3.78 |
| | | 15 | 2.34 | 3.24 | 3.56 |
| | | 20 | 2.20 | 3.04 | 3.35 |
| | | 25 | 2.06 | 2.85 | 3.13 |
| | | 30 | 1.92 | 2.66 | 2.93 |
| | | 0 | 3.36 | 4.65 | 5.11 |

| | | | | | |
|----------------|------------------------|----|------|------|------|
| | | 5 | 4.77 | 4.34 | 4.77 |
| | Andi Prasetyo Wibowo | 10 | 4.44 | 4.03 | 4.44 |
| Artículo 18 | Angelina Eva Lianasari | 15 | 4.10 | 3.73 | 4.10 |
| | Zaki Adhi Wiransyah | 20 | 2.47 | 3.42 | 3.76 |
| | Trevi Arga Kurniawan | 25 | 3.73 | 3.39 | 3.73 |
| | | 30 | 3.70 | 3.36 | 3.70 |
| | | 0 | 2.26 | 2.84 | 3.56 |
| | | 5 | 2.28 | 2.86 | 3.58 |
| Artículo 24 | N.Shifu Jahan | 10 | 2.30 | 2.88 | 3.60 |
| | CH Sangitha | 15 | 2.28 | 2.86 | 3.61 |
| | | 20 | 2.27 | 2.85 | 3.60 |
| | | 25 | 2.26 | 2.83 | 3.58 |
| | | 30 | 2.26 | 2.83 | 3.56 |

Fuente: Elaboración propia.

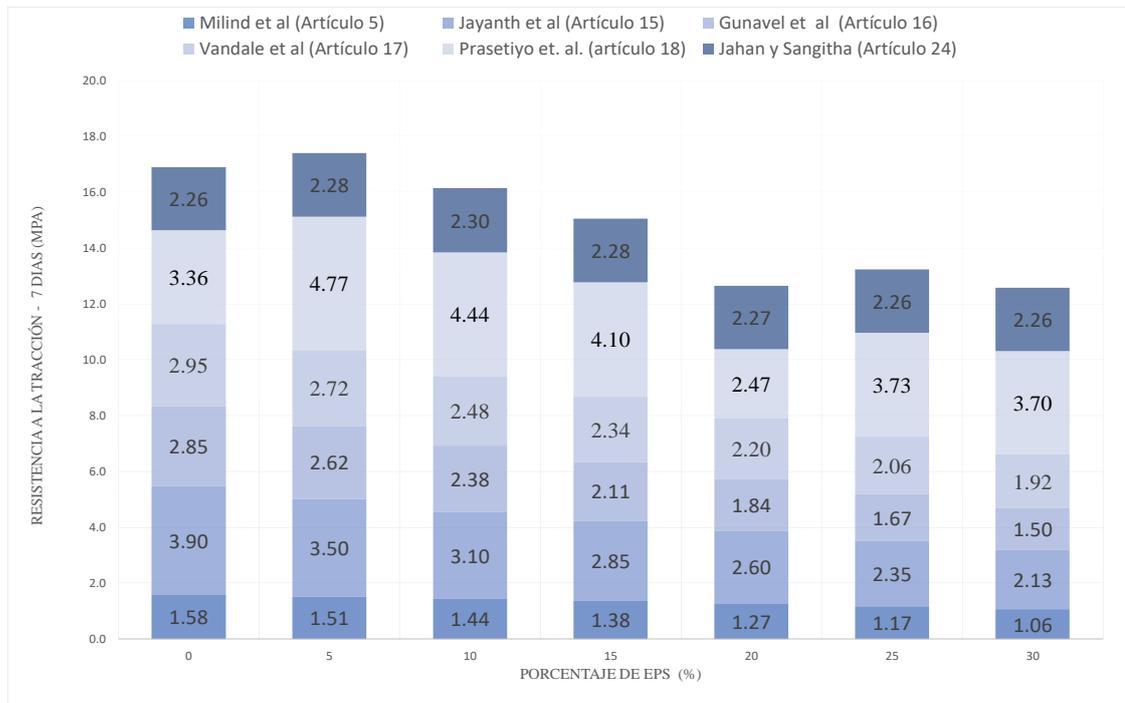


Figura 40. Resumen de resultados de la resistencia a la tracción de curados a los 7 días.
Fuente: Elaboración propia.

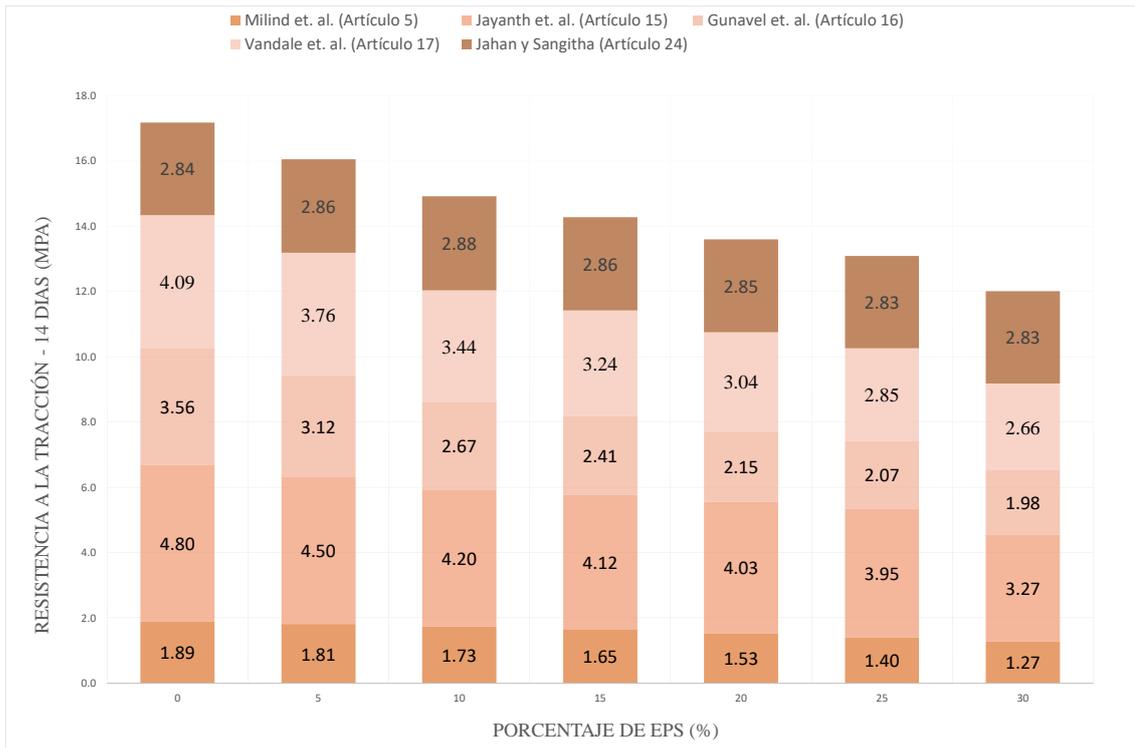


Figura 41. Resumen de resultados de la resistencia a la compresión de curado a los 14 días.
Fuente: Elaboración propia.

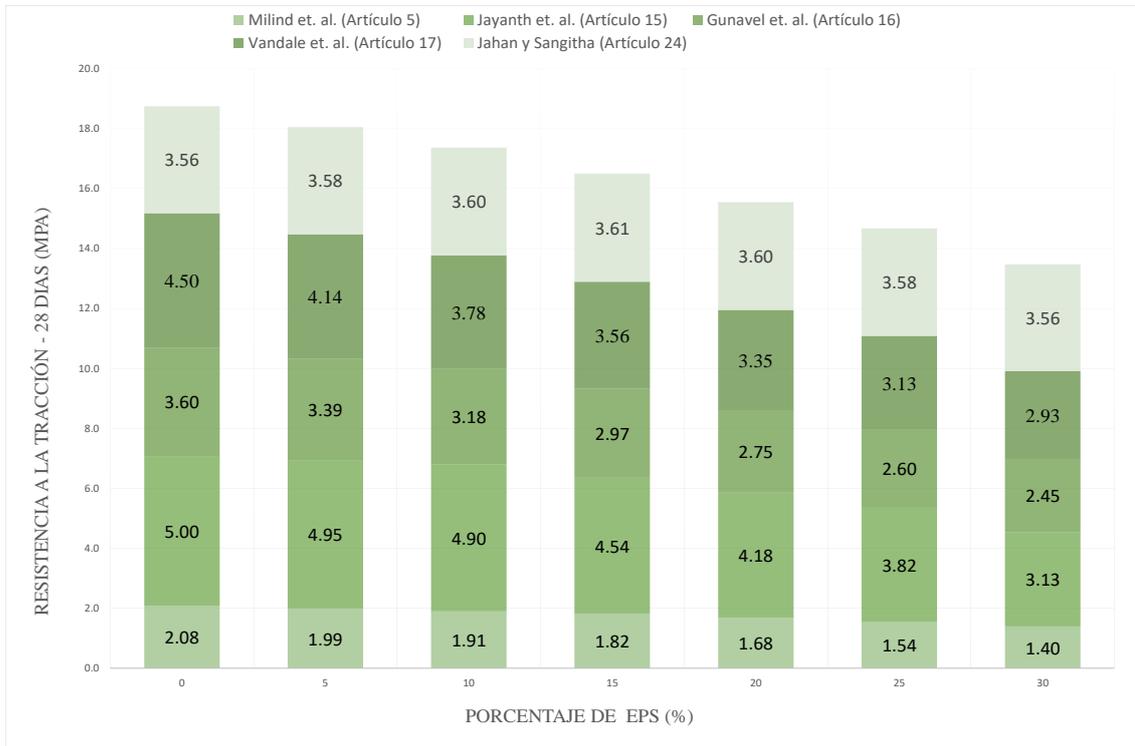


Figura 42. Resumen de resultados de la resistencia a la tracción de curado a los 28 días.
Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIONES

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis alternativa general que establece que al analizar las perlas de poliestireno expandido mejoran las propiedades físico - mecánicas del concreto liviano; ya que, existe relación de dependencia del porcentaje de las perlas de poliestireno expandido entre las propiedades físico - mecánica del concreto liviano.

Estos resultados guardan relación con la investigación de Milind et al (2018), de la Figura 3 la cual investiga la relación a/c con el asentamiento. la investigación de Ahmad y Prakash (2018) de la Figura 7 y de Chuquilin (2022) de la Figura 21, que investigan el asentamiento con la relación de a/c . El valor más alto de asentamiento es de 3.66 in (89.7 mm) de 30% de perlas de EPS con una relación de a/c de 0.65 como se muestra en la Figura 27 y Tabla 24; ya que, las perlas de EPS no absorben el agua en comparación con el agregado grueso. Además, mejoran la trabajabilidad del concreto fresco al aumentar la relación de a/c .

Según los resultados de asentamiento y la densidad de los artículos como los autores a Milind et al (2018), Ahmad et al (2018) y de la tesis por Chuquilin (2022) se pudo contrastar de la hipótesis 2, la cual menciona que los porcentajes de las perlas de poliestireno expandido (EPS) mejora la consistencia y la densidad del concreto liviano. En lo cual no concuerda con el indicador de la densidad; cabe agregar, que los resultados de la densidad van disminuyendo al aumentar más porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) como lo que indica la Tabla 25. Por otra parte, al aumentar el porcentaje de perlas de EPS; también lo hace la consistencia llamada a su vez revenimiento o “slump test”, manteniéndose homogeneidad con un mínimo de vacíos; al mismo tiempo, puede ser modificada por su variación de contenido de agua de la mezcla como figura en la Tabla 24.

Según los resultados de resistencia de los artículos que tienen como autores a Milind et al (2018), Ahmad et al (2018), Jayanth y Sowmya (2018), Gunavel et al (2020), vandale et al (2019), Kumar et al (2019), shifu et al (2020), Rosca y corobceanu (2020) y de la tesis por chuquilin (2022) reportan la disminución en la resistencia a la compresión con respecto a su patrón de 0% de perlas de EPS,

de sus muestras en el valor más bajo es de 12.58 MPa y el más alto 27.25 MPa de 30% de perlas EPS a los 28 días. cómo se indica en la Tabla 26. Asimismo, manteniendo su relación agua-cemento y variando su porcentaje de perlas de poliestireno expandido disminuye su valor. Cabe mencionar, que sucede en otras investigadoras mismo desarrollo de su disminución. Por lo tanto, no se acepta la hipótesis 3.

Según los resultados de los investigadores los artículos como los autores a Milind et al (2018), Jayanth et al (2018), Guvanel et al (2020), Vandale et al (2019) y Jahan y Sangitha (2020), se pudo contrastar de la hipótesis 4, la cual refiere que los el porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) mejora la resistencia a la tracción del concreto liviano. los resultados de la tracción van disminuyendo al aumentar más porcentaje de perlas de poliestireno expandido (EPS) como lo que indica la Tabla 27. Al igual que la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por hendimiento está fuertemente influenciada por el nivel de densidad del concreto (Figura 28). Cuanto menor sea el nivel de densidad del concreto, menor será el valor de tracción por división también se debilitará

CONCLUSIONES

1. De los artículos investigados se logró concluir que para obtener el mejor asentamiento (trabajabilidad) se debe utilizar la mayor relación agua/cemento y una mayor adición de % de perlas de EPS, de los datos obtenidos en el trabajo de investigación la mejor relación agua/cemento es de 0.55 con una adición de 30% de perlas de EPS. Con estas características, se obtuvo un asentamiento mayor a 7 in. También se logra concluir que a medida que vamos adicionando mayor % de perlas de EPS la densidad va disminuyendo, de los datos obtenidos en la investigación al adicionar el 30% de perlas de EPS se obtuvo una densidad de 1800 kg/m³. También se logra observar que la resistencia a la compresión y tracción disminuyen a medida que se va adicionando mayor porcentaje de perlas de EPS. También se logra observar que a medida que va aumentando el tiempo de curado de 7 días a 28 días van aumentando su valor. Con estas características, se obtuvo la resistencia a la compresión y tracción a los 7 días, 14 días y 28 días de curado y una adición de 30% de perlas de EPS 24.5 MPa y de 2.26 MPa, 24.67 MPa, 2.83 MPa y 27.25 MPa, 3.56 MPa respectivamente.
2. De los artículos investigados se logró concluir que para obtener el mejor asentamiento (trabajabilidad) se debe utilizar la mayor relación agua/cemento y una mayor adición de % de perlas de EPS en la mezcla de concreto, de los datos obtenidos en el trabajo de investigación la mejor relación agua/cemento es obtenido por el autor Milind et. al de 0.55 con una adición de 30% de perlas de EPS obtenido un valor de 7.24 in. En cambio, el autor Amhat et al. con una relación de agua/cemento 0.50 con una adición de 30% de perlas de EPS obtiene un valor de 3.43 in.
3. De los artículos investigados se logró concluir que el asentamiento (trabajabilidad) va aumentando a medida se va adicionando los % de perlas de EPS. Con estas características los autores Milind et al., Ahmad et al. y Chuquilin al adicionar 0% de perlas de EPS obtuvieron los valores 3.35in, 2.36 in y 3.15 in respectivamente; pero al adicionar 30% de perlas de EPS obtuvieron los valores 7.24 in, 3.43 in y 3.66 in respectivamente. Con respecto a la densidad se logró concluir que a medida que se va adicionando los % de perlas de EPS la densidad va disminuyendo. Con estas características los autores Jayanth et al, Ran et al, Chuquilin y Gunavel et al. al adicionar 0% de perlas de EPS y analizados a los 28 días obtuvieron los valores de

2410 Kg/m³, 2500 kg/m³, 2434 kg/m³ y 2300 kg/m³ respectivamente pero al adicionar 30% de perlas de EPS obtuvieron valores de 1900.3kg/m³, 1850.0kg/m³, 2252kg/m³ y 1800kg/m³; con estos resultados se logra concluir que los únicos autores que logran obtener una densidad menor a 2200 kg/m³ para ser considerados como concreto liviano son Jayanth et al. a partir de adicionar 15% de perlas de EPS, Ran et. al, a partir de adicionar el 15 % de perlas de EPS y Gunavel et al. a partir de adicionar el 10% de perlas de EPS cuyos valores son 2174.6kg/m³, 2050kg/m³ y 2100kg/m³.

4. De los artículos investigados se logró concluir que la resistencia a la compresión va disminuyendo a medida que se va aumentado los % de perlas de EPS en la mezcla de concreto. También se logra concluir que a medida que los días de curado aumentan los valores de su resistencia a la compresión también aumentan. Con estas características a los 7 días de curado y al adicionar 5% de perlas de EPS en la mezcla los autores Bogdan et. al y Amar et. al obtuvieron los valores 44.17 MPa y 12.53 MPa respectivamente. También se observa que a los 7 días de curado y con una adición de 30 % de perlas de EPS los mismos autores obtuvieron los valores 24.25 MPa y 8.26 MPa respectivamente. También con estas características a los 28 días de curado y al adicionar 5% de perlas de EPS en la mezcla los autores Bogdan et al y Amhad et al obtuvieron los valores 48.50 MPa y 24.80 MPa respectivamente. También se observa que a los 28 días de curado y con una adición de 30 % de perlas de EPS los mismos autores obtuvieron los valores 27.25 MPa y 22.26 MPa respectivamente.

5.

De los artículos investigados se logró concluir que la resistencia a la tracción va disminuyendo a medida que se va aumentado los % de perlas de EPS en la mezcla de concreto. También se logra concluir que a medida que los días de curado aumentan los valores de su resistencia a la tracción también aumentan. Con estas características a los 7 días de curado y al adicionar 5% de perlas de EPS en la mezcla los autores Prasetiyo et al y Amhat et al. obtuvieron los valores 4.77 MPa y 1.51 MPa respectivamente. También se observa que a los 7 días de curado y con una adición de 30 % de perlas de EPS los mismos autores obtuvieron los valores 3.70 MPa y 1.06 MPa respectivamente. También con estas características a los 28 días de curado y al adicionar 5% de perlas de EPS en la mezcla los autores Prasetiyo et al y Amhad et al

obtuvieron los valores 4.77 MPa y 1.99 MPa respectivamente. También se observa que a los 28 días de curado y con una adición de 30 % de perlas de EPS los mismos autores obtuvieron los valores 3.70 MPa y 1.40 MPa respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Para lograr una consistencia fluida con un asentamiento en el rango de 6” a 7” en la mezcla de concreto liviano con adición de % de perlas de EPS se debería utilizar algún aditivo superplastificante especialmente para las mezclas que contiene una relación agua/cemento de 0.50 y 0.47.
- Analizar con mucho detenimiento el tema de la densidad del concreto liviano con adición de % de perlas de EPS debido ya que en su mayoría se le considera como concreto no estructural; sin embargo, si se modifica el diseño de mezcla con algún aditivo o superplastificante se puede obtener una densidad idónea requerida para la aplicación como concreto estructural.
- Uso del concreto liviano con adición de diferentes % de perlas de EPS en elementos estructurales para los diseños que superan la resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y no estructurales para los diseños que no superan la resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Proponer una ecuación donde relaciona el esfuerzo a la compresión con el esfuerzo a la tracción para así estimar el valor del esfuerzo a la tracción en concretos livianos con adición de % de perlas de EPS.
- A los futuros investigadores orientar sus investigaciones experimentales en la evaluación de la influencia del % de perlas de EPS en el concreto liviano especialmente en el tema del aislamiento térmico del concreto liviano para las zonas altoandinas y del oriente donde la temperatura juega un rol muy importante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aasif , G y Prakash, S. (2018). *International Journal For Technological Research In Engineering*, 5(11), 2347-4718. Obtenido de <https://ijtre.com/wp-content/uploads/2021/10/2018051149.pdf>
- Álvarez, M. y. (2019). Diseño de Unidades de albañilería de Concreto Liviano a Base de Poliestireno Expandido. *Tesis de investigacion*. Universidad César Vallejo, Piura.
- Arboleda, K., & Salazar, D. (2020). Diseño de concreto liviano mediante adición de poliestireno para observar su resistencia y funcionalidad a diferentes porcentajes. *Tesis de investigación*. Universidad Libre Seccional Pereira, Pereira, Colombia. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/22473/MD0063.pdf?sequence=1>
- Avalos, K. (2020). Influencia del superplastificante y poliestireno expandido en un concreto ligero en losas sobre, conductividad acústica, asentamiento y compresión. *Tesis de investigación*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/16824/Avalos%20Gonzalez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chen, B. y Liu, J. (s.f.). Mechanical properties of polymer-concretes containig expanded polystyrene beads. *Construction and Buiding Materials*, 21(1), 7-11.
- Khatib,J., Herki, B. y Elkordi, A. (2019). haracteristics of concrete containing EPS. En *Use of Recycled Plastics in Eco-efficient Concrete* (págs. 137-165). Charlotte Rowley. doi:10.1016/B978-0-08-102676-2.00007-4
- Lituma, M., & Zhunio, C. (2015). Influencia de las perlas de poliestireno expandido(EPS) en el peso y en la resistenciua a la compresion del hormigon. *Tesis de Grado*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23112/1/Tesis.pdf>
- Moon,A., Selokar, L., Patle, A., Bhoyar, D., Kowale, S. y Quazi, S. (2020). Lightweight Concrete Using Eps Beads. *International Research Journal of Engineering and*

Technology (IRJET), 7, 2345-2351. Obtenido de <https://www.irjet.net/archives/V7/i7/IRJET-V7I7416.pdf>

Peréz, T., & Flores, F. (2019). Influencias de los aditivos incorporados de aire y superplasticante en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento- arena liviano, elaboración con perlas de poliestireno expandido y agregado fino. *Tesis de Investigación*. Universidad Científica del Perú, Iquito. Obtenido de http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/802/PEREZ_FLORES_TESIS_TITULO_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Poma, M. (2020). Evaluación de la influencia de las Perlas de Poliestireno Expandido (EPS). *Tesis de investigación*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco. Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1854/1/T026_72660271_T.pdf

Punitha, P. (2019). Partial Replacement of Course Aggregate by Expanded Polystyrene. *International Journal of Scientific Research and Reviews*, 8(2), 01-10. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj11OTDjOX6AhWhrZUCHU00D0cQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ijssr.org%2Fdown_2544.php&usg=AOvVaw2ZsDaMmkGaEe6O3A8Z4_EI

Ram, P., Anjan, K. y Arjun, V. (2019). Assessment of lightweight concrete using. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(8), 3234-3237. Obtenido de <https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v8i8/H7220068819.pdf>

Rodriguez, H. (2017). Concreto Liviano a Base de Poliestireno Expandido Para La Prefabricación de Unidades de Albañilería No Estructural - Cajamarca. *Tesis de investigación*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <https://docplayer.es/95958734-Universidad-nacional-de-cajamarca.html>

Vakhshouri, B. y Nejadi, S. (2017). Revisión sobre el diseño de mezclas y propiedades mecánicas del concreto liviano. *Australiana de Ingeniería Estructural*, 19(1), 1-23. doi:10.1080/13287982.2017.1353330

- Vandale, A., Waghmare, P., Tambe, V., y Kute, V. (2019). Making of lightweight concrete by using EPS beads as replacement of coarse aggregate. *International Journal for Scientific Research & Development*, 7(3), 828-832. Obtenido de <https://www.irjet.net/archives/V7/i8/IRJET-V7I8507.pdf>
- Vera, I. (2018). Diseño de un concreto liviano con Poliestireno expandido para la ejecución de losas en el asentamiento humano amauta. (*Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil*). Universidad Ricardo Palma, Lima-Ate. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/1636/TESIS%20VERA%20PULIDO.pdf?sequence=1>
- Villarreal, G. y. (2019). *Análisis comparativo de las propiedades físico -mecánicas de un hormigon aliviado con poliestireno expandido con relación a un hormigon de peso normal*. Ponteficie Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.
- Wu, Z., Zhang, Y., Zheng, J., y Ding, Y. (2009). An Experimental Study on the Workability of. *Construction and Building Materials*, 23(5), 2087-2092. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.08.023>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

| Problema general | Objetivo general | Hipótesis general | Variable independiente | Indicadores | Índices | Instrumentos |
|---|--|--|---|---|---|--|
| De qué manera las perlas de poliestireno expandido mejoran en las propiedades físico – mecánicas del concreto liviano | Analizar las perlas de poliestireno para mejorar en las propiedades físico – mecánicas del concreto liviano | Al analizar las perlas de poliestireno expandido mejoran en las propiedades físico – mecánicas del concreto liviano. | Perlas de poliestireno expandido | Porcentaje de perlas de poliestireno expandido. Relación a/c | Diseño de mezcla de concreto liviano con diferentes porcentajes de poliestireno expandido y la relación a/c | Tesis nacionales Tesis internacionales Artículos científicos |
| Problemas específicos | Objetivos específicos | Hipótesis específicas | Variable dependiente | Indicadores | Índices | Instrumentos |
| a) ¿Cuál es la relación a/c para mejorar la trabajabilidad de un concreto liviano? | a) Analizar la relación a/c para mejorar la trabajabilidad de un concreto liviano. | a) Al analizar la relación a/c mejora la trabajabilidad de un concreto liviano. | Propiedades físico – mecánicas del concreto liviano | Trabajabilidad | Ensayo de asentamiento con el cono de Abrams | NTP 339.035 |
| b) ¿En qué medida el porcentaje de perlas de poliestireno expandido mejora la consistencia y densidad del concreto liviano? | b) Analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido para mejorar la consistencia y densidad del concreto liviano | b) Al analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido mejora la consistencia y densidad del concreto liviano. | | Consistencia Densidad | Ensayo de asentamiento con el cono de Abrams Ensayo de densidad (Peso Unitario) | NTP 339.035 NTP 339.046 |
| c) ¿En qué medida el porcentaje de perlas de poliestireno expandido mejora la resistencia a la compresión del concreto liviano? | c) Analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido para mejorar la resistencia a la compresión del concreto liviano | c) Al analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido mejora la resistencia a la compresión del concreto liviano. | | Resistencia a la compresión. | Ensayo de resistencia a la compresión | NTP 339.034 |
| d) ¿En qué medida el porcentaje de perlas de poliestireno expandido mejora la resistencia a la tracción del concreto liviano? | d) Analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido para mejorar la resistencia a la tracción del concreto liviano | d) Al analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido mejora la resistencia a la tracción del concreto liviano. | | Resistencia a la tracción. | Ensayo de resistencia a la tracción | NTP 339.078 |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Matriz de subtemas – Justificación – Objetivos específicos

| SUBTEMAS (Indicadores) | Definición/ Justificación del subtema / delimitación temporal (si aplica) | Objetivo |
|--------------------------------|---|--|
| Trabajabilidad | Se denomina a la propiedad que otorga la facilidad, en un hormigón recién mezclado de trabajar. Esta propiedad se puede ver afectado por los valores empleados en la relación a/c y la inclusión de aditivos. | Analizar la relación a/c para mejorar la trabajabilidad de un concreto liviano. |
| Consistencia Densidad | Está determinada por el grado de humedecimiento, principalmente por el contenido de agua en la mezcla. Es la relación entre el peso (masa) de una sustancia y el volumen que ocupa (esa misma sustancia). Entre las unidades de masa más comúnmente utilizadas están kg/m ³ | Analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido para mejorar la consistencia y densidad del concreto liviano |
| Resistencia a la compresión | Esta resistencia es la capacidad que tiene el hormigón de soportar una carga por unidad de área. Es la principal característica mecánica del concreto. La unidad de medida más empleado son MPa y Kg/cm ² . | Analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido para mejorar la resistencia a la compresión del concreto liviano. |
| Resistencia a la tracción | Esta resistencia es el máximo esfuerzo de tracción al que puede ser sometida una probeta, luego de superar esta resistencia se produce su rotura. La unidad de medida más empleado son MPa y Kg/cm ² . | Analizar el porcentaje de perlas de poliestireno expandido para mejorar la resistencia a la tracción del concreto liviano |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Matriz de generalidades de investigaciones consultadas

| Título | Autores | Subtemas | Año | Link |
|---|---|--|------|---|
| Physical and Mechanical Properties of Expanded Polystyrene Lightweight Aggregate Concrete | Abdel Nader Khalil Aldabar, Osama Mohamed Khalifa, Abdulmutaleb Ahmidan | Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción. Resistencia a la flexión | 2020 | https://www.bibliomed.org/fulltextpdf.php?mno=111785 |
| Partial Replacement of Course Aggregate by Expanded Polystyrene Beads in Concrete | Punitha P | Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción. Resistencia a la flexión | 2019 | |
| Structural Use of Expanded Polystyrene Concrete | Adeniran Jolaade Adeala Olugbenga Babajide soyemi | Analisis Granulo metrico. Slump Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción Resistencia a la flexión. | 2020 | https://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/vol17-issue4/Series-4/G1704044252.pdf |
| Partial Replacement Coarse Aggregate by EPS | Rajesh Verma Ms. Nikita Jain | Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción Resistencia a la flexión. | 2020 | https://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/vol17-issue4/Series-4/G1704044252.pdf |
| Mechanical properties of concrete with partial replacement of coarse aggregate with expanded polystyrene (eps) beads. | Gupta Milind R , Borhade Siddhi A , Kutal Payal C, Mehetre Vrushali A, Gadekar Swapnali D, Tupe Ravisha K | Peso Unitario Slump Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción | 2018 | http://ijariie.com/FormDetails.aspx?MenuScriptId=107533 |
| Light weight concrete (partial replacement of coarse aggregate using polystyrene beads) | Aasif Ahmad Ganie, Shree Prakash | Slump Resistencia a la compresión. | 2018 | https://ijtre.com/wp-content/uploads/2021/10/2018051149.pdf |

| | | | | |
|--|---|--|------|---|
| Styrofoam as Partial Substitution of Fine Aggregate in Lightweight Concrete Bricks | Mochamad Solikin and Naufal Ikhsan | Slump Densidad Absorción de Agua Resistencia a la compresión. Resistencia a la flexión | 2018 | https://doi.org/10.1063/1.5042961 |
| High content Styrofoam as partial substitution for fine aggregate in SCC lightweight concrete brick | Mochamad Solikin, Redy Widiyanto, Ali Asroni, Budi Setiawan and Muhammad Noor Asnan | Slump Densidad Absorción de Agua Resistencia a la Compresión. | 2019 | https://doi.org/10.1063/1.5112426 |
| The relationships between compressive strength and density of polystyrene lightweight concrete and their component ratios | Mohammed Salman Al-lami1 Emad Abdul-Majeed Al-saadi | Densidad Resistencia a la Compresión. | 2021 | https://doi.org/10.5937/jaes0-27471 |
| Producing a sustainable type of concrete enhanced by industrial polystyrene | Faaeza Ahmed Zainnab Bahaa Ali Sadiq Ahmed abdul | Slump Densidad Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción | 2020 | http://ijrtm.com/iotg/sites/default/files/4_0.pdf |
| Mechanical properties of recycled eps concrete | Hasan Jasim Mohammed | Slump Densidad Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción Slump Contenido de aire | 2020 | https://www.researchgate.net/publication/342424798 |
| An investigation on the physical, mechanical and thermal properties of dune sand mortars lightened by expanded polystyrene beads (EPS) | Ouided Herihiri, Abdelhamid Guettala, Benchaa Benabed | Densidad Resistencia a la compresión. Resistencia a la flexión Módulo de elasticidad Porosidad | 2020 | https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2021.6 |
| An Investigation on theUse of Expanded Polystyrene as a Partial Replacement of Fine Aggregate in Concrete | U. T. Igba1, *S. O. Ehikhuenmen2, S. O. Oyebisi3 and N.O. Oloyede1 | Slump Densidad Resistencia a la compresión. | 2020 | https://www.researchgate.net/publication/344046714 |
| Physical properties of polystyrene lightweight concrete | | Densidad Resistencia a la compresión. | 2017 | http://cementwapnobeton.pl/pdf/2017/2017_6/Parastesh-6-2017.pdf |

| | | | | |
|--|---|---|------|---|
| | Hossein Parastesh, Mohammad Rezaeian Pakizeh, Ali Mazinani | | | |
| Experimental study on replacement of coarse aggregate by EPS beads in concrete to achieve lightweight con... | Jayanth M P, Sowmya S M | Slump Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción. Resistencia a la flexión | 2018 | https://www.irjet.net/archives/V5/i7/IRJET-V5I7106.pdf |
| Proportioning of Lightweight Concrete by the Inclusion of Expanded Polystyrene (EPS) | M. GunavelS. Aishwarya, K. Indhumathi, N. Jalapriya, M. Keerthi Priya | Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción. Resistencia a la flexión | 2020 | https://www.ijert.org/research/proportioning-of-lightweight-concrete-by-the-inclusion-of-expanded-polystyreneeps-IJERTV9IS020368.pdf |
| Making of Lightweight Concrete by using EPS Beads as Replacement of Coarse Aggregate | Amar D. Vandale1 Prasad B. Waghmare2 Vikas M. Tambe3 Vaibhav B. Kute4 | Densidad Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción Absorción de agua | 2019 | http://www.ijerd.com/articles/IJSRDV7I30589.pdf |
| The strength and water absorption of heated expanded polystyrene beads lightweight-concrete | Andi Prasetyo Wibowo, Angelina Eva Lianasari, Zaki Adhi Wiransyah M. andTrevi Arga Kurniawan | Densidad Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción Absorción de agua Módulo de elasticidad | 2021 | https://geomatejournal.com/geomate/article/view/733/608 |
| Assessment of Lightweight Concrete Using Expanded Polystyrene Beads | Ram kumar P, Anjan B. K, Arjun V | Densidad Resistencia a la compresión. | 2019 | https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v8i8/H7220068819.pdf |
| Light weight concrete using eps | Jaydeep Singh, Sangeeta Dhyani | Slump Densidad Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción. Resistencia a la flexión | 2017 | http://ijrtm.com/iotg/sites/default/files/4_0.pdf |
| Engineering properties of concrete with polystyrene granules | Costin Cadere Marinela Barbuta Bogdan Rosca Adrian Serbanoiu Andrei Burlacu Irina Oancea | Densidad Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción. Resistencia a la flexión | 2017 | https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.044 |
| Experimental Study on Properties of Concrete by using Expanded Polystyrene Beads (EPS) as a | Prabhunath B. Kulkarni, Prof.G.N.Shete | Slump Resistencia a la compresión. Resistencia a la flexión | 2022 | https://www.irjet.net/archives/V5/i7/IRJET-V5I7106.pdf |

Partial Replacement of Coarse Aggregate

| | | | | |
|--|--|---|------|---|
| Lightweight concrete using recycled expanded polystyrene beads | Ankur Tayal ¹ , Gaurav Gupta ² , Praveen Choudhary ³ , Tarun Tomar ⁴ , Nikhil Kumar ⁵ , Sneha Mittal ⁶ | Densidad Resistencia a la compresión. Aislamiento térmico | 2018 | https://www.irjet.net/archives/V5/i5/IRJET-V5I519.pdf |
| Partial replacement of coarse aggregate by expanded polystyrene beads in concrete | N.Shifu Jahan, CH Sangitha | Resistencia a la compresión. Resistencia a la tracción | 2020 | |
| Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas. | Chuquilin Garcia Jorge Alex | Asentamiento Peso Unitario Resistencia a la compresión | 2018 | https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14821 |
| Structural grade concrete containing expanded polystyrene beads with different particle distributions of normal weight aggregate | Bogdan Rosca Vladimir Corobceanu | Densidad Resistencia a la compresión | 2020 | http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.517 |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4: Características típicas del Poliestireno Expandido reportado en las investigaciones consultadas.

| Referencia | Poliestireno Expandido (Tipo) | Densidad (kg/m ³) | Gravedad específico | Diámetro (mm) |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------|
| Prabhunath y Shete (2022) | EPS | 18.0 | 0.018 | 2.0 – 8.0 |
| Mohammed y Emad (2021) | EPS | 22.4 | - | - |
| Prasetiyo et al. (2021) | EPS | 5.6 | - | 5.0 |
| Khalil et al. (2020) | EPS | 20 - 50 | - | 2.0 – 3.0 |
| Adeala y Soyemi (2020) | EPS Reciclado | 10.57 | - | - |
| Verma y Jain (2020) | EPS Reciclado | 11 -32 | - | - |
| Jasim y Khaleefah (2020) | EPS Reciclado | 14 | - | 2.36 – 20.0 |
| Herihiri et al. (2020) | EPS Reciclado | 28 | - | 1.5 – 4.0 |
| Igba et al. | EPS | - | - | 1.0 – 3.0 |
| Gunavel et al. (2020) | EPS | - | 0.044 | 2.0 – 3.0 |
| Shifu y Sangitha (2020) | EPS Reciclado | 60 | - | 20.0 |
| Rosca y Corobceanu (2020) | EPS | 20 | - | 3.0 - 6.0 |
| Faesa et al. (2020) | EPS | - | - | 3.8 – 7.2 |
| Punhita (2019) | EPS | - | - | - |
| Solikin et al. (2019) | EPS | 15 | - | 2.0 – 3.0 |
| Vandale et al. (2019) | EPS | 18 | - | 6.0 – 8.0 |
| Kumar et al. (2019) | EPS | - | 0.046 | 2.0 – 3.0 |
| Milin et al. (2018) | EPS | 14 | 0.014 | 10.0 |
| Ahmad y Prakash (2018) | EPS | 13 | - | 1.1 – 2.4 |
| Solikin y Ikhsan (2018) | EPS | 7 | - | 3.0 – 6.0 |
| Jayanth y Sowmya (2018) | EPS | 11 | - | 134 |
| Tayal et al. (2018) | EPS Reciclado | - | - | - |
| Chuquilin (2018) | EPS | - | - | - |
| Parastesh et al. (2017) | EPS | 15 | - | 6.0 |
| Cadere et al. (2017) | EPS | - | - | 4.0 – 8.0 |
| Singh y dhyani (2017) | EPS Reciclado | - | - | 3.6 |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5: Norma Técnica peruana

- NPT 339.078: CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas.
- NTP 339.046: Método de Ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).
- NTP 339.035: Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.
- NTP 339.034: HORMIGO. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.
- NTP 339.084: CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por la compresión diametral de una probeta cilíndrica.
- NTP 399.604: Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
- NTP 400.037:2014 Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.
- NTP 400.037:2018 Agregados. Agregados para concreto. Requisitos.
- NTP 399.601. Unidades de Albañilería. Ladrillos de concreto.
- NTE. E060: Concreto Armado.

Anexo 6: Norma Técnicas Internacionales

- ASTM C143: *Standard test method for slump of hydraulic- cement Concrete.*
- ASTM C39/ C39M: *Método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de*
- ASTM C33: *Standard specification for concrete aggregates.*
- ASTM C348-14: *standard test method for flexural strength of hydraulic-cement mortars*
- ASTM C78/C78M-22: *standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading)*
- ASTM C349-18: *standard test method for compressive strength of hydraulic-cement mortars (using portions of prisms broken in flexure).*
- ASTM C293/C293M-16: *standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with center-point loading)*
- ASTM C78/C78M-22: *standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading)*
- ASTM C496/C496M-17: *standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens.*
- ASTM C109/C109M-21: *standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (using 2-in. or [50 mm] cube specimens).*
- C192/C192M-19: *standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory.*
- ACI 523.3R-14: *guide for cellular concretes above 50 lbft³ 80.*
- ASTM C143/C143M-20 *Section 7 microlearning.*
- ASTM C39/C39M-20: *Section 8 microlearning.*
- ASTM C172/C172M-17: *Section 5 microlearning.*