



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Influencia del poliestireno expandido de un concreto celular en la  
utilización de elementos estructurales, Lima, 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Choccelahua Monge, Jhon Alex (ORCID: 0000-0002-2215-1999)

Coveñas Yovera, Carmen Rosa (ORCID: 0000-0003-2253-6941)

**ASESOR:**

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

Le dedico a mi madre, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y la motivación constante que me ha permitido ser una mejor persona, pero más que nada, por su amor.

*-Carmen Rosa Coveñas Yovera-*

## **DEDICATORIA**

Les dedico a mis padres, por creer en mí, por motivarme y por todo el apoyo incondicional que me brindaron durante todo este recorrido universitario.

*-Jhon Alex Choccelahua Monge-*

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro infinito agradecimiento a Dios por permitirnos haber logrado la culminación de esta importante etapa y meta propuesta.

A nuestros padres, por el apoyo incondicional, y principalmente la motivación constante que nos brindaron.

A la Universidad César Vallejo por abrirnos las puertas y brindarnos un desarrollo profesional, que por medio de sus asesores se pudo desarrollar la presente tesis.

Agradecimiento mutuo de los autores por la confianza y perseverancia de seguir adelante a pesar de los obstáculos que se presentaron en el camino.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENID.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. MÉTODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	18
3.2. Variable y operacionalización.....	18
3.3. Población, muestra y muestreo.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos .....	21
3.6. Método de análisis de datos.....	21
3.7. Aspectos éticos .....	21
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN .....	34
IV. CONCLUSIONES .....	38
IV. RECOMENDACIONES .....	39
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Conductividad térmica con relación a la densidad</i> .....	13
<b>Tabla 2.</b> <i>Nivel de ruido máximo en el interior</i> .....	14
<b>Tabla 3.</b> <i>Número de probetas para evaluar resistencia a compresión</i> .....	19
<b>Tabla 4.</b> <i>Número de probetas para evaluar resistencia a tracción</i> .....	20
<b>Tabla 5.</b> <i>Diseño de mezcla para probetas con diferente densidad</i> .....	22
<b>Tabla 6.</b> <i>Resistencia a compresión de probetas con densidad de 1850 kg/m<sup>3</sup></i> ....	23
<b>Tabla 7.</b> <i>Resistencia a compresión de probetas con densidad de 1800 kg/m<sup>3</sup></i> ....	23
<b>Tabla 8.</b> <i>Resistencia a compresión de probetas con densidad de 1750 kg/m<sup>3</sup></i> ....	23
<b>Tabla 9.</b> <i>Interpolación de datos para una densidad de 1840 kg/m<sup>3</sup></i> .....	24
<b>Tabla 10.</b> <i>Interpolación de datos para una densidad de 1790 kg/m<sup>3</sup></i> .....	24
<b>Tabla 11.</b> <i>Interpolación de datos para una densidad de 1775 kg/m<sup>3</sup></i> .....	24
<b>Tabla 12.</b> <i>Resistencia a tracción de probetas con densidad de 1850 kg/m<sup>3</sup></i> .....	26
<b>Tabla 13.</b> <i>Resistencia a tracción de probetas con densidad de 1800 kg/m<sup>3</sup></i> .....	26
<b>Tabla 14.</b> <i>Resistencia a tracción de probetas con densidad de 1750 kg/m<sup>3</sup></i> .....	26
<b>Tabla 15.</b> <i>Interpolación de datos para una densidad de 1840 kg/m<sup>3</sup></i> .....	26
<b>Tabla 16.</b> <i>Interpolación de datos para una densidad de 1790 kg/m<sup>3</sup></i> .....	27
<b>Tabla 17.</b> <i>Interpolación de datos para una densidad de 1775 kg/m<sup>3</sup></i> .....	27
<b>Tabla 18.</b> <i>Densidad de un diseño de mezcla de 1850 kg/m<sup>3</sup></i> .....	29
<b>Tabla 19.</b> <i>Densidad de un diseño de mezcla de 1800 kg/m<sup>3</sup></i> .....	29
<b>Tabla 20.</b> <i>Densidad de un diseño de mezcla de 1750 kg/m<sup>3</sup></i> .....	29
<b>Tabla 21.</b> <i>Interpolación de datos para una densidad de 1840 kg/m<sup>3</sup></i> .....	29
<b>Tabla 22.</b> <i>Interpolación de datos para una densidad de 1790 kg/m<sup>3</sup></i> .....	30
<b>Tabla 23.</b> <i>Interpolación de datos para una densidad de 1775 kg/m<sup>3</sup></i> .....	30

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Concreto celular implementado en la elaboración de muros.....	12
<i>Figura 2.</i> Aplicación del poliestireno expandido .....	14
<i>Figura 3.</i> Especímenes cilíndricos de concreto .....	15
<i>Figura 4.</i> Elementos estructurales.....	16
<i>Figura 5.</i> Resistencia a compresión a los 7, 14 y 21 días .....	25
<i>Figura 6.</i> Resistencia a tracción a los 7, 14 y 21 días .....	28
<i>Figura 7.</i> Densidad del concreto celular a los 7, 14 y 21 días .....	31

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia del concreto celular en la utilización de elementos estructurales, evaluando propiedades mecánicas y consiguientemente factibilidad estructural.

La investigación fue de diseño cuasi experimental, que mediante la técnica del análisis documental se recogió datos de una tesis donde se realizó la elaboración de probetas de concreto ligero, obteniendo propiedades del concreto celular en estado fresco y endurecido, en ella se midió la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 21 días para dosificaciones de 1850 kg/m<sup>3</sup>, 1800 kg/m<sup>3</sup> y 1750 kg/m<sup>3</sup>.

A partir de estos datos se determinaron nuevos valores y se determinaron los resultados en cuanto a densidad, resistencia a compresión y tracción para dosificaciones de 1840 kg/m<sup>3</sup>, 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup>, estableciendo una densidad final de 1818.53 kg/m<sup>3</sup>, resistencia a tracción de 25.17 kg/cm<sup>2</sup> y a compresión de 215.47 kg/cm<sup>2</sup> a los 21 días.

Se pudo contrastar la influencia del poliestireno expandido de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales para el diseño de mezcla de 1790 kg/m<sup>3</sup>, debido a su aceptabilidad estructural según la N.T.E. E.060 Concreto Armado.

**Palabras clave:** Concreto celular, utilización estructural, densidad, resistencia.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of cellular concrete in the use of structural elements, evaluating mechanical properties and consequently structural feasibility.

The research was of a quasi-experimental design, which by means of the documentary analysis technique data was collected from a thesis where the preparation of light concrete specimens was carried out, obtaining properties of cellular concrete in a fresh and hardened state, in it the resistance to compression at 7, 14 and 21 days for dosages of 1850 kg / m<sup>3</sup>, 1800 kg / m<sup>3</sup> and 1750 kg / m<sup>3</sup>.

From these data, new values were determined and the results were determined in terms of density, resistance to compression and traction for dosages of 1840 kg / m<sup>3</sup>, 1790 kg / m<sup>3</sup> and 1775 kg / m<sup>3</sup>, establishing a final density of 1818.53 kg / m<sup>3</sup>, tensile strength of 25.17 kg / cm<sup>2</sup> and compression of 215.47 kg / cm<sup>2</sup> at 21 days.

The influence of the expanded polystyrene of a cellular concrete in the use of structural elements for the 1790 kg / m<sup>3</sup> mix design could be contrasted, due to its structural acceptability according to the N.T.E. E.060 Reinforced Concrete.

**Keywords:** Cellular concrete, structural use, density, resistance.



## I. INTRODUCCIÓN

El concreto elaborado de la manera convencional es el material predilecto, el fundamental, es por ello que es altamente requerido en el ámbito de la construcción, con el cual se ha logrado ejecutar múltiples proyectos en construcción civil, debido a ello, el creciente desarrollo que se ha obtenido y se sigue obteniendo en la industria de la construcción, por lo cual, nace la necesidad de implementar más variedades de concreto que puedan ofrecer mayor ampliación de ventajas que el concreto tradicional, como lo es el concreto celular de alta capacidad, en cuanto a resistencia, aplicándolo en elementos estructurales (columnas, vigas, losas y cimentaciones), con ello poder lograr disminuir considerablemente el peso propio de las estructuras de concreto (carga muerta), las cargas sísmicas y además, pudiendo implicar un importante ahorro monetario si se llegase a industrializar.

A nivel internacional, en el transcurso de los últimos años, el concreto celular ha ganado mucha popularidad, y no por que este sea algo novedoso en la industria de la construcción, puesto que desde mucho tiempo atrás diversos países ya lo implementaban, países como Alemania, Suecia e Inglaterra producían el concreto con agregados de escoria y de hulla, éste fue empleado en la ejecución de apartamentos y habitaciones con un precio más accesible, así como también en partes de edificaciones y monumentos como el Museo Británico, por otro lado, Estados Unidos elaboró este tipo de concreto adicionando pizarra y arcilla expandida, logrando obtener un resultado óptimo, en cuanto a resistencia, y además de baja densidad en comparación con un concreto elaborado de forma habitual. Actualmente, debido a la mejora y el constante desarrollo en tecnología e innovación en materiales, se han dado grandes avances; en América Latina el uso del concreto celular va en aumento, siendo estos los países con mayor avance; México, Brasil y Argentina, países donde hace más de una década, ya se producía el concreto celular o concreto aireado esponjoso, y hasta la fecha, se comercializa este material en la producción de bloques de concreto (unidades de albañilería) y paneles para la ejecución de pre-fabricados dando excelentes resultados.

A nivel nacional, el concreto celular se viene aplicando en unidades de albañilería, sin embargo, son pocas las obras realizadas con dicho material, debido a ello no es extraño que muchos profesionales en ingeniería civil no estén familiarizados con

este material versátil y liviano, puesto que la principal razón es que este no ha tenido tanta aceptación en el mercado civil-estructural, es por ello, que el concreto celular en el Perú no está siendo aprovechado de la manera que se debería, por lo que es de suma necesidad que actualmente se tenga mucho más en cuenta este tipo de concreto, ya que se podría implementar también en la zonas rurales del Perú, dado que el poliestireno expandido en el concreto brindan cualidades (aislamiento térmico y acústico) que nos aportaría grandes beneficios, dándonos así, una correcta solución que va conforme a las necesidades requeridas en cada tipo de proyecto y con ello obtener una mejora en cuanto a calidad, productividad y economía en las diferentes obras ejecutadas con este material.

A nivel local, se han desarrollado investigaciones sobre la elaboración de concreto celular incorporando aire en la mezcla, adicionando piedrita pómez y hasta con múltiples variedades de desechos vegetales como la cascarilla de arroz, estas mezclas de concreto aligerado se dan en busca de ofrecer un mayor beneficio en la construcción, entonces nos vemos en la necesidad de tomar conocimiento de estas alternativas que se presentan mediante estudios, así evaluar la cualidades físicas y mecánicas que presenta el concreto celular adicionándole perlitas de poliestireno como sustitución del hormigón (agregado grueso) para implementarlo en elementos estructurales, esto implicaría conocer una óptima dosificación y comprender además si estas propiedades satisfacen condiciones de parámetros y estándares establecidos en la norma técnica actualizada.

### **Formulación del problema**

Debido a las problemáticas presentadas en los diferentes niveles, así como también los grandes alcances que se han logrado, y el constante desarrollo que se tiene en tecnología en el sector construcción, se hace notar que conforme se va avanzando en la industria se presentan nuevos desafíos, donde se manifiestan situaciones en las que un profesional en ingeniería civil debe estar apto para poder afrontarlo, es por ello que se debe ir de la mano del ascendente crecimiento en la industria, en cuanto a actualización e innovación de materiales que se están presentando en la actualidad, por tal motivo, en el presente proyecto de investigación se busca dar respuesta a las siguientes interrogantes planteadas, en donde se plasmó los problemas a nivel general y específicos.

## **Problema general**

¿Cuánto influye el poliestireno expandido de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020?

## **Problemas específicos**

¿Cuánto influye el nivel de resistencia a compresión de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020?

¿Cuánto influye el nivel de resistencia a tracción de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020?

¿Cuánto influye el nivel de densidad de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020?

## **Justificación de la investigación**

El concreto celular tiene diversas propiedades, siendo la principal característica, la de tener muy baja densidad, ya que al adicionarle poliestireno expandido a la mezcla de concreto, este produce una reducción en las cargas, consiguientemente ofreciendo menor peso propio en estructuras elaboradas con este tipo de concreto.

El sistema de producción de este tipo de concreto para emplearlo en la construcción de elementos estructurales traería consigo una gran utilidad, puesto que al tener menor peso propio, se tendrán menores dimensiones en las estructuras, y así como también la obtención de un ambiente térmico-acústico en edificaciones o viviendas construidas con este material, y esto es debido a las propiedades que ofrece el poliestireno expandido al incluirlo en la mezcla, produciéndose así mayores beneficios frente a la implementación de un concreto habitual.

La producción del concreto celular tiene un costo mayor frente a uno tradicional, no obstante, si este concreto implementado en la utilización estructural llegase a industrializarse en el Perú (como ya lo es en otros países en donde hay industrias dedicadas a la elaboración de este concreto), se lograría una importante disminución del precio compitiendo sin problema con el concreto convencional.

Como ya es de claro conocimiento las propiedades que tienen cada componente de manera individual, y en vista de que el concreto y el poliestireno han demostrado

conjuntamente gran funcionabilidad en el transcurrir de los últimos años, emerge la gran necesidad de innovar, de implementar más opciones en materiales que puedan aportar mayores beneficios y así satisfacer las condiciones de servicio requeridas en cada proyecto a ejecutar, por tal motivo, el proyecto de estudio comprende la inserción de el aditivo plástico al concreto, que mediante la unión de estos materiales se podrá obtener un concreto celular (concreto que se caracteriza por tener baja densidad), y dar a conocer de qué manera afectaría la inclusión de este material en la densidad y en la aplicación estructural que se le pretende dar.

### **Hipótesis general**

El poliestireno expandido de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.

### **Hipótesis específicos**

El nivel de resistencia a compresión de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.

El nivel de resistencia a tracción de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.

El nivel de densidad de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.

### **Objetivo general**

Establecer la influencia del poliestireno expandido de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.

### **Objetivos específicos**

Establecer la influencia del nivel de resistencia a compresión de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.

Establecer la influencia del nivel de resistencia a tracción de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.

Establecer la influencia del nivel de densidad de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.

## II. MARCO TEÓRICO

Álvarez y Meca (2019), en la investigación presentada para obtener el grado profesional de ingeniero civil, la cual está titulada; ***“Diseño de unidades de albañilería de concreto liviano a base de poliestireno expandido, Piura - 2018”***, de la **Universidad César Vallejo**, proyecto cuyo **objetivo general** fue; producir el concreto liviano con la adición de poliestireno para el diseño de las unidades de albañilería, donde la **metodología** consistió en un diseño experimental, ya que se basó en establecer una correcta dosificación para elaborar el concreto liviano con la aplicación de un aditivo especial, realizando un estudio de las propiedades físico-mecánicas del poliestireno expandido, así como también del concreto alivianado a realizar, de tipo transeccional, pues estos datos se recolectaron en un solo momento, en un tiempo único, de tipo aplicativa, puesto que se utilizó parámetros establecidos en la Norma Técnica Peruana, de nivel descriptivo, dado que se presenta un orden en los procedimientos aplicados en la investigación, y de enfoque cuantitativo, porque se obtuvieron datos numéricos de las pruebas desarrolladas en laboratorio, la **población** de estudio fueron las diferentes unidades de albañilería y como **muestra** se tomó las unidades de albañilería de concreto liviano a base de poliestireno expandido, la **técnica** que se empleó fue la observación y análisis documental de la NTP 399.604 y como **instrumento** se utilizaron hojas de cálculo, en el **resultado** se obtuvo una densidad de 151.04 kg/m<sup>3</sup> y una absorción de 2% y con ello se tuvo como **conclusión**, la elaboración del diseño de mezcla de concreto liviano aplicando el poliestireno expandido.<sup>1</sup>

Poma (2019), en la tesis presentada para optar el título profesional de ingeniería civil, cuyo título fue; ***“Evaluación de la influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en la obtención de concreto ligero en los laboratorios de la E.F.P. de ingeniería civil de la UNDAC, Pasco - 2019”***, de la **Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**, tesis en la cual **objetivo general** fue, determinar la influencia de las perlas de poliestireno expandido en la elaboración de concreto ligero para ser aplicado en la región de Pasco en los distintos tipos de construcción y/o solicitaciones en la cual sean necesarios, la **metodología** que se empleó en la investigación fue de diseño cuasi experimental, dado que se relacionó las variables con el fin de compararlas, de tipo aplicada, ya que tiene intención de contribuir con

información y conocimiento, de tipo correlacional, debido a la comparación de los diferentes tipos de diseño de mezcla para cada dosificación, y de enfoque cuantitativo, porque se trabajará con datos reales que se obtuvieron en el proceso, y así determinar lo factible de la hipótesis, como **población** se tuvo probetas de concreto elaborados con múltiples diseños de mezcla que se elaboraron en los laboratorios de la E.F.P. de ingeniería civil de la UNDAC, y para la **muestra** se usó 30 probetas de concreto ligero con EPS que se elaboraron según reglamentos y normas de un concreto habitual, la **técnica** que se utilizó fue el análisis de diseños ensayados, análisis documental y la entrevista, teniendo como **instrumento** las probetas estandarizadas, equipo de ensayo, mezclador de concreto, hojas de cálculo, cono de abrams, serie de tamices, ensayo proctor, horno y balanza, obteniendo un **resultado**, en el cual se logró la obtención de una resistencia a la compresión similar al de un concreto convencional y similitud en sus propiedades, con ésta información se dio con la siguiente **conclusión**; que al tener una resistencia cercana al de un concreto habitual, éste podía ser implementado en zonas de baja intensidad sísmica, puesto que a pesar del aligerado del concreto, pudieron absorber y soportar cargas en puntos de gran demanda de esfuerzo.<sup>2</sup>

**Rodríguez (2017)**, en el proyecto de investigación desarrollado para obtener el grado académico de ingeniero civil, que lleva como título; ***“Concreto liviano a base de poliestireno expandido para la prefabricación de unidades de albañilería no estructural - Cajamarca”***, de la **Universidad Nacional de Cajamarca**, proyecto que tuvo el **objetivo general** de definir las propiedades físico-mecánicas del concreto liviano adicionando poliestireno expandido para la producción de bloques de concreto alivianado, la **metodología** de investigación, es de diseño experimental, ya que se basa en la determinación de una óptima dosificación para producir los bloques de concreto liviano y con ello comprobar si cumplen los requisitos establecidos en la Norma Técnica Peruana, y por consiguiente ser utilizados como unidades de albañilería no estructural, y de tipo proyectiva, porque se orientó la elaboración de una propuesta en el uso de los bloques de concreto como unidad de albañilería, la **población** vino a ser los cubos y bloques de concreto liviano con la adición de bolitas de poliestireno, y de **muestra**, una muestra no probabilística, de carácter intencional, que consistió en 90 cubos de concreto ligero a base de poliestireno expandido de dimensiones 10x10x10 cm y 45 bloques de

concreto de 09x19x39 cm, así determinar la dosificación óptima y propiedades de los mismos, la **técnica** empleada fue la observación directa, que consistió en el uso de los sentidos por parte del investigador, dónde el **instrumento** usado fue una planilla de observación con el cual se recolectó datos como el tipo de mezcla, que conllevó una óptima dosificación, y la resistencias obtenidas por los cubos y bloques de concreto ligero, en la cual se obtuvo como **resultado** un peso específico de 1624.36 kg/m<sup>3</sup> y una resistencia a la compresión de 62.75 kg/cm<sup>2</sup>, con esto se llegó a la siguiente **conclusión**; que al tener una resistencia a compresión mayor 6 Mpa, cumplía con el requerimiento mínimo de la NTP, en cuanto a resistencia.<sup>3</sup>

**Silvestre** (2015), en el proyecto de investigación presentada para optar por el grado académico de maestro en ingeniería civil, con título; ***“Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales”***, de la **Universidad Libre Seccional Pereira**, la cual tuvo como **objetivo general**; especificar el comportamiento de mezclas de concretos con poliestireno expandido, cuyo fin es la disminución de las cargas muertas en las estructuras, la **metodología** que se usó, fue de diseño experimental, debido a que fue necesario realizar los respectivos ensayos y pruebas de resistencia a las mezclas a examinar, y de tipo descriptiva, ya que se compararon los resultados obtenidos con las normas vigentes de Colombia, para la **muestra** se realizó 3 ensayos de flexión y 9 ensayos de compresión sobre el concreto, para la cual se usó 3 ensayos de compresión para los respectivos días de curado de dicha prueba (7 días, 14 días y 28 días), la **técnica** consistió en la revisión bibliográfica, y como **instrumento** se empleó los ensayos de laboratorio para medir las resistencias del concreto, el **resultado** determinó, que mientras más contenido de icopor se incorporaba en la mezcla, ésta presentaba menor resistencia a la compresión, llegando a la **conclusión**, de que la hipótesis planteada en el proyecto, no pudo cumplir con los parámetros establecidos, ya que hubo una disminuida resistencia al agregar más porcentaje de aditivo espumoso (poliestireno expandido).<sup>4</sup>

**Lituma y Zhunio** (2015), en el trabajo de titulación con fin de la obtención del título de ingeniería civil, que tuvo como título; ***“Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y la resistencia a compresión del hormigón”***, de la **Universidad de Cuenca**, que tuvo como **objetivo general**; determinar la

influencia al sustituir totalmente y parcialmente del árido fino por las perlas de poliestireno expandido (EPS), en la masa del concreto para aligerar la carga muerta, y así determinar el comportamiento de la resistencia a compresión, la **metodología** empleada fue de diseño experimental, debido a que se realizaron sustituciones en porcentajes de volumen por el aditivo plástico, para la **muestra** se tuvo 12 probetas para 4 tratamientos, siendo 3 probetas por tratamiento de sustitución (0%, 20%, 40% y 60%) para un control de calidad, dónde la **técnica** comprendió de una revisión bibliográfica, cuyo fin fue la de tomar conocimiento de las características físico-mecánicas del EPS y el comportamiento producido ante el hormigón, y como **instrumento** los ensayos de resistencia a compresión, obteniendo como **resultado**, que respecto a la densidad a los 28 días, se alcanzó una reducción aproximada del 17% en cuanto al peso, al sustituir al 100% el árido fino, frente a la densidad de un hormigón convencional, lográndose la siguiente **conclusión**; que al sustituir la arena por perlitas de poliestireno expandido en el diseño de mezcla del hormigón, disminuye considerablemente su densidad.<sup>5</sup>

**Reyes** (2016), en el proyecto de investigación expuesto para optar por el grado de ingeniero civil, que tiene como título; ***“Diseño de una mezcla de concreto experimental sustituyendo el agregado grueso por perlas de poliestireno de  $\phi = \frac{3}{4}$ ” y un asentamiento de 3”, para lograr una resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”***, de la **Universidad Nueva Esparta**, la cual tuvo de **objetivo general**, evaluar las resistencias obtenidas como producto de los ensayos a compresión del concreto experimental a base de perlas de poliestireno, la **metodología** empleada fue de diseño experimental, debido a que se pretendió evaluar la resistencia del concreto reemplazando el agregado por las perlas de poliestireno, y de tipo exploratoria, dado que el diseño de mezcla fue novedoso, teniendo una **población**, un conjunto de diseños de mezcla experimental de concreto y como **muestra**, un diseño de mezcla experimental de concreto, donde se sustituyó la piedra picada por perlas de poliestireno, donde la **técnica** que se empleó fue la observación directa y el **instrumento**, la recolección de datos arrojados en campo y archivos fotográficos, obteniendo el **resultado**, que al agregar las perlas de poliestireno a una mezcla de concreto estructural, ésta no le aportaba resistencia, dando como **conclusión**, la poca utilidad que se tiene al añadir el poliestireno cuando se habla de un aporte de resistencia a compresión.<sup>6</sup>



Hani (2017), investigación que tuvo como título; ***“The mechanical and physical properties of concrete containing polystyrene beads as aggregate and palm oil fuel ash as cement replacement material”***, de la **University Tun Hussein Onn Malaysia**, donde se tuvo el **objetivo general**, la de evaluar las propiedades físico-mecánicas del concreto con la adición de perlas de poliestireno en remplazo del agregado y cenizas de combustible de aceite de palma remplazando el cemento, la **metodología** utilizada fue, de diseño experimental, debido a que se analizó las propiedades físicos y mecánicas del concreto adicionando parcialmente perlas de poliestireno y ceniza de combustible de aceite de palma, donde la **muestra** estuvo compuesta por 8 tipos de diseños de mezcla en las cuales se remplazaron porcentualmente el poliestireno y la ceniza de combustible de aceite de palma, con respecto al **instrumento** se realizó la prueba de asentamiento, prueba de absorción, ensayo de resistencia a compresión y de resistencia a tracción, obteniendo como **resultado** una resistencia a compresión de 16.8 Mpa y la resistencia a tracción de 1.57 Mpa en las muestras con 25% de perlas de poliestireno y 10% de cenizas de combustible de aceite de palma, llegando a la **conclusión**, de que la adición de estos materiales en reemplazo de agregado y el cemento en la mezcla del concreto aligerado aumentan la trabajabilidad de ésta.<sup>7</sup>

Risdanareni (2016), en la investigación que se tituló; ***“Lightweight foamed concrete for prefabricated house”***, de la **Universitas Negeri Malang**, en el cual se tuvo de **objetivo general**; analizar el uso de un material espumante para la producción de un concreto ligero e implementarlo en una casa prefabricada, la **metodología** usada fue, de diseño experimental, dado que se produjo un agente espumante estable, y además con un volumen determinado de 2 gramos/litro para consiguientemente emplearlo en el aligeramiento del concreto, la **muestra** consistió de 3 modelos de muestra para el día 3, 7, 14 y 28, siendo un total de 12 muestras para cada variación, la **técnica** comprendió, la revisión del código de prueba ASTM C 39-03, y el **instrumento** que se empleó fue, el ensayo de esfuerzo a compresión y prueba de para determinar densidad, donde el **resultado** reveló que la composición de la proporción cemento y arena 1:2, con una proporción w/c de 0.5, determinó una óptima resistencia a compresión de 25.2 Mpa y una densidad de 1822 kg/m<sup>3</sup>, **concluyendo** de esa manera, con una dosificación que cumplió con la clasificación de concreto estructural liviano.<sup>8</sup>

Jain (2019), investigación titulada; *“Evaluation of properties of cellular light weight concrete”*, de la **University Institute of Technology**, donde el **objetivo general** consistió en evaluar las propiedades mecánicas y físicas de un concreto celular, y la **metodología** utilizada fue, de diseño experimental, debido a que en la investigación se moldearon cubos para elaborar diferentes densidades, variando el contenido de cenizas, espuma, cemento y agua, teniendo una **muestra** de estudio; un diseño de mezcla con la composición de cemento portland ordinario, el agente espumante y cenizas volantes, la **técnica** consistió en la revisión de literatura bibliográfica y como **instrumento** se usó; la prueba de densidad, prueba de absorción y ensayo de resistencia a compresión, con ello obteniendo un **resultado** donde se observó la disminución del contenido de cemento hasta un 35%, aumentando el contenido de cenizas volantes, lográndose así una creciente elevación en la resistencia a compresión, y finalmente llegando a la siguiente **conclusión**; la mezcla elaborada con proporciones de 35:65 para los contenidos de cemento y cenizas volantes, reflejó una óptima resistencia a compresión para densidades que están entre el rango de 800 kg/m<sup>3</sup> y 1400 kg/m<sup>3</sup>.<sup>9</sup>

Maaroufi, Younsi, Belarbi y Nouviaire (2018), estudio publicado con título; *“Influence of recycled polystyrene beads on cement paste properties”*, de la **University of La Rochelle**, el cual tuvo de **objetivo general**, hacer una comparación de las propiedades y rendimientos, de un concreto con la incorporación de perlitas de poliestireno frente a una mezcla de concreto convencional, usando una **metodología** de diseño experimental, dado que se realizó pruebas a especímenes de concreto, teniendo como **muestra**; dos tipos de diseños de mezcla, las cuales estaban preparadas con una relación de agua-aglutinante de 0.32 y adición de EPS, y una mezcla hecha de la forma convencional, de **instrumento** se usaron; pruebas de conductividad térmica, pruebas de resistencia a compresión, medición de porosidad y prueba de absorción, el cual conllevó a la obtención de un **resultado** previsible, debido a que se observó la reducción de resistencia a compresión a los 28 días de fraguado de la mezcla que tenía adición de poliestireno, dando una resistencia de sólo 4 Mpa a comparación de la mezcla convencional que alcanzó resistencia de 22 Mpa, de esta manera **concluyendo**, que al insertar mayor cantidad de poliestireno expandido en la mezcla, provocará la obtención de una menor resistencia a compresión.<sup>10</sup>

**Kattoof** (2018), en el artículo publicado con título; ***“Study on polyurethane foamed concrete for use in structural applications”***, de la **University Al-Qasim Green**, cuyo **objetivo general** fue estudiar la producción potencial del hormigón celular e implementarlo como material estructural sostenible variando los métodos de curado, para este estudio la **metodología** consistió en un diseño experimental, donde se combinaron materiales (cemento, arena, cenizas volantes, agente reductor de agua y el poliuretano) para la producción del concreto celular, en la cual la **muestra** estuvo constituida por el método de pre-espumado para la adición de poliuretano al concreto en 2 mezclas de concreto espumado con y sin cenizas volantes, la **técnica** utilizada constó de revisión bibliográfica, usando como **instrumento**, pruebas de resistencia a compresión, determinando el módulo elástico, con un **resultado** de 7.8 Mpa a 26.2 Mpa para mezclas sin ceniza, mientras que las que contenían ceniza, alcanzaron una resistencia promedio de 8.1 Mpa a 32.1 Mpa a los 7, 28 y 56 días, llegando a la siguiente **conclusión**; que debido al alcance que se obtuvo en cuanto a resistencia, el concreto con espuma de poliuretano podía ser utilizado en aplicaciones estructurales.<sup>11</sup>

**Motta y Carvalho** (2019), en el artículo publicado con título; ***“Study about concrete with recycled expanded polystyrene”***, de la **Universidad Federal de Uberlandia**, donde se tuvo como **objetivo general**, analizar las cualidades y características de un concreto aligerado adicionando perlas de poliestireno expandido para aplicarlo en muros estructurales de edificaciones, la **metodología** implementada se basó en un programa experimental, en la cual unas pequeñas losas simulaban muros de concreto, teniendo una **muestra** fabricada de 5 tipos de concreto, 1 sin adición de EPS y las otras 4 con adición de poliestireno de manera porcentual, y de **instrumento**, la determinación de las características mecánicas mediante el ensayo de resistencia a compresión y también las físicas con pruebas térmicas, de absorción y densidad, conduciendo al siguiente **resultado**; que al agregar más cantidad de poliestireno, reflejaba menor resistencia a compresión, obteniendo para las 4 muestras una resistencia entre 11.38 Mpa y 15.07 Mpa, en comparación de la muestra referencial sin agregar poliestireno que alcanzó una resistencia de 23.16 Mpa, llegando a la **conclusión** de que a partir de la adición parcial de poliestireno expandido en la mezcla de concreto hubo una disminución en cuanto a resistencia en comparado con el concreto de referencia.<sup>12</sup>

Respecto a las teorías relacionadas a nuestro proyecto de investigación, se tomó en cuenta información que va acorde a las variables de estudio, con lo cual se pretendió alimentar el conocimiento, y con ello poder resolver dudas e inquietudes que se presentaron durante el desarrollo la investigación.

**Concreto celular:** concreto que también es conocido con el nombre de concreto aireado (aerated concrete, en inglés), mezcla que se logra a partir del adicionamiento de material silíceo al cemento y la arena y esto con el único objetivo de incorporar un mayor porcentaje de vacíos distribuidos de manera homogénea en la pasta de cemento.<sup>13</sup> Este material sílice añadido puede ser la escoria, ceniza volante o polvillo de aluminio, que durante la producción del diseño de mezcla, estos elementos reaccionan químicamente permitiendo que se genere hidrógeno, y consiguientemente una expansión del volumen en el mortero, lográndose así la conformación de macroporos en la mezcla con diámetros de 0,5 y 1,5 milímetros.

Recomendada principalmente para emplearlo en la ejecución de obras donde se soliciten las menores proporciones de peso y un ambiente térmico, esto es implementado en la construcción de muros utilizando este material.

Al emplear el concreto celular se utilizará menor cantidad de acero conllevando un gran ahorro monetario, dado que implica una importante reducción en las cargas, reflejando así menores dimensiones para la construcción de la cimentación.



*Figura 1:* Concreto celular implementado en la elaboración de muros.

Fuente: Argos.

El concreto celular presenta múltiples propiedades beneficiosas para la construcción, siendo estas las ventajas más destacables;

**Aligerado de carga muerta:** con la aplicación del concreto celular en diferentes elementos estructurales en una edificación, se apreciará la reducción del peso propio de la estructura, reflejando una importante disminución en la carga muerta.<sup>14</sup> Siendo esto de gran utilidad en zonas de mayor peligro sísmico, y esto debido a que si se llegase a desarrollar una actividad sísmica donde las estructuras podrían sufrir deformaciones y consiguientemente llegar al colapso, estas no presentarían grandes daños en comparación con un concreto tradicional, dado que el peso del material es determinante, ya que cuenta con una baja densidad, por lo que también se le adiciona una mayor facilidad en cuanto a transporte y acarreo del material, la cual implicaría una menor duración en la ejecución de la obra.

**Rapidez de construcción:** al no utilizar agregado grueso en la elaboración del concreto, y contar con un efecto de rodamiento provocado por los poros que presenta el concreto celular debido al aporte de una excelente consistencia, no es indispensable la vibración, puesto que a la hora de vaciar el material, se distribuye de manera uniforme, llenando completamente todos los espacios dentro del encofrado, posibilitando que se pueda desarrollar el vaciado de una forma más rápida y eficaz, logrando acelerar el proceso constructivo en la construcción.<sup>15</sup>

**Aislamiento térmico:** este tipo de material cuenta con la propiedad de aislar el calor y el frío, esta propiedad se considera como la conductividad térmica (capacidad aislante).<sup>16</sup> Característica que se logra a partir del adicionamiento del poliestireno expandido en la mezcla, la cual varía dependiendo la densidad del concreto, la capacidad termoaislante nos aporta la preservación de un ambiente con temperatura regulada, obteniendo en conclusión un ambiente acogedor.

**Tabla 1:** Conductividad térmica con relación a la densidad.

$\lambda$ (w/m.K)	d (kg/m <sup>3</sup> )
0.043	10
0.0413	15
0.0384	20
0.0373	25
0.0361	30

Fuente: BASF.

**Aislamiento acústico:** con la aplicación del poliestireno en el concreto se obtendrá una ventaja de absorción de los sonidos producidos dentro de la construcción elaborada con este material.<sup>17</sup> Y esto es producido por la uniformidad de los vacíos creados, la cual separa las frecuencias producidas teniendo una gran efectividad de reducción de las ondas sonoras generadas en el exterior, logrando así un mayor beneficio en construcciones donde se recomiendan niveles de ruido en su interior.

**Tabla 2:** Nivel de ruido máximo en el interior.

Destino/Actividad	Nivel máximo de ruido
Dormitorios	30 a 40 dB
Biblioteca silenciosa	35 a 40 dB
Sala estar	40 a 45 dB
Oficinas privadas	40 a 45 dB
Aula de escuelas	40 a 45 dB
Oficinas generales	45 a 50 dB

Fuente: INDECOPI E.040.

**Poliestireno expandido:** mayormente conocido como tecnopor, material muy ligero que brinda aislamiento térmico-acústico, viene siendo aplicado desde mucho tiempo atrás y de diferentes formas en las obras civiles.<sup>18</sup> Normalmente se emplean en planchas y rellenos (ladrillos), puesto que este tiene cualidades que proporcionan versatilidad en campo, en este caso se implementará las perlas de poliestireno como agregado, remplazándolo de manera parcial o total, en busca de tener como resultado un concreto de baja densidad.



*Figura 2:* Aplicación del poliestireno expandido.

Fuente: ETSA PERÚ.

La aplicación del poliestireno expandido se da en juntas estructurales de pavimentos, juntas de dilatación, y así como también en losas aligeradas, en las cuales no cumplen una función estructural, ya que son empleados únicamente en forma de relleno, en lugar del ladrillo de techo hueco.

**Aditivo:** es un componente químico el cual es utilizado para añadirlo en la mezcla en estado fresco con el fin de brindar una modificación de las propiedades del concreto, siendo estos algunos de los beneficios que se obtiene al implementarlo; una alteración del tiempo de fraguado, incremento en la trabajabilidad, reducción del contenido de agua así como también de la segregación, un aporte de resistencia y una mejor adhesión del concreto con el acero corrugado.<sup>19</sup>

**Resistencia a compresión del concreto:** este tipo de ensayo se realiza en el concreto endurecido, es de gran importancia pues te permite obtener las principales características mecánicas del concreto, se denomina como capacidad de soporte de cargas por unidad de área, el cual usualmente se representa el esfuerzo en  $\text{kg/cm}^2$ , Mpa y algunas veces en libras por pulgada al cuadrado (psi).<sup>20</sup>

Este ensayo es mundialmente reconocido, tiene la finalidad fundamental de conocer la resistencia a compresión, el cual se realiza sobre probetas cilíndricas.<sup>21</sup> Estas son producidas en moldes peculiares que tienen 0.15 metros de diámetro y 0.30 metros de alto, para realizarlo es conveniente que el procedimiento de producción de estos especímenes y ensayo de los mismos sean estándares para prevenir la inclusión de otra variable más a los resultados de resistencia.



*Figura 3:* Especímenes cilíndricos de concreto.

Fuente: Argos.

**Resistencia a tracción del concreto:** el concreto cuenta con una disminuida resistencia a tracción, es por ello que esta propiedad no es tan importante para el diseño de estructuras, no obstante, la tensión sí es de interés en el agrietamiento del concreto dado a la restricción de la contracción inducida por el fraguado o por la reducción de temperatura. Es de conocimiento la relación que existe entre la resistencia a la tracción y la compresión, por ejemplo, si se presenta una baja resistencia a compresión se obtendrá también una reducida resistencia a tracción.<sup>22</sup>

**Densidad del concreto aligerado:** está definida por el vínculo entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esta misma, la densidad del concreto celular no debe sobrepasar un peso unitario de  $1850 \text{ kg/cm}^3$ , en el tipo de concreto habitual este valor sobrepasa los  $1850 \text{ kg/cm}^3$ , alcanzando valores de hasta  $2400 \text{ kg/cm}^3$  en concretos normales. De la densidad dependen las propiedades de resistencia del diseño de mezcla de concreto celular.<sup>23</sup>

**Elementos estructurales:** se le denomina así a las partes diversificadas, que a pesar de que presenten una conexión, éstas son diseñadas por tipos de estructuras. El Reglamento Nacional de Edificaciones contempla como elemento estructural a la cimentación, columna, muro de corte, viga, losa, pilote, zapata.

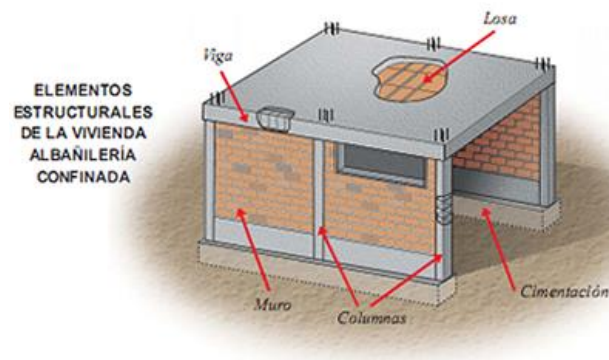


Figura 4: Elementos estructurales.

Fuente: Aceros Arequipa.

De la calidad de los materiales utilizados dependerá y se verán reflejados las capacidades de resistencia y durabilidad del concreto a implementar, por tal motivo, para la elección del cemento, el cual es un material fundamental en el diseño de mezcla, se deberá determinar sus cualidades físicas, rigiéndonos a las normas y estándares establecidos, ya que esto será de gran importancia para poder satisfacer los requerimientos de diseño en el presente proyecto de investigación.



### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de Investigación de acuerdo al fin:**

Investigación de tipo aplicada: está direccionada a delimitar, mediante estudios científicos, los medios (metodológicos, protocolares y tecnológicos) por el cual se puede cubrir una necesidad reconocida y específica.<sup>24</sup>

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que se emplearon teorías científicas para la realización del diseño de mezcla de concreto y la elaboración de probetas cilíndricas de acuerdo al Método ACI y al Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.060 Concreto Armado), respectivamente.

##### **Tipo de Investigación de acuerdo al nivel:**

Investigación de tipo explicativa: es una categoría de mayor complejidad, profundidad y rigurosidad de la investigación básica, tipo de estudio que tiene la finalidad primordial de verificar las hipótesis causales o explicativas, esta trabaja con hipótesis causales, dicho de otro modo, explica e identifica la causa real de los hechos, fenómenos, eventos y procesos naturales o sociales.<sup>25</sup>

La presente investigación es de tipo explicativa, puesto que se esclareció la relación causa-efecto que se obtuvo de la producción de una mezcla de concreto adicionándole poliestireno expandido, y a partir de ello, se explicaron los efectos generados en el desarrollo de la investigación.

##### **Tipo de Investigación de acuerdo al enfoque:**

Investigación de enfoque cuantitativo: es un conjunto de procesos, el cual presenta una secuencialidad, este enfoque comprende la revisión de literatura y con ello construir una perspectiva teórica, dicho de otra manera, la de establecer un marco teórico orientador del estudio.<sup>26</sup>

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, debido a que se hizo revisión de literatura con respecto a las variables, y a partir de estos datos recolectados se derivó la hipótesis, la cual fue sometida a evaluación, donde se pudo reflejar la aceptación o nulidad de esta.

### **Tipo de Investigación de acuerdo al diseño metodológico:**

Investigación de diseño cuasi experimental: estudio que carece de aleatorización de los grupos.<sup>27</sup> Investigación en la cual se interviene premeditadamente la variable independiente (poliestireno expandido de un concreto celular), y con ello determinar los resultados de dicha manipulación sobre la variable dependiente (utilización de elementos estructurales).

La presente investigación es de diseño cuasi experimental, dado que se manipuló la variable independiente para determinar el impacto generado sobre la variable dependiente, y así realizar la evaluación sobre los resultados donde se comprueba si cumple o no con la hipótesis general y específica planteada previamente.

### **3.2. Variables y operacionalización**

La operacionalización de variables, o de concepto, es una secuencia lógica de disgregación de los elementos indeterminados (conceptos teóricos), hasta llegar al nivel más preciso, los acontecimientos provocados en la realidad y que simbolizan evidencias del concepto, pero que se puede observar, recolectar, evaluar, en otras palabras, sus indicadores.<sup>28</sup>

En relación a las variables en estudio, se señala la variable independiente y dependiente de la investigación.

- **Variable independiente:** Poliestireno expandido de un concreto celular.
- **Variable dependiente:** Utilización de elementos estructurales.

**Definición conceptual:** Son definiciones de diccionarios, libros, enciclopedias, glosarios, y cuando detallan las cualidades o características de una variable, objeto o fenómeno, se les califican como definición real.<sup>29</sup> De esta manera, se definieron las variables, tanto dependiente como independiente para entrar en conocimiento de la definición conceptual de dichas variables en estudio.

**Variable independiente (Poliestireno expandido de un concreto celular):** El concreto celular se define como un material ligero, el cual está conformado por cemento portland, limo de material fino silíceo (arena, escoria o ceniza volante) y agua, mezclados con la finalidad de elaborar una pasta de vacíos homogéneos debido a la reacción química.<sup>30</sup>

**Variable dependiente (Utilización de elementos estructurales):** El Reglamento Nacional de Edificaciones contempla como elemento estructural a la cimentación, columna, muro de corte, viga, losa, pilote, zapata.<sup>31</sup>

**Definición operacional:** Detalla la manera en que se medirán las variables de estudio, es decir, especificar las actividades o procedimiento que se deben realizarse para dicha medición.

**Indicadores:** Son indicadores, el cual permiten establecer las características o cualidades de las variables, dándose con respecto a un punto de referencia.<sup>32</sup>

**Escala de medición:** Es primordial para la sección de variables, lo cual es parte del desarrollo a fin de determinar su definición.<sup>33</sup>

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### **Población:**

Está dada íntegramente por todo aquel componente o elemento (objeto, individuo o entidad) que interviene en el fenómeno determinado y demarcado en el análisis del problema de investigación.<sup>34</sup> De modo que, la población está contemplada por todas las probetas cilíndricas producidas a partir de la mezcla de concreto celular con la adición de poliestireno expandido más un aditivo plastificante.

#### **Muestra:**

La muestra es un fragmento o subconjunto de la población de estudio.<sup>34</sup> Por lo tanto, para las densidades requeridas, se establecieron 2 probetas cilíndricas para cada edad de ensayo según ACI 318S-14, para ensayos de resistencia a compresión, tracción (requerido para concreto de agregado ligero según ASTM C330), es decir, se determinó 45 probetas cilíndricas de concreto celular como muestra en totalidad.

**Tabla 3:** Número de probetas para evaluar resistencia a compresión.

Días / densidad	Resistencia a compresión		
	1840	1790	1775
7	3	3	3
14	3	3	3
21	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

Siendo un total de 27 probetas para resistencia a compresión para las diferentes edades y densidades requeridas.

**Tabla 4:** *Número de probetas para evaluar resistencia a tracción.*

Días / densidad	Resistencia a tracción		
	1840	1790	1775
7	2	2	2
14	2	2	2
21	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Siendo un total de 18 probetas para resistencia a tracción para las diferentes edades y densidades requeridas.

### **Muestreo:**

El muestreo consiste en seleccionar algunas unidades en estudio entre una población definida en una investigación.<sup>35</sup> De este modo, en nuestra investigación, el tipo de muestreo es no probabilístico, y esto debido a que se estableció el número de probetas cilíndricas igual a la cantidad contemplada en la muestra.

### **Unidad de análisis:**

La unidad de análisis es cada uno de los componentes que conforman la población, por consiguiente, la muestra. Por lo cual, en nuestra investigación, la unidad de análisis fueron cada una de las probetas cilíndricas elaboradas a base de concreto celular con la adición de poliestireno expandido más un aditivo plastificante.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

El procedimiento de recopilación de datos obedece a un cierto método para mantener la coherencia en su disertación.<sup>36</sup> De manera que la investigación, se trabajó por medio de la técnica de análisis documental, puesto que se analizó toda la información que se obtuvo de los ensayos en laboratorio realizados en otra tesis, esto mediante el programa Microsoft Excel. En cuanto al instrumento de recolección de datos, se contaron con los protocolos, reglamentos y especificaciones, siendo estos, datos estándares que se consiguieron de la Norma Técnica Peruana del Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.060 Concreto Armado), los cuales nos permitieron evaluar y determinar, si la adición de perlas de poliestireno

expandido en sustitución del agregado grueso influyó positivamente en la utilización de elementos estructurales. Por otro lado, con respecto a la validez y confiabilidad, se determinó que no es necesaria una validación, esto debido a que se confiaron en los resultados obtenidos, ya que se contaron con las asesorías de profesionales certificados y la norma que establece los requerimientos de calidad.

### **3.5. Procedimientos:**

La recolección de información se dio por la revisión bibliográfica con la técnica del análisis documental, esto en busca de recaudar aportes e ideas que fueron de utilidad durante la investigación, posterior a ello, de la tesis se recogieron los datos del diseño de mezcla, densidad, resistencia a compresión y tracción del concreto celular con la incorporación de poliestireno expandido más un aditivo plastificante, y seguidamente se realizó la interpolación para la obtención de nuestros propios valores y así realizar el análisis de los nuevos resultados, los cuales fueron presentados mediante tablas y gráficos.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

En este punto de la investigación se deberá tener presente las hipótesis, ya que el análisis se desarrollará en torno a ellas.<sup>37</sup> Debido a que el análisis está asociado a la hipótesis, se verificaron los datos obtenidos de los ensayos mediante normas, especificaciones e instrumentos veraces que nos dieron la seguridad de adjuntar los datos presentados sin modificación alguna, esto posterior a la obtención de los valores que se obtuvieron de la interpolación del antecedente en cuestión mediante el análisis documental de ensayos a las probetas cilíndricas de concreto celular.

### **3.7. Aspectos éticos:**

Es de gran importancia la implicancia de la ética en la investigación.<sup>38</sup> De este modo, siendo alumnos de la carrera profesional de ingeniería civil, próximos a optar por el título de ingeniero(a), nos comprometimos en llevar a cabo el desarrollo del proyecto de investigación con la completa honestidad, honradez, respeto y confianza de no haber plagiado tesis de otros autores, respetando así la propiedad intelectual de cada uno de sus aportes, y todos los manuales e instrumentos que se utilizaron y aplicaron para lograr la obtención de resultados, y finalmente con ello se pudo determinar una posterior conclusión.

#### IV. RESULTADOS

El Perú desde Marzo del 2020 vive una crisis sanitaria, debido a ello, las medidas direccionadas a la ciudadanía para la nueva convivencia social, la cuales fueron establecidas en el decreto supremo N° 094-2020-PCM y las continuas ampliaciones de estado de emergencia nacional promulgado por el gobierno a consecuencia del COVID-19.<sup>39</sup> Se dio una ordenanza de inmovilización obligatoria para garantizar el adecuado manejo de esta crisis que viene afectando de gran manera al país, asimismo se paralizó las actividades económicas y con ello el cierre de laboratorios en el cual se pretendía realizar los ensayos que se establecieron para el desarrollo del proyecto de investigación, siendo importante el uso de un establecimiento calificado para la realización de los ensayos de laboratorio y no contar con ello, nos vimos en la necesidad de elegir otro método para llevar a cabo el desarrollo de la investigación, de tal manera que el desarrollo del proyecto de investigación se realizó mediante la técnica del análisis documental, método que está establecido en la guía de elaboración de tesis para la obtención de grados académicos y títulos profesionales, con el cual pudimos obtener datos e información de antecedentes donde se realizaron ensayos en laboratorio de manera experimental.

**Ensayos realizados en laboratorio;** Las tablas y figuras de los ensayos de resistencia a compresión, resistencia a tracción y densidad que serán presentados en la investigación, son resultados obtenidos mediante el análisis documental de ensayos que se practicaron en el laboratorio de la UNI.

Resultados del diseño de mezcla para las probetas elaboradas de concreto celular con las densidades; 1850 kg/m<sup>3</sup>, 1800 kg/m<sup>3</sup> y 1750 kg/m<sup>3</sup> de la tesis; “Elaboración de un concreto ligero para uso estructural en la ciudad de Lima metropolitana 2018” Serrano Cordova, Pedro Fernando.

**Tabla 5:** *Diseño de mezcla para probetas con diferente densidad.*

D (kg/m <sup>3</sup> )	Cemento (kg)	Agregado fino (kg)	Agua (lt)	Poliestireno expandido (kg)	Aditivo (ml)
1850	11.11	21.4	3.95	0.79	0.25
1800	11.11	20.33	3.95	0.81	0.25
1750	11.11	19.18	3.96	0.94	0.25

Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

Mediante el método de la interpolación lineal se establecieron los valores de la resistencia a compresión, a tracción y densidad, todo ello con los resultados obtenidos en la tesis citada. La interpolación es un proceso de estimación de valores entre los puntos conocidos, con este procedimiento se pueden obtener nuevos valores basados en el conocimiento de un conjunto de puntos, asimismo, la interpolación es una técnica muy útil para aproximar funciones, para estimar valores intermedios de las mismas en una serie de datos.

Se recogieron los resultados del ensayo de resistencia a compresión a los 7, 14 y 21 días de las probetas cilíndricas, las cuales fueron producidas a partir del diseño de mezcla con densidades de 1850 kg/m<sup>3</sup>, 1800 kg/m<sup>3</sup> y 1750 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 6:** Resistencia a compresión de probetas con densidad de 1850 kg/m<sup>3</sup>.

1850 kg/m <sup>3</sup>	Días	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
	7	193	225	208	208.67
	14	228	264	221	237.67
	21	248	242	236	242.00

Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

**Tabla 7:** Resistencia a compresión de probetas con densidad de 1800 kg/m<sup>3</sup>.

1800 kg/m <sup>3</sup>	Días	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
	7	182	199	170	183.67
	14	207	206	210	207.67
	21	225	218	222	221.67

Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

**Tabla 8:** Resistencia a compresión de probetas con densidad de 1750 kg/m<sup>3</sup>.

1750 kg/m <sup>3</sup>	Días	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
	7	172	168	140	160.00
	14	170	198	180	182.67
	21	190	192	190	190.67

Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

Con los datos obtenidos se procedió al cálculo de la resistencia a compresión mediante la interpolación lineal para las densidades planteadas en la investigación; 1840 kg/m<sup>3</sup>, 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 9:** Interpolación de datos para una densidad de 1840 kg/m<sup>3</sup>.

1840 kg/m <sup>3</sup>	Días	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
	7	203.67
	14	231.67
	21	237.93

Fuente: Elaboración propia.

$$7 \text{ días} = 183.67 + \frac{1840 - 1800}{1850 - 1800} * (208.67 - 183.67) = 203.67 \text{ kg/cm}^2$$

$$14 \text{ días} = 207.67 + \frac{1840 - 1800}{1850 - 1800} * (237.67 - 207.67) = 231.67 \text{ kg/cm}^2$$

$$21 \text{ días} = 221.67 + \frac{1840 - 1800}{1850 - 1800} * (242 - 221.67) = 237.93 \text{ kg/cm}^2$$

**Tabla 10:** Interpolación de datos para una densidad de 1790 kg/m<sup>3</sup>.

1790 kg/m <sup>3</sup>	Días	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
	7	178.93
	14	202.67
	21	215.47

Fuente: Elaboración propia.

$$7 \text{ días} = 160 + \frac{1790 - 1750}{1800 - 1750} * (183.67 - 160) = 178.93 \text{ kg/cm}^2$$

$$14 \text{ días} = 182.67 + \frac{1790 - 1750}{1800 - 1750} * (207.67 - 182.67) = 202.67 \text{ kg/cm}^2$$

$$21 \text{ días} = 190.67 + \frac{1790 - 1750}{1800 - 1750} * (221.67 - 190.67) = 215.47 \text{ kg/cm}^2$$

**Tabla 11:** Interpolación de datos para una densidad de 1775 kg/m<sup>3</sup>.

1775 kg/m <sup>3</sup>	Días	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
	7	171.83
	14	195.17
	21	206.17

Fuente: Elaboración propia.

$$7 \text{ días} = 160 + \frac{1775 - 1750}{1800 - 1750} * (183.67 - 160) = 171.83 \text{ kg/cm}^2$$



$$14 \text{ días} = 182.67 + \frac{1775 - 1750}{1800 - 1750} * (207.67 - 182.67) = 195.17 \text{ kg/cm}^2$$

$$21 \text{ días} = 190.67 + \frac{1775 - 1750}{1800 - 1750} * (221.67 - 190.67) = 206.17 \text{ kg/cm}^2$$

En la figura 5 se consolidaron los resultados de la interpolación de los datos recogidos de la tesis de Serrano Cordova, en cuanto a resistencia a compresión.

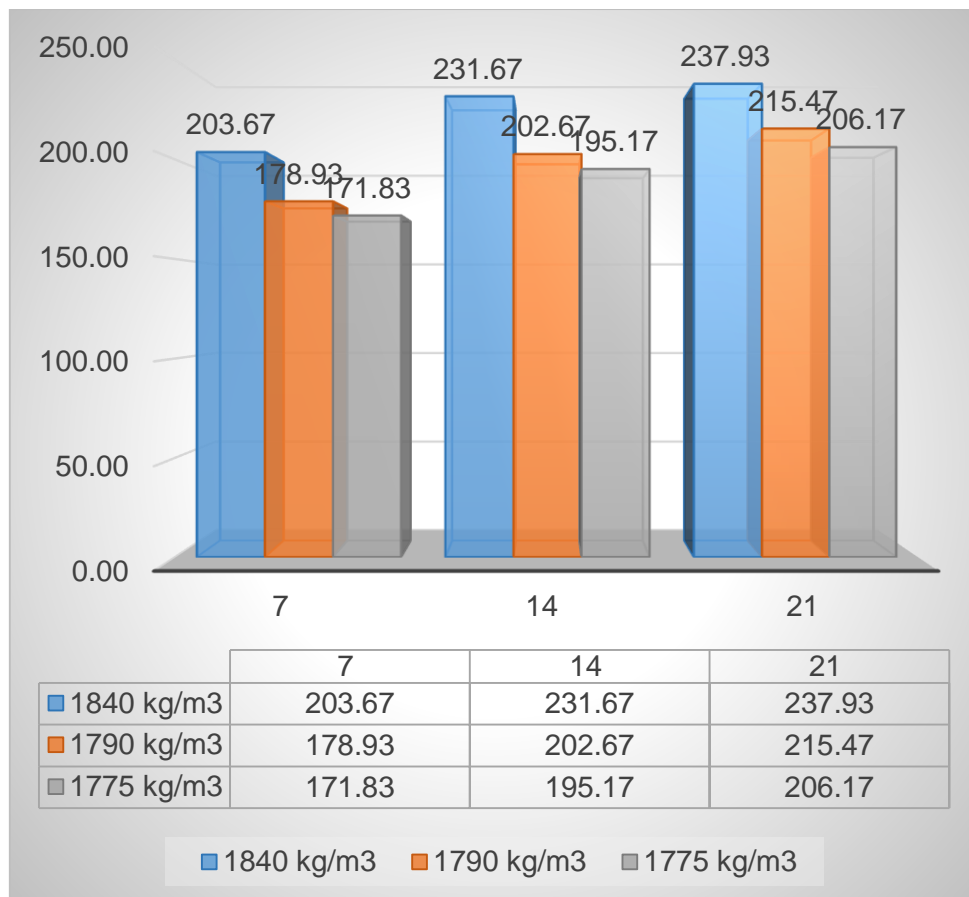


Figura 5: Resistencia a compresión a los 7, 14 y 21 días.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 5 refleja que la resistencia a compresión es directamente proporcional a la densidad, es decir, si la densidad baja, la resistencia a compresión bajará, por otro lado, la densidad requerida de 1775 kg/m<sup>3</sup> no alcanzó una resistencia a compresión  $\geq 210$  kg/cm<sup>2</sup> en ninguna edad, mientras que para una densidad requerida de 1790 kg/m<sup>3</sup> a los 21 días logró alcanzar una resistencia de 215.47 kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando así una resistencia mayor a 210 kg/cm<sup>2</sup>, de igual manera para una densidad requerida de 1840 kg/m<sup>3</sup> se alcanzó una resistencia superior a 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 21 días, siendo estos de 231.67 kg/cm<sup>2</sup> y 237.93 kg/cm<sup>2</sup>.

De la misma manera se recogieron los resultados del ensayo de resistencia a tracción por compresión diametral para diseños de mezcla de 1850 kg/m<sup>3</sup>, 1800 kg/m<sup>3</sup> y 1750 kg/m<sup>3</sup> para las edades de 7, 14 y 21 días de curado.

**Tabla 12:** Resistencia a tracción de probetas con densidad de 1850 kg/m<sup>3</sup>.

1850 kg/m <sup>3</sup>	Días	Resistencia a tracción (kg/cm <sup>2</sup> )		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
	7	22.3	17.4	19.85
	14	25.4	23.2	24.30
	21	27.2	24.5	25.85

Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

**Tabla 13:** Resistencia a tracción de probetas con densidad de 1800 kg/m<sup>3</sup>.

1800 kg/m <sup>3</sup>	Días	Resistencia a tracción (kg/cm <sup>2</sup> )		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
	7	16	17.6	16.80
	14	22	20.8	21.40
	21	26.8	25.2	26.00

Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

**Tabla 14:** Resistencia a tracción de probetas con densidad de 1750 kg/m<sup>3</sup>.

1750 kg/m <sup>3</sup>	Días	Resistencia a tracción (kg/cm <sup>2</sup> )		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
	7	16.8	14.6	15.70
	14	16.5	15.3	15.90
	21	20.9	22.8	21.85

Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

Con los valores recogidos a partir del análisis documental, se procedió a la obtención de nuevos datos por medio de la interpolación lineal y así dar con la resistencia a tracción para densidades de 1840 kg/m<sup>3</sup>, 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup> y edad de 7, 14 y 21 días, siendo estos los resultados obtenidos:

**Tabla 15:** Interpolación de datos para una densidad de 1840 kg/m<sup>3</sup>.

1840 kg/m <sup>3</sup>	Días	Resistencia a tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
	7	19.24
	14	23.72
	21	25.88

Fuente: Elaboración propia.

$$7 \text{ días} = 16.80 + \frac{1840 - 1800}{1850 - 1800} * (19.85 - 16.80) = 19.24 \text{ kg/cm}^2$$

$$14 \text{ días} = 21.40 + \frac{1840 - 1800}{1850 - 1800} * (24.30 - 21.40) = 23.72 \text{ kg/cm}^2$$

$$21 \text{ días} = 26 + \frac{1840 - 1800}{1850 - 1800} * (25.85 - 26) = 25.88 \text{ kg/cm}^2$$

**Tabla 16:** Interpolación de datos para una densidad de 1790 kg/m<sup>3</sup>.

1790 kg/m <sup>3</sup>	Días	Resistencia a tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
	7	16.58
	14	20.30
	21	25.17

Fuente: Elaboración propia.

$$7 \text{ días} = 15.70 + \frac{1790 - 1750}{1800 - 1750} * (16.80 - 15.70) = 16.58 \text{ kg/cm}^2$$

$$14 \text{ días} = 15.90 + \frac{1790 - 1750}{1800 - 1750} * (21.40 - 15.90) = 20.30 \text{ kg/cm}^2$$

$$21 \text{ días} = 21.85 + \frac{1790 - 1750}{1800 - 1750} * (26 - 21.85) = 25.17 \text{ kg/cm}^2$$

**Tabla 17:** Interpolación de datos para una densidad de 1775 kg/m<sup>3</sup>.

1775 kg/m <sup>3</sup>	Días	Resistencia a tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
	7	16.25
	14	18.65
	21	23.93

Fuente: Elaboración propia.

$$7 \text{ días} = 15.70 + \frac{1775 - 1750}{1800 - 1750} * (15.80 - 15.70) = 16.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$14 \text{ días} = 15.90 + \frac{1775 - 1750}{1800 - 1750} * (21.40 - 15.90) = 18.65 \text{ kg/cm}^2$$

$$21 \text{ días} = 21.80 + \frac{1775 - 1750}{1800 - 1750} * (26 - 21.80) = 23.93 \text{ kg/cm}^2$$

En la figura 6 se proyectaron los resultados obtenidos mediante la interpolación lineal de los valores recogidos del ensayo de resistencia a tracción por compresión

diametral que realizó de manera experimental el autor de la tesis citada a inicios del presente capítulo (capítulo IV), determinando de esta manera los siguientes resultados en cuanto a resistencia a tracción.

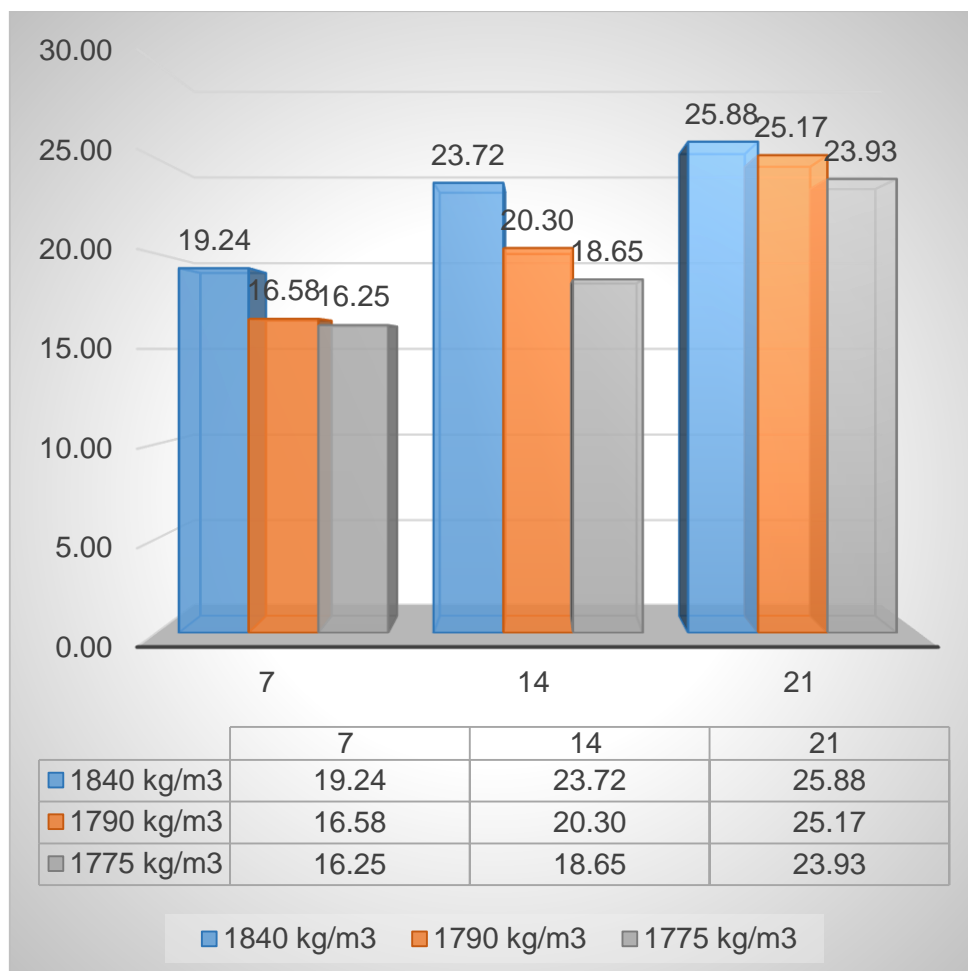


Figura 6: Resistencia a tracción a los 7, 14 y 21 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6 se puede apreciar que de igual manera que en la resistencia a compresión, a medida que la densidad baje, la resistencia a tracción también se verá reducida, por otro lado, podemos resaltar que para nuestra densidad requerida, la resistencia a tracción a los 21 días (25.88 kg/cm<sup>2</sup>, 25.17 kg/cm<sup>2</sup> y 23.93 kg/cm<sup>2</sup>) obtenida por medio de la interpolación, se encuentran dentro del parámetro establecido en el indicador de la dimensión, esto en relación al resultado de resistencia a compresión mostrado en la figura 5, donde se muestra que para la densidad de 1840 kg/m<sup>3</sup>, 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup> se obtuvo una resistencia a compresión de 237.93 kg/cm<sup>2</sup>, 215.47 kg/cm<sup>2</sup> y 206.17 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente a la densidad a los 21 días de edad curado.

Finalmente se recogieron los valores de los resultados del ensayo de densidad para los diseños de mezcla requeridos de 1850 kg/m<sup>3</sup>, 1800 kg/m<sup>3</sup> y 1750 kg/m<sup>3</sup>, el cual se desarrolló en el laboratorio de la UNI, según Serrano Cordova.

**Tabla 18:** Densidad de un diseño de mezcla de 1850 kg/m<sup>3</sup>.

1850 kg/m <sup>3</sup>	Días	Ensayo de densidad (kg/m <sup>3</sup> )			Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
	7	1873	1859	1867	1866.33
	14	1880	1889	1871	1880.00
	21	1879	1880	1876	1878.33

Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

**Tabla 19:** Densidad de un diseño de mezcla de 1800 kg/m<sup>3</sup>.

1800 kg/m <sup>3</sup>	Días	Ensayo de densidad (kg/m <sup>3</sup> )			Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
	7	1748	1843	1756	1782.33
	14	1890	1891	1730	1837.00
	21	1889	1880	1760	1843.00

Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

**Tabla 20:** Densidad de un diseño de mezcla de 1750 kg/m<sup>3</sup>.

1750 kg/m <sup>3</sup>	Días	Ensayo de densidad (kg/m <sup>3</sup> )			Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
	7	1677	1726	1601	1668.00
	14	1710	1750	1690	1716.67
	21	1715	1712	1735	1720.67

Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

A partir de estos valores recogidos, se determinaron nuevos valores de densidad para el diseño de mezcla que se planteó previamente en nuestro desarrollo del proyecto de investigación, de esta manera se determinó la densidad final para cada diseño de mezcla y a los determinados días de edad del concreto.

**Tabla 21:** Interpolación de datos para una densidad de 1840 kg/m<sup>3</sup>.

1840 kg/m <sup>3</sup>	Días	Ensayo de densidad (kg/m <sup>3</sup> )
	7	1849.53
	14	1871.40
	21	1871.27

Fuente: Elaboración propia.

$$7 \text{ días} = 1782.33 + \frac{1840 - 1800}{1850 - 1800} * (1866.33 - 1782.33) = 1849.53 \text{ kg/m}^3$$

$$14 \text{ días} = 1837 + \frac{1840 - 1800}{1850 - 1800} * (1880 - 1837) = 1871.40 \text{ kg/m}^3$$

$$21 \text{ días} = 1843 + \frac{1840 - 1800}{1850 - 1800} * (1878.33 - 1843) = 1871.27 \text{ kg/m}^3$$

**Tabla 22:** Interpolación de datos para una densidad de 1790 kg/m<sup>3</sup>.

1790 kg/m <sup>3</sup>	Días	Ensayo de densidad (kg/m <sup>3</sup> )
	7	1759.47
	14	1812.93
	21	1818.53

Fuente: Elaboración propia.

$$7 \text{ días} = 1668 + \frac{1790 - 1750}{1800 - 1750} * (1782.33 - 1668) = 1759.47 \text{ kg/m}^3$$

$$14 \text{ días} = 1716.67 + \frac{1790 - 1750}{1800 - 1750} * (1837 - 1716.67) = 1812.93 \text{ kg/m}^3$$

$$21 \text{ días} = 1720.67 + \frac{1790 - 1750}{1800 - 1750} * (1843 - 1720.67) = 1818.53 \text{ kg/m}^3$$

**Tabla 23:** Interpolación de datos para una densidad de 1775 kg/m<sup>3</sup>.

1775 kg/m <sup>3</sup>	Días	Ensayo de densidad (kg/m <sup>3</sup> )
	7	1725.17
	14	1776.83
	21	1781.83

Fuente: Elaboración propia.

$$7 \text{ días} = 1668 + \frac{1775 - 1750}{1800 - 1750} * (1782.33 - 1668) = 1725.17 \text{ kg/m}^3$$

$$14 \text{ días} = 1716.67 + \frac{1775 - 1750}{1800 - 1750} * (1837 - 1716.67) = 1776.83 \text{ kg/m}^3$$

$$21 \text{ días} = 1720.67 + \frac{1775 - 1750}{1800 - 1750} * (1843 - 1720.67) = 1781.83 \text{ kg/m}^3$$

Determinada la densidad final en relación al diseño y la edad de curado por medio de la interpolación lineal, se representó en una figura los resultados.

En la figura 7 se visualizan los resultados determinados de la interpolación de datos del diseño de mezcla de 1840 kg/m<sup>3</sup>, 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup>, con el cual se pudo definir la densidad final para cada diseño.

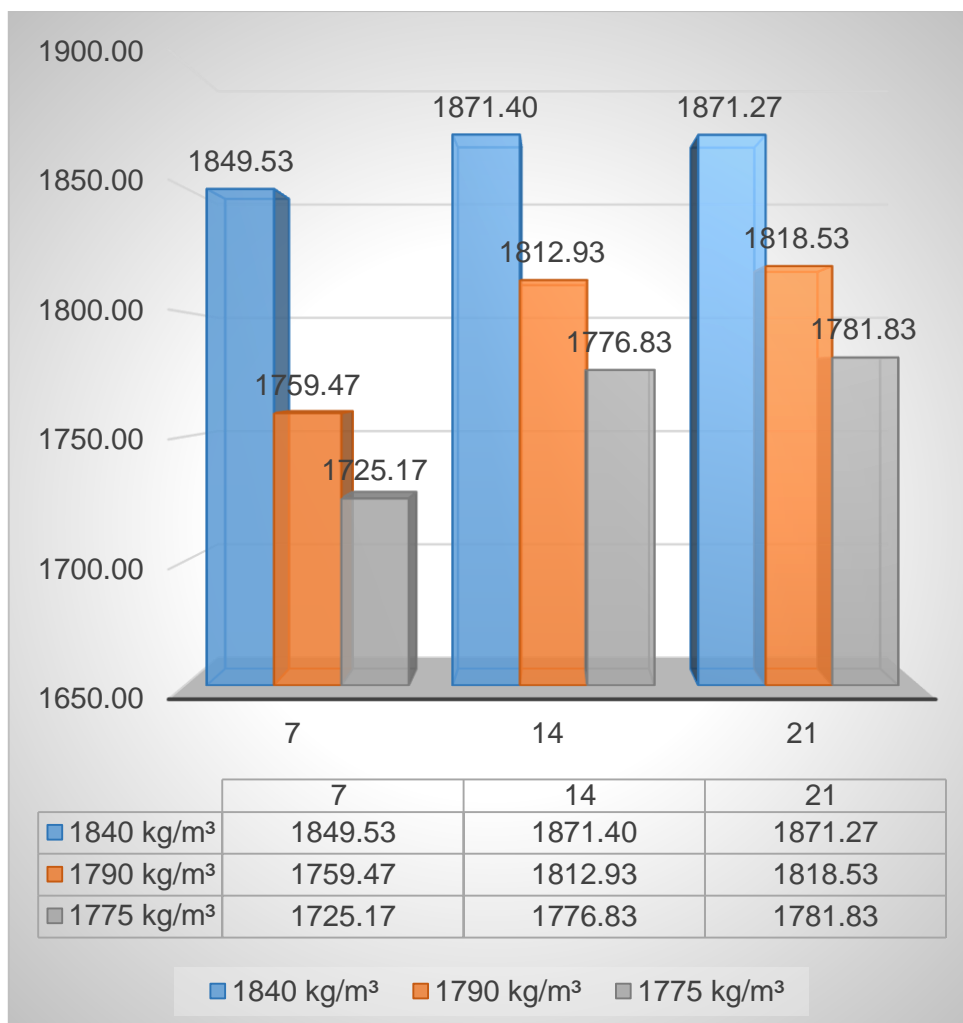


Figura 7: Densidad del concreto celular a los 7, 14 y 21 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 7 podemos observar que para el diseño de mezcla con densidades requeridas de 1840 kg/m<sup>3</sup>, 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup> se obtuvieron a los 21 días de curado del concreto celular, unas densidades finales de 1871.27 kg/m<sup>3</sup>, 1818.53 kg/m<sup>3</sup> y 1781.83 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, asimismo se puede observar también un ligero incremento frente a las densidades requeridas planteadas en la investigación, por otro lado, es de importancia resaltar la obtención de una densidad menor a 1850 kg/m<sup>3</sup> a los 21 días para una densidad requerida de 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup>, teniendo así a estas densidades dentro del parámetro para ser catalogado como concreto aligerado.

## **Contrastación de hipótesis**

Constatar una hipótesis implica someter a prueba (mediante una técnica de contrastación), si tiene concordancia con los enunciados planteados en la hipótesis.<sup>40</sup> De esta manera, de los datos obtenidos de los diferentes niveles de resistencia a compresión, tracción y densidad, se procede a contrastar la hipótesis general y específicas planteadas previamente en la investigación, en busca de establecer la conformidad o nulidad de esta.

### ***El poliestireno expandido de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.***

Mediante el análisis documental se pudo recoger datos de ensayos realizados en laboratorio por parte del autor Pedro Serrano Cordova, datos que sirvieron para determinar nuevos valores a partir de las densidades requeridas en el desarrollo del proyecto de investigación, los mismos que pudieron contrastar la influencia del poliestireno expandido de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales para el diseño de mezcla de  $1790 \text{ kg/m}^3$ , debido a que se obtuvo una densidad final de  $1818.53 \text{ kg/m}^3$  y que además también alcanzó una resistencia a compresión mayor  $210 \text{ kg/cm}^2$ , así como también una resistencia a tracción entre el 8% y 15% de la resistencia a compresión a los 21 días como se muestran en la figura 5, 6 y 7, afirmando de esta manera la aceptación estructural según la N.T.E. E.060 Concreto Armado y los requerimientos para el ensayo de resistencia a compresión y tracción.

### ***El nivel de resistencia a compresión de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.***

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos mediante la interpolación de datos para determinar el nivel de resistencia a compresión, en el cual se resalta que para el diseño de mezcla de  $1790 \text{ kg/m}^3$  se obtuvo una resistencia a compresión de  $215.47 \text{ kg/cm}^2$  a los 24 días, asimismo se obtuvieron valores de resistencia a compresión de  $231.67 \text{ kg/cm}^2$  y  $237.93 \text{ kg/cm}^2$  para el diseño de  $1840 \text{ kg/m}^3$  a los 14 y 21 días, alcanzando así una resistencia mayor a  $210 \text{ kg/cm}^2$ , requerimiento primordial para tener aceptación estructural, con ello afirmando la influencia positiva en la utilización de elementos estructurales.



***El nivel de resistencia a tracción de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.***

Se pudo establecer que la resistencia a tracción de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, esto debido a que para las densidades requeridas de 1850 kg/m<sup>3</sup>, 1800 kg/m<sup>3</sup> y 1750 kg/m<sup>3</sup> se obtuvo una resistencia a tracción de 25.88 kg/cm<sup>2</sup>, 25.17 kg/cm<sup>2</sup> y 23.93 kg/cm<sup>2</sup> a los 21 días, con el cual se determinó que se encuentran dentro del parámetro establecido en la investigación la cual está entre el 8% y 15% en relación a la resistencia a compresión que se obtuvieron como se muestra en la figura 6.

***El nivel de densidad de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.***

Se contrasta la hipótesis en base a los resultados obtenidos y que se muestran en la figura 7, en el cual se puede observar que para la densidad requerida de 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup> se obtuvieron densidades finales de 1818.53 kg/m<sup>3</sup> y 1781.33 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, siendo este menor a 1850 kg/m<sup>3</sup>, afirmando así la influencia positiva en la utilización de elementos estructurales, debido a la aceptabilidad de ser un concreto aligerado, y en función a la resistencia a compresión, un concreto estructural, ya que supera la resistencia mínima para ser empleado estructuralmente.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1 Influencia del nivel de resistencia a compresión de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales.

**Resultado:** De la incorporación de poliestireno expandido en la mezcla de concreto celular se determinó que al añadir mayor cantidad de poliestireno expandido, menor resistencia a compresión se obtendrá, de esta forma se pudo consolidar que con las densidades requeridas planteadas en la investigación se alcanzó un nivel de resistencia a compresión superior a la mínima para contar con aceptación para ser implementado en elementos estructurales.

**Antecedente:** Poma (2019) en su investigación que tuvo como finalidad producir un concreto aligerado y así determinar la influencia de la adición del poliestireno expandido para ser aplicados en distintos tipos de construcción y solicitaciones en la cual puedan intervenir, para ello agregó poliestireno expandido a la mezcla de concreto, esto a partir de un previo diseño de mezcla, donde determinó porcentajes de 0%, 25%, 50% y 100% de poliestireno expandido en sustitución del agregado grueso, estableciendo así la dosificación para la elaboración de especímenes cilíndricos de concreto celular y someterlos a ensayos de resistencia a compresión, y consiguientemente obtener los valores de resistencia mediante dicho ensayo, el resultado más favorable de este ensayo reflejó resistencia a compresión promedio a los 28 días de 204.10 kg/cm<sup>2</sup> para el reemplazo del 25% del agregado grueso, resultando de tal manera, menor resistencia a compresión según iba aumentando la incorporación en porcentaje de poliestireno expandido, consiguientemente obteniendo una resistencia dentro del rango estructural, resultado muy cercano a la resistencia a compresión de un concreto convencional.

**Hipótesis:** El nivel de resistencia a compresión de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020. Mediante la interpolación de datos recogidos de los resultados de la tesis de Serrano, se determinó resistencia a compresión de 237.93 kg/cm<sup>2</sup> y 215.47 kg/cm<sup>2</sup> para las densidades requeridas de 1840 kg/m<sup>3</sup> y 1790 kg/m<sup>3</sup>, afirmando con ello que el nivel de resistencia a compresión influyó positivamente en la utilización de elementos

estructurales, es decir, el concreto celular a partir de la adición de poliestireno expandido puede ser implementado estructuralmente.

**Pregunta:** ¿Cuánto influye el nivel de resistencia a compresión de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020? Al determinar los valores de resistencia a compresión para las densidades requeridas planteadas en el desarrollo de proyecto de investigación, se pudo deducir que mientras más contenido de poliestireno expandido se agregaba a la mezcla, esta reflejaba una reducción en la resistencia a compresión, de esta manera se señala que para la densidad requerida de  $1775 \text{ kg/m}^3$  no alcanzó resistencia con aceptabilidad estructural, con ello se determina que la densidad requerida de  $1790 \text{ kg/m}^3$  y  $1840 \text{ kg/m}^3$  alcanzaron resistencia con aceptabilidad estructural, siendo estos los diseños de mezcla más favorables en cuanto a resistencia a compresión.

**Consideraciones:** Debido a la emergencia sanitaria se recurrió a la técnica del análisis documental, medio por el cual podemos observar que en la investigación de Poma no alcanzó una resistencia mayor a  $210 \text{ kg/cm}^2$ , esto debido a que la incorporación de poliestireno expandido fue en mayor proporción en sustitución del agregado grueso, sin embargo, la diferencia fue mínima.

## **5.2 Influencia del nivel de resistencia a tracción de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales.**

**Resultado:** En relación al nivel de resistencia a compresión se estableció la resistencia a tracción, la cual dio como resultado resistencia a tracción dentro de los parámetros establecidos frente a la resistencia a compresión obtenida respectivamente a los días de rotura y el diseño de mezcla, de esta manera se determinó que la resistencia a tracción se encuentra dentro del parámetro, el cual contempla un 8% y 15% de la resistencia a compresión, con aceptación para ser implementado en elementos estructurales.

**Antecedente:** Álvarez y Meca (2019) en su investigación donde se buscó elaborar un diseño de unidades de albañilería a partir de la adición del poliestireno expandido y determinar así sus propiedades mecánicas, para ello hizo un diseño de mezcla donde incorporó  $30.1 \text{ kg}$  de poliestireno expandido por metro cúbico de concreto liviano, de esta manera mediante el ensayo de esfuerzo a tracción por

flexión de las unidades de albañilería se obtuvo una resistencia promedio de 4.01 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad, esto representó el 5.73% de la resistencia a compresión (69.75 kg/cm<sup>2</sup>) que se obtuvo en su tesis, determinando así el diseño de mezcla para la elaboración de las unidades de albañilería.

**Hipótesis:** El nivel de resistencia a tracción de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020. En la evaluación del nivel de resistencia a tracción se observó conformidad en los resultados a los 7, 14 y 21 días, con respecto a la resistencia a compresión obtenida y respectivamente a las densidades requeridas de 1840 kg/m<sup>3</sup>, 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup>, afirmando de esta manera la influencia positiva del nivel de resistencia a tracción en la utilización de elementos estructurales, ya que la resistencia a tracción obtenida se encuentra dentro del parámetro, el cual está entre el 8% y 15% en función al resultado de la resistencia a compresión, permitiendo así el uso estructural a este tipo de concreto.

**Pregunta:** ¿Cuánto influye el nivel de resistencia a tracción de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020? El resultado que se obtuvo de la interpolación lineal de los valores recogidos de la tesis de Serrano, fue un nivel de resistencia a tracción de 25.88 kg/cm<sup>2</sup>, 25.17 kg/cm<sup>2</sup> y 23.93 kg/cm<sup>2</sup> frente a una resistencia a compresión de 237.93 kg/cm<sup>2</sup>, 215.47 kg/cm<sup>2</sup> y 206.17 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente a los días de rotura y densidades requeridas de 1840 kg/m<sup>3</sup>, 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup>, consiguiéndose de esa manera resultados favorables en cuanto a resistencia a tracción en todos los días de rotura, ya que cumplió el parámetro establecido según indicador.

**Consideraciones:** Se procedió con la tesis de Álvarez y Meca, donde se obtuvo resistencia a tracción muy inferior, esto debido a que el diseño de mezcla fue para la elaboración de unidades de albañilería, el cual tiene menores requerimientos de resistencia a compresión y tracción para ser implementado.

### **5.3 Influencia del nivel de densidad de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.**

**Resultado:** A partir de la interpolación de datos se logró determinar una reducción de densidad conforme a la incorporación de poliestireno expandido en la mezcla de

concreto celular, teniendo densidades ligeramente superiores a las densidades de diseño requeridas según la proporción agregada de poliestireno expandido, sin embargo se consiguieron densidades finales con aceptabilidad para ser un concreto aligerado y además también estructural.

**Antecedente:** Lituma y Zhunio (2015) en su investigación que tuvo como finalidad la disminución del peso propio del concreto por medio de un análisis del concreto con la adición de poliestireno expandido, donde se sustituyó al 30%, 45%, 60%, 75%, 90% y 100% el agregado fino, y consiguientemente lográndose disminuida densidad en todas las edades, esto debido a la baja densidad de la perla de poliestireno expandido en comparación con la arena, se resalta también la disminución en densidad que está entre el 3% y 17% frente a un concreto convencional, y finalmente obteniendo una densidad de 1836 kg/m<sup>3</sup> para la sustitución completa de la arena a los 28 días.

**Hipótesis:** El nivel de densidad de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020. El nivel de densidad alcanzado fue en relación a la cantidad de poliestireno que se agregó, se afirma la influencia positiva, ya que resultaron densidades aceptables ( $\leq 1850$  kg/m<sup>3</sup>) para ser un concreto ligero y ser utilizado en elementos estructurales, reflejando que con mayor proporción de poliestireno menor densidad se obtuvo.

**Pregunta:** ¿Cuánto influye el nivel de densidad de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020? Por medio de la interpolación lineal se obtuvo una densidad final de 1871.27 kg/m<sup>3</sup>, 1818.53 kg/m<sup>3</sup> y 1781.83 kg/m<sup>3</sup> con respecto al diseño de mezcla 1840 kg/m<sup>3</sup>, 1790 kg/m<sup>3</sup>, y 1775 kg/m<sup>3</sup>, encontrando resultados favorables para 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup>, ya que resultó densidad menor a 1850 kg/m<sup>3</sup> en todas la edades de evaluación, esto quiere decir que fueron los diseños de mezcla más óptimos para conseguir una densidad adecuada para ser considerada ligera.

**Consideraciones:** En cuanto al nivel de densidad, se obtuvieron resultados similares, esto debido a que la aplicación del material fue en mayor porcentaje respecto a la arena, ya que se hizo el diseño para un concreto convencional y sobre ello sustituyó la arena porcentualmente.

## VI. CONCLUSIONES

Establecer la influencia del poliestireno expandido de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.

Objetivo general, se estableció que, la adición del poliestireno expandido produjo un concreto celular con aceptabilidad para implementarlo en elementos estructurales, mediante el análisis de propiedades físicas y mecánicas: 1) al resultar una resistencia a compresión que cumplió requerimiento para ser estructural; 2) al obtener una resistencia a tracción del 8% a 15% en relación al  $f'c$  obtenido y 3) al conseguir una densidad final menor al requerido para ser un concreto ligero.

1) Resistencia a compresión; 1840 kg/m<sup>3</sup> (237.93 kg/cm<sup>2</sup>), 1790 kg/m<sup>3</sup> (215.47 kg/cm<sup>2</sup>) y 1775 kg/m<sup>3</sup> (206.17 kg/cm<sup>2</sup>).

Objetivo específico 1, Se estableció la influencia del nivel de resistencia a compresión, ya que para el diseño de mezcla 1840 kg/m<sup>3</sup> y 1790 kg/m<sup>3</sup> se obtuvieron  $f'c$  superior a 210 kg/cm<sup>2</sup>, entonces la influencia está directamente relacionada con las densidades propuestas, por lo que la influencia da aceptabilidad para la utilización en elementos estructurales, el cual queda comprobado.

2) Resistencia a tracción; 1840 kg/m<sup>3</sup> (25.88 kg/cm<sup>2</sup>), 1790 kg/m<sup>3</sup> (25.17 kg/cm<sup>2</sup>) y 1775 kg/m<sup>3</sup> (23.93 kg/cm<sup>2</sup>).

Objetivo específico 2, Se estableció la influencia del nivel de resistencia a tracción, debido a que para todos los diseños de mezcla se obtuvo resistencias que estaban entre el 8% y 15% en relación al  $f'c$ , entonces la influencia está directamente relacionada con las densidades propuestas, por lo que la influencia da aceptabilidad para la utilización en elementos estructurales, el cual queda comprobado.

3) Densidad; 1840 kg/m<sup>3</sup> (1871.27 kg/m<sup>3</sup>), 1790 kg/m<sup>3</sup> (1818.53 kg/m<sup>3</sup>) y 1775 kg/m<sup>3</sup> (1781.83 kg/m<sup>3</sup>).

Objetivo específico 3, Se estableció la influencia del nivel de densidad, ya que para el diseño de mezcla 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup> se obtuvo densidad final menor a 1850 kg/m<sup>3</sup>, entonces la influencia está directamente relacionada con las densidades propuestas, por lo que la influencia da aceptabilidad para la utilización en elementos estructurales, el cual queda comprobado.

## VI. RECOMENDACIONES

El desarrollo de este proyecto de investigación se dio por medio de la técnica del análisis documental, donde se recogió datos de una tesis cuyo objetivo fue similar y se desarrolló de manera experimental, y a partir de ello se determinó nuestros resultados, por lo cual se recomienda un desarrollo de manera experimental para la obtención de datos con una mayor fiabilidad.

Resistencia a compresión; 1840 kg/m<sup>3</sup> (237.93 kg/cm<sup>2</sup>), 1790 kg/m<sup>3</sup> (215.47 kg/cm<sup>2</sup>) y 1775 kg/m<sup>3</sup> (206.17 kg/cm<sup>2</sup>).

Objetivo específico 1, en la presente investigación para los diseños de mezcla establecidos, se logró para 1840 kg/m<sup>3</sup> y 1790 kg/m<sup>3</sup> resistencia a compresión superior a 210 kg/cm<sup>2</sup>, por esta razón se recomienda establecer un diseño de mezcla en el rango de 1775 kg/m<sup>3</sup> a 1790 kg/m<sup>3</sup> y así poder conseguir un diseño de mezcla con menor densidad y con resistencia a compresión  $\geq 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

Resistencia a tracción; 1840 kg/m<sup>3</sup> (25.88 kg/cm<sup>2</sup>), 1790 kg/m<sup>3</sup> (25.17 kg/cm<sup>2</sup>) y 1775 kg/m<sup>3</sup> (23.93 kg/cm<sup>2</sup>).

Objetivo específico 2, en la presente investigación para los diseños de mezcla establecidos, se logró resistencia a tracción entre el 8% y 15% para los diseños de 1840 kg/m<sup>3</sup>, 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup>, con respecto a la resistencia a compresión obtenida, por lo tanto se recomienda para investigaciones posteriores plantear nuevos diseños de mezcla con densidades menores y así determinar si sigue esta tendencia en conformidad con la resistencia a compresión.

Densidad; 1840 kg/m<sup>3</sup> (1871.27 kg/m<sup>3</sup>), 1790 kg/m<sup>3</sup> (1818.53 kg/m<sup>3</sup>) y 1775 kg/m<sup>3</sup> (1781.83 kg/m<sup>3</sup>).

Objetivo específico 3, en la presente investigación para los diseños de mezcla establecidos, se logró para los diseños de 1790 kg/m<sup>3</sup> y 1775 kg/m<sup>3</sup> densidad final menor a 1850 kg/m<sup>3</sup>, de manera que se recomienda establecer un diseño de mezcla menor a 1840 kg/cm<sup>2</sup> y así poder obtener una densidad final que cumpla con el requerimiento para ser un concreto celular con una densidad mucho menor.

## REFERENCIAS

1. ÁLVAREZ FIESTAS, Miguel Ángel; MECA OVIEDO, Irvin Eduardo. Diseño de unidades de albañilería de concreto liviano a base de poliestireno expandido, Piura-2018. 2019.
2. VENTOCILLA, Poma; ABEL, Miro. Evaluación de la influencia de las Perlas de Poliestireno Expandido (EPS) en la obtención de concreto ligero en los laboratorios de la EFP de Ingeniería Civil de la UNDAC, Pasco-2019. 2020.
3. RODRÍGUEZ CHICO, Hugo Emmanuel. Concreto liviano a base de poliestireno expandido para la prefabricación de unidades de albañilería no estructural-Cajamarca. 2017.
4. GIL VIVAS, Angélica María; RIVERA MEDINA, Paola Andrea. Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales. 2015.
5. LITUMA, M.; ZHUNIO, B. Influencia de las Perlas de Poliestireno Expandido (EPS) en el peso y en la resistencia a compresión del hormigón (tesis de pregrado). *Universidad de Cuenca, Cuenca–Ecuador*, 2015.
6. REYES MADRIZ, Rafael, et al. *Diseño de una mezcla de concreto experimental sustituyendo el agregado grueso por perlas de poliestireno de  $\phi = \frac{3}{4}$ " y un asentamiento de 3"*, para lograr una resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . 2016. Tesis Doctoral.
7. ADNAN, Suraya Hani; ABADALLA, Musab Alfatih Salim; JAMELLODIN, Zalipah. The mechanical and physical properties of concrete containing polystyrene beads as aggregate and palm oil fuel ash as cement replacement material. En *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC, 2017. p. 020016.
8. RISDANARENI, Puput; SULTON, Mohammad; NASTITI, Syahidah F. Lightweight foamed concrete for prefabricated house. En *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC, 2016. p. 030029.



9. JAIN, Devansh; HINDORIYA, Anubhav Kumar; BHADAURIA, Sudhir S. Evaluation of properties of cellular light weight concrete. En *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC, 2019. p. 020034.
10. MAAROUFI, Maroua, et al. Influence of recycled polystyrene beads on cement paste properties. En *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences, 2018. p. 01032.
11. HARITH, Iman Kattoof. Study on polyurethane foamed concrete for use in structural applications. *Case studies in construction materials*, 2018, vol. 8, p. 79-86.
12. CARVALHO, CHR; MOTTA, LAC. Study about concrete with recycled expanded polystyrene. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 2019, vol. 12, no 6, p. 1390-1407.
13. PANESAR, D. K. Cellular concrete properties and the effect of synthetic and protein foaming agents. *Construction and building materials*, 2013, vol. 44, p. 575-584.
14. SERRANO CORDOVA, Pedro Fernando. Elaboración de un concreto ligero para uso estructural en la ciudad de Lima metropolitana 2018. 2018.
15. CABRERA, María Inés. Utilización de los concretos de alta resistencia y concretos celulares en la industria de la construcción ecuatoriana, clasificados por sectores: vivienda, electricidad, gas/petróleo, salud y educación. *INGENIO*, 2018, vol. 1, no 1, p. 15-30.
16. AZA MEDINA, Leyda Cinthia. *La totora como material de aislamiento térmico: Propiedades y potencialidades*. 2016. Tesis de Maestría. Universitat Politècnica de Catalunya.
17. PAULINO FIERRO, Jean Carlo; ESPINO ALMEYDA, Ronald Andrés. Análisis comparativo de la utilización del concreto simple y el concreto liviano con perlitas de poliestireno como aislante térmico y acústico aplicado a unidades de albañilería en el Perú. 2017.
18. CHEN, Wensu, et al. Static and dynamic mechanical properties of expanded polystyrene. *Materials & Design*, 2015, vol. 69, p. 170-180.

19. LERMEN, Richard Thomas, et al. Effect of Additives, Cement Type, and Foam Amount on the Properties of Foamed Concrete Developed with Civil Construction Waste. *Applied Sciences*, 2019, vol. 9, no 15, p. 2998.
20. FERNÁNDEZ, A.; MORALES, J.; SOTO, F. Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días. *Revista INGENIERÍA UC*, 2016, vol. 23, no 2, p. 197-203.
21. ASTM INTERNATIONAL. ASTM C39: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. 2014.
22. KIM, Jung J.; REDA TAHA, Mahmoud. Experimental and numerical evaluation of direct tension test for cylindrical concrete specimens. *Advances in civil engineering*, 2014, vol. 2014.
23. TIWARI, Binod, et al. Mechanical properties of lightweight cellular concrete for geotechnical applications. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2017, vol. 29, no 7, p. 06017007.
24. GERENCIA DE PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN, INDECOPI. R. N° 154-2018-INDECOPI/COD Designan miembro de la Comisión de Signos Distintivos. 2018.
25. NICOMEDES, Esteban. Tipos de investigación. 2018. *Recuperado de:* <http://repositorio.unisdg.edu.pe/bitstream/USDG/34/1/Tipos-de-Investigacion.pdf>
26. HERNÁNDEZ, R.; HERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, M. Metodología de la investigación. Sexta edición. 2017. ISBN: 978-607-15-0291-9. *Printed in México.*  
*Recuperado* *de:*  
<https://www.uca.ac.cr/wpcontent/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
27. WHITE, Howard, et al. Diseño y métodos cuasiexperimentales. *Síntesis metodológicas: evaluación de impacto*, 2014, no 8.
28. REGUANT ÁLVAREZ, Mercedes; MARTÍNEZ OLMO, Francesc. Operacionalización de conceptos/variables. 2014.

29. CAUAS, Daniel. Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. *Bogotá: biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia*, 2015, vol. 2, p. 1-11.
30. GONG, Weiliang; LUTZE, Werner; PEGG, Ian L. *High-strength geopolymer composite cellular concrete*. U.S. Patent No 9, 919, 974. 20 Mar. 2018.
31. Reglamento Nacional de Edificaciones. *Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento*, 2006. Disponible en: <https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>
32. ABREU, Jose Luis. Constructos, Variables, Dimensiones, Indicadores & Congruencia (Constructs, Variables, Dimensions, Indicators & Consistency). *Daena: International Journal of Good Conscience*, 2012, vol. 7, no 3, p. 123-130.
33. VILLASÍS-KEEVER, Miguel Ángel; MIRANDA-NOVALES, María Guadalupe. El protocolo de investigación IV: las variables de estudio. *Revista Alergia México*, 2016, vol. 63, no 3, p. 303-310.
34. NEFTALI, TOLEDO DIAZ DE LEON. Población y Muestra. 2016.
35. SETIA, Maninder Singh. Methodology series module 5: Sampling strategies. *Indian Journal of Dermatology*, 2016, vol. 61, no 5, p. 505.
36. SACI, N. Data collection methods. Research Methodology. 2014. Disponible en: [https://www.academia.edu/7226538/DATA\\_COLLECTION\\_METHODS\\_RESEARCH\\_METHODODOLOGY](https://www.academia.edu/7226538/DATA_COLLECTION_METHODS_RESEARCH_METHODODOLOGY)
37. MAYA, Esther. Una propuesta ágil para la presentación de trabajos científicos en las áreas de arquitectura, urbanismo y disciplinas afines. *Revista Métodos y técnicas de investigación*, 2014.
38. SIDGWICK, Henry. *The methods of ethics*. Good Press, 2019.
39. GALÁN-RODAS, Edén; TARAZONA-FERNÁNDEZ, Augusto; PALACIOS-CELI, Miguel. Riesgo y muerte de los médicos a 100 días del estado de emergencia por el COVID-19 en Perú. *Acta Médica Peruana*, 2020, vol. 37, no 2, p. 119-121.
40. ESPINOZA FREIRE, Eudaldo Enrique. La hipótesis en la investigación. *Mendive. Revista de Educación*, 2018, vol. 16, no 1, p. 122-139.

## ANEXOS

**Anexo 1:** Declaratoria de Originalidad de los autores.

### Declaratoria de Originalidad de los Autores



Nosotros, Coveñas Yovera, Carmen Rosa y Choccelahua Monge, Jhon Alex egresados de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo (Sede Lima Norte), declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulado:

“Influencia del poliestireno expandido de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020”, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis.

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 27 de noviembre del 2020.

Choccelahua Monge, Jhon Alex	
DNI: 76548473	Firma 
ORCID: 0000-0002-2215-1999	
Coveñas Yovera, Carmen Rosa	
DNI: 70313297	Firma 
ORCID: 0000-0003-2253-6941	

**Anexo 2:** Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Nivel de medición
VI: POLIESTIRENO EXPANDIDO DE UN CONCRETO CELULAR	El concreto celular se define como un material ligero, el cual está conformado por cemento portland, limo de material fino silíceo (arena, escoria o ceniza volante) y agua, mezclados con la finalidad de elaborar una pasta de vacíos homogéneos debido a la reacción química. <sup>30</sup>	Para el manejo de la variable independiente se recogió datos de una tesis donde se hizo un estudio del agregado, consiguientemente se produjo el diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionándole poliestireno expandido de $\%$ más aditivo plastificante con dosificaciones para densidades de 1850, 1800 y 1750 $\text{kg/m}^3$ , para obtener nuevos valores.	Dosificación del concreto celular con una densidad de 1840, 1790 y 1775 $\text{kg/m}^3$	Resistencia a compresión $\geq 210 \text{ kg/cm}^2$	Ensayo de resistencia a compresión	INTERVALO
			Poliestireno expandido	Propiedades del poliestireno expandido	Hoja técnica	
			Estudio del agregado	Módulo de finura	Análisis granulométrico	
			Diseño de mezcla	% de aditivo plastificante Slump de 3" a 4"	Método ACI 211	
VD: UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	El Reglamento Nacional de Edificaciones contempla como elemento estructural a la cimentación, columna, muro de corte, viga, losa, pilote, zapata. <sup>31</sup>	Para conocer la factibilidad del concreto celular en la utilización de elementos estructurales, se evaluó dosificaciones para densidades de 1840, 1790 y 1775 $\text{kg/m}^3$ , y a partir de ello se determinó la resistencia a compresión y tracción, así como también al ensayo de densidad mediante interpolación de los datos recogidos.	Resistencia a compresión del concreto celular	Resistencia a compresión $\geq 210 \text{ kg/cm}^2$	Ensayo de resistencia a compresión	INTERVALO
			Resistencia a tracción del concreto celular	Entre 8% y 15% de la resistencia a compresión	Ensayo de resistencia a tracción	
			Densidad del concreto celular	$\leq 1850 \text{ kg/m}^3$	Ensayo de densidad	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Matriz de consistencia.

Influencia del poliestireno expandido de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020						
Autores: JHON ALEX CHOCCELAHUA MONGE y CARMEN ROSA COVEÑAS YOVERA						
PROBLEMAS	OBEJIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTOS			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN METODOLOGÍA
<u>PROBLEMA GENERAL</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPÓTESIS GENERAL</u>	V. INDEPENDIENTE: POLIESTIRENO EXPANDIDO DE UN CONCRETO CELULAR			
			<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADORES</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>	
¿Cuánto influye el poliestireno expandido de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020?	Establecer la influencia del poliestireno expandido de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.	El poliestireno expandido de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.	D1: Dosificación del concreto celular con una densidad de 1840, 1790 y 1775kg/m <sup>3</sup>	I1: Resistencia a compresión $\geq 210 \text{ kg/cm}^2$	Análisis granulométrico, ensayo de resistencia a compresión, hoja técnica y método ACI 211.	
			D2: Poliestireno expandido	I2: Procedencia del poliestireno expandido I3: Propiedades del poliestireno expandido		
			D3: Estudio del agregado	I4: Módulo de finura		
			D4: Diseño de mezcla	I5: % de aditivo plastificante I6: Slump de 3" a 4"		
<u>PROBLEMA ESPECÍFICOS</u>	<u>OBJETIVO ESPECÍFICOS</u>	<u>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</u>	V. DEPENDIENTE: UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES			<b>Metodo:</b> (Científico) <b>Tipo:</b> (Aplicada) <b>Nivel:</b> (Explicativa) <b>Diseño:</b> (Cuasi experimental) <b>Enfoque:</b> (Cuantitativo) <b>Población:</b> Las probetas cilíndricas producidas a partir de la mezcla de concreto celular. <b>Muestra:</b> 45 probetas cilíndricas. <b>Muestreo:</b> No probabilístico. <b>Técnica:</b> Análisis documental. <b>Instrumentos:</b> Formatos de los ensayos realizados.
			<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADORES</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>	
¿Cuánto influye el nivel de resistencia a compresión de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020?	Establecer la influencia del nivel de resistencia a compresión de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.	El nivel de resistencia a compresión de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.	D5: Resistencia a compresión del concreto celular	I7: Resistencia $\geq 210 \text{ kg/cm}^2$	Ensayo de resistencia a compresión, resistencia a tracción y densidad	
¿Cuánto influye el nivel de resistencia a tracción de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020?	Establecer la influencia del nivel de resistencia a tracción de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.	El nivel de resistencia a tracción de un concreto celular influye positivamente en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.	D6: Resistencia a tracción del concreto celular	I8: Entre 8% y 15% de la resistencia a compresión		
¿Cuánto influye el nivel de densidad de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020?	Establecer la influencia del nivel de densidad de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.	El nivel de densidad de un concreto celular influye positivamente la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020.	D7: Densidad del concreto celular	I9: $\leq 1850 \text{ kg/m}^3$		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Hoja técnica Sikament® TM-100.

**Hoja Técnica**  
Edición 2110201101  
Identificación No. 96553, 405804, 96552  
Sikament®-100

**Sikament®-100**  
Aditivo reductor de agua de alto rango súper-plastificante y acelerante de resistencias.

**Descripción** Aditivo líquido reductor de agua de alto rango, súper-plastificante y acelerante de resistencias para concreto. Confiere al concreto una consistencia súper-fluida y de alta trabajabilidad. **No contiene cloruros.** Cumple con la norma **ASTM C 494 Tipo F** y **ASTM C 1017 Tipo I.**

**Usos** **Sikament®-100** se caracteriza por su alto poder dispersante que permite una perfecta distribución de las partículas de cemento del concreto, provocando una hidratación completa, obteniendo así la máxima eficiencia del cemento. Se usa principalmente para: estructuras pretensadas, postensadas, prefabricadas, de diseño especial, colados en serie, descimbrados a corto plazo.

**Ventajas**

- Incrementa la eficiencia del cemento.
- Reduce la segregación y el sangrado.
- Reduce la permeabilidad y disminuye la tendencia a la fisuración así como a la contracción.
- Produce excelentes acabados.
- Es el aditivo ideal para trabajos urgentes.
- Permite reducir el costo de colocación, vibrado, cimbra y el tiempo de construcción.
- A 24 horas acelera la resistencia del concreto o mortero de un 45% a un 70% dependiendo de la dosificación y la reducción de agua obtenida, con relación al concreto o mortero sin aditivo, permitiendo acortar los tiempos de descimbrado.

**Modo de Empleo**

**Como súper-plastificante**  
Agregue **Sikament®-100** al concreto ya mezclado, en este caso debe ampliarse el tiempo de mezclado medio minuto más por cada metro cúbico de concreto.

**Como reductor de agua de alto rango**  
Agregue **Sikament®-100** en el último 10% del agua de mezcla durante la preparación del concreto.

**Dosificación**


**Como súper-plastificante**  
De 0,6% a 1,0% del peso del cemento (5,0 a 8,5 ml/kg de cemento).

**Como reductor de agua de alto rango**  
De 1,2% a 3,0% del peso del cemento (10 a 25 ml/kg de cemento).

**Datos Técnicos**

Tipo: aditivo líquido a base de melamina formaldehído.  
Color: café oscuro.  
Densidad: 1,18 kg/l aprox.

**Construcción**



1

Sikament®-100 1/2

<b>Precauciones</b>	<p>La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y las condiciones de la obra.</p> <p>La permanencia del efecto de súper-fluidez se mantiene alrededor de 30 minutos. El lapso de la permanencia de fluidez obedece al revenimiento inicial y a las temperaturas del concreto fresco y a las del ambiente. Demoras imprevistas en un colado pueden remediarse mediante una segunda dosis de Sikament®-100 al concreto. Este producto funciona como acelerante de resistencia a una dosificación del 2,5% al 3,0% del peso del cemento.</p>
<b>Medidas de Seguridad</b>	<p>En caso de contacto con la piel, lave la zona afectada inmediatamente con abundante agua y jabón. En caso de contacto con los ojos, lave enseguida con agua abundante durante 15 minutos y acuda al médico. En caso de ingestión no provoque el vómito y solicite atención médica. Para mayor información y en caso de derrames consulte la hoja de seguridad.</p>
<b>Almacenamiento</b>	<p>Doce (12) meses en su empaque original, en lugar fresco, bajo techo y protegido de la humedad.</p>
<b>Advertencia</b>	<p>Toda la información contenida en este documento y en cualquiera otra asesoría proporcionada, fueron dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika Mexicana de los productos siempre y cuando hayan sido correctamente almacenados, manejados y aplicados en situaciones normales y de acuerdo a las recomendaciones de Sika Mexicana. La información es válida únicamente para la(s) aplicación(es) y el(los) producto(s) a los que se hace expresamente referencia. En caso de cambios en los parámetros de la aplicación, como por ejemplo cambios en los sustratos, o en caso de una aplicación diferente, consulte con el Servicio Técnico de Sika Mexicana previamente a la utilización de los productos Sika. La información aquí contenida no exonera al usuario de hacer pruebas sobre los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. En todo caso referirse siempre a la última versión vigente de la Hoja Técnica del Producto. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras condiciones generales vigentes de venta y suministro.</p>

Para dudas o aclaraciones:

**Sika responde**  
**01 800 123 SIK**  
7 4 5 2  
 soporte.tecnico@mx.sika.com  
 sika.responde@mx.sika.com  
**www.sika.com.mx**





## Anexo 5: Ficha técnica de las perlas poliestireno expandido.

www.techmo.es • info@techmo.es

Fecha de última revisión: 04/03/2017

# Ficha Técnica



## Perlas de Poliestireno

Perlas para la obtención de mortero aligerado, aislante térmico y acústico

### Descripción

Las PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO permiten su mezcla con cemento y arenas, proporcionando una perfecta homogeneización sin segregación ni flotaciones. Las PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO son sometidas a un tratamiento físico-químico que asegura una excelente adherencia al cemento. Se consigue un mortero aligerado, aislante térmico y acústico para cubiertas, entreplantas y primeras plantas, así como cualquier relleno.

### Ventajas

Tiene numerosas ventajas, ya que se trata de áridos de perfecto pastado solo con agua y cemento. No se segrega ni flota, además de su estabilidad al paso del tiempo, no se agrieta ni se hincha. Ligero, fácil de transportar y de manejar. No pierde volumen ni en la colocación ni en el fraguado. Permite la formación de pendientes en cubiertas sin añadir excesivo peso

### Consumo

Un saco de PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO permite la fabricación de 400 lt. de hormigón ligero entre 200 y 500 kg/m<sup>3</sup>

### Orden de Introducción

#### En la Hormigonera:

Agua, arena si es necesario, perlas y cemento. El tiempo de amasado es de 5 minutos

#### En el Camión Hormigonera:

Agua (toda la necesaria) y perlas. Mezclar durante 10 minutos a la máxima velocidad. Arena si es necesario y cemento. Mezclar durante 10 minutos a la máxima velocidad.

### Modo de Empleo

- Limpiar y mojar abundantemente la superficie antes de echar el mortero sin dejar agua en los charcos.
- Dejar fraguar unos días y mojar el hormigón para asegurar una buena maduración.
- Proteger el mortero del sol excesivo

DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	AGUA		CEMENTO		ARENA		PERLAS		volumen resultante m <sup>3</sup> *
	kg	% volumen	kg	% volumen	kg	% volumen	lt	% volumen	
200	70	7,72	115	4,09	-	-	800	88,19	0,91
250	80	8,59	160	5,54	-	-	800	85,87	0,93
300	88	9,24	200	6,77	-	-	800	83,99	0,96
350	92	9,42	200	6,61	50	2,05	800	81,92	0,98
400	95	9,50	200	6,46	100	4,00	800	80,04	1,00
450	99	9,63	200	6,28	160	6,23	800	77,86	1,03
500	104	9,84	200	6,11	220	8,33	800	75,72	1,06

\* volumen resultante de ajustar los pesos de la dosificación para bolsas completas de perlas

### NOTA:

La información y datos técnicos aquí reflejados son de carácter orientativo y están sujetos a posibles modificaciones sin previo aviso. Están basados en datos y conocimientos que se consideran ciertos y precisos. Sin embargo no tenemos control alguno sobre las condiciones bajo las cuales nuestros productos son transportados, almacenados, manipulados o utilizados por nuestros clientes. Por ello nuestra garantía se limita exclusivamente a la calidad del producto. Ninguna información o recomendación de interpretación de forma que vulnere cualquier norma o disposición legal vigente.



Perlas de Poliestireno: 1 de 1

**Madrid:** c/ del Mar Tirreno, 13. Polígono Industrial San Fernando Norte. 28830 San Fernando de Henares - Madrid. Tlf: 918 270 123 - Fax: 911 018 152

**Barcelona:** Avenida Arrahona, 58. Polígono Industrial Can Salvatella. 08210 Barbera del Vallés. Tlf: 930 002 900 - Fax: 931 000 643

**Málaga:** c/ Espacio, 26 Nave 108/C - Polígono Industrial San Luis de Málaga. 29006 Málaga. Tlf: 951 708 095 - Fax: 911 018 152

**Gran Canaria:** c/ Las Mimosas, Fase I, Nave 35A-35B. Polígono Industrial de Arinaga. 35118 Agüimes - Gran Canaria. Tlf: 928 189 355/56 - Fax: 928 188 041

**Tenerife:** c/ Benjamín Franklin, Nave 9. Polígono Industrial El Chorrillo. 38109 Santa Cruz de Tenerife - Tenerife. Tlf: 922 537 672 - Fax: 922 625 807

**Fuerteventura:** c/ El Trillo, Parcela 14, Nave 34. Polígono Industrial el Matorral. 35610 El Matorral - Puerto del Rosario. Tlf: 928 543 482 - Fax: 928 543 481

Fuente: TECHNO.

Anexo 6: Resultado del ensayo a compresión de la Tesis de Serrano



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Centro de Ingeniería Civil Autorizado por  
**ABET**  
Accreditation Board for Engineering and Technology  


---

**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
A : SERRANO CORDOVA PEDRO FERNANDO  
Obra : ELABORACION DE UN CONCRETO LIGERO PARA USO ESTRUCTURAL EN LA CIUDAD DE LIMA METROPOLITANA 2018

Ubicación : LIMA  
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
Expediente N° : 18-4421  
Recibo N° : 43369  
Fecha de emisión : 05/12/2018

---

**1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 10 probetas cilíndricas de concreto.

**2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo universal TONI / TECHNIK.  
Certificado de Calibración LFP-274-2018

**3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 338.034.2015.  
Procedimiento interno AT-PR-12

**4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	AREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	DENSIDAD (gr/cm³)	TIPO DE FRACTURA
1	CONCRETO LIGERO D=1750	17/11/2018	04/12/2018	76.7	13.362	170	1.71	Tipo 2
2	CONCRETO LIGERO D=1750	17/11/2018	04/12/2018	76.5	15.548	198	-	Tipo 2
3	CONCRETO LIGERO D=1750	17/11/2018	04/12/2018	76.4	14.577	190	-	Tipo 2
4	CONCRETO LIGERO D=1800	17/11/2018	04/12/2018	77.0	15.922	207	1.86	Tipo 2
5	CONCRETO LIGERO D=1800	17/11/2018	04/12/2018	76.2	16.148	208	-	Tipo 2
6	CONCRETO LIGERO D=1800	17/11/2018	04/12/2018	76.6	16.067	210	-	Tipo 2
7	CONCRETO LIGERO D=1800	17/11/2018	04/12/2018	76.1	17.812	228	1.86	Tipo 2
8	CONCRETO LIGERO D=1800	17/11/2018	04/12/2018	76.4	20.725	264	-	Tipo 2
9	CONCRETO LIGERO D=1800	17/11/2018	04/12/2018	77.8	17.221	221	-	Tipo 2
10	CONCRETO LIGERO	04/11/2018	04/12/2018	177.8	30.832	173	-	Tipo 2

**5. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
Técnico : Sr. E.G.V.

  
Ms. Ing. Ana Tormo Castillo  
Jefe (a) del laboratorio

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

---



**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

Anexo 7: Resultado del ensayo a tracción de la Tesis de Serrano.



**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : SERRANO CORDOVA PEDRO FERNANDO  
 Obra : "ELABORACION DE UN CONCRETO LIGERO PARA USO ESTRUCTURAL EN LA CIUDAD DE LIMA METROPOLITANA 2018"  
 Ubicación : LIMA  
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral  
 Expediente N° : 18-4421  
 Recibo N° : 63369  
 Fecha de emisión : 06/12/2018

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 4 probetas cilíndricas de concreto.  
 2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNIK  
 Certificado de Calibración LFP-274-2018  
 3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.084.2012  
 4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (cm)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/cm²)
1	CONCRETO LIGERO D=100	17/11/2018	04/12/2018	10.0	20.8	5319	18.5
2	CONCRETO LIGERO D=100	17/11/2018	04/12/2018	10.0	20.8	4964	15.3
3	CONCRETO LIGERO D=1150	17/11/2018	04/12/2018	10.1	20.7	7185	22.0
4	CONCRETO LIGERO D=1150	17/11/2018	04/12/2018	9.9	20.7	6720	20.8

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. E.G.V.

Ms. Ana Talle Carpio  
 Jefe del laboratorio

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



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

## Anexo 8: Resultado del análisis granulométrico de la Tesis de Serrano.

### RESULTADOS

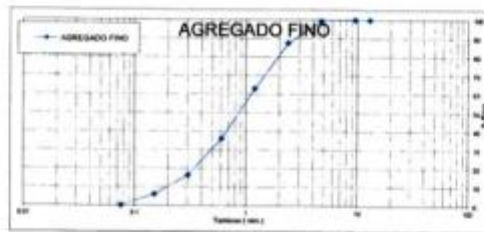
#### 1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :

ARENA GRUESA procedente de la cantera TRAPICHE.

##### A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		%	% RET.	%
( Pulg )	( mm )	RET.	ACUM.	PASA
1/2"	12.7	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.5	0.0	0.0	100.0
N°4	4.75	0.7	0.7	99.3
N°8	2.38	11.9	12.6	87.4
N°16	1.19	24.6	37.2	62.8
N°30	0.6	25.9	64.1	35.9
N°50	0.3	19.7	83.8	16.3
N°100	0.15	10.3	94.0	6.0
FONDO		6.0	100.0	0.0

##### B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



##### C) PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Fineza	2.92
Peso Unitario Suelto ( Kg/m <sup>3</sup> )	1,585
Peso Unitario Compactado ( Kg/m <sup>3</sup> )	1,716
Peso Específico	2.59
Contenido de Humedad ( % )	1.21
Porcentaje de Absorción ( % )	0.97

#### 2. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Técnico : Sr. R.J.V.

Ing. Rolando Antonio V. Martínez  
CIP 71019

#### NOTAS:

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

Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.

**Anexo 9:** Resultado del diseño de mezcla de la Tesis de Serrano.

**RESULTADOS**

**2.0 DISEÑO DE MEZCLAS PRELIMINAR ( f 'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup> ) CEMENTO SOL tipo I**

**2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Denominación	.....	f'c = 210	Kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento	.....	3" - 4"	
Relación a/c de diseño	.....	0.36	
Relación a/c de obra	.....	0.36	
Proporciones de diseño	.....	1	: 1.90 : 0.07
Proporciones de obra	.....	1	: 1.92 : 0.07

**2.2. CANTIDAD DE MATERIAL POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO EN OBRA**

Cemento	.....	556	Kg.
Arena	.....	1068	Kg.
Tecnopor	.....	40	Kg.
Agua	.....	198	L.
Aditivo	.....	13.9	Kg.

**2.3. CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA**

Cemento	.....	42.50	Kg.
Arena	.....	81.70	Kg.
Tecnopor	.....	3.04	Kg.
Agua	.....	15.12	L.
Aditivo	.....	1062.5	g.

**2.4. PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN**

Proporciones	.....	1	: 1.80 : 0.07
Agua	.....	15.12	L/bolsa
Aditivo	.....	0.957	L/bolsa

**3.0. OBSERVACIONES:**

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Técnico : Sr. R.J.V.

  
Ing. Rolando Antonio V. Martínez  
CIP 71019

**NOTAS:**

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

Fuente: Serrano Cordova, Pedro Fernando 2018.