

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO
POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAÉN -
2020**

TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**AUTORES: Bach. FIORELA TATIANA ELERA ZURITA
 Bach. ROSIBEL MALDONADO MONTENEGRO**

ASESOR: Mg. BILLY ALEXIS CAYATOPA CALDERÓN

JAÉN - PERÚ, NOVIEMBRE, 2021

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 24 de marzo del año 2022, siendo las 15:00 horas, se reunieron de manera virtual los integrantes del Jurado:

Presidente: Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña

Secretario: Mg. Marco Antonio Aguirre Camacho

Vocal: Dr. Marco Antonio Martínez Serrano, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

() Trabajo de Investigación

(**X**) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

“ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAÉN - 2020”, presentado por las bachilleres **Fiorela Tatiana Elera Zurita y Rosibel Maldonado Montenegro**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(**X**) Aprobar () Desaprobar (**X**) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (15) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | () |

Siendo las 16:10 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Presidente



Secretario



Vocal

ÍNDICE

ÍNDICE.....	ii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Situación problemática.....	12
1.2. Justificación.....	12
1.3. Hipótesis.....	13
1.4. Antecedentes de la investigación.....	13
1.4.1. A nivel internacional.....	13
1.4.2. A nivel nacional.....	17
1.4.3. A nivel local.....	20
1.5. Bases teóricas.....	20
1.5.1. Adoquín.....	20
1.5.2. Concreto u hormigón convencional.....	23
1.5.3. Concreto Liviano.....	27
1.5.4. Agregado liviano.....	28
1.5.5. Vereda.....	29
1.5.6. Áreas recreativas.....	30
1.5.7. Pavimentos especiales.....	30
1.5.8. Factibilidad económica.....	31
1.5.9. Poliestireno expandido.....	31
1.5.10. Uso de poliestireno expandido en la construcción.....	34
1.5.11. Influencia de la densidad en el Poliestireno Expandido.....	34
II. OBJETIVOS.....	36
2.1. Objetivo general.....	36
2.2. Objetivos específicos.....	36
III. MATERIALES Y MÉTODO.....	37
3.1. Ubicación geográfica.....	37
3.2. Materiales.....	38
3.3. Población.....	38
3.4. Muestra.....	38
3.5. Muestreo.....	39

3.6.	Variables.....	39
	3.6.1. Variable dependiente	39
	3.6.2. Variables independientes	39
3.7.	Métodos	40
3.8.	Técnicas.....	40
3.9.	Procedimiento de recolección de datos	40
	3.9.1. Selección de agregados para concreto.	40
	3.9.2. Selección del Poliestireno (EPS)	42
	3.9.3. Diseño de mezclas	43
	3.9.4. Elaboración del concreto liviano	43
	3.9.5. Ensayos para concreto liviano fresco.....	44
	3.9.6. Fabricación y curado de adoquines.....	45
	3.9.7. Ensayos de concreto liviano endurecido.....	46
	3.9.8. Evaluación de los datos obtenidos	49
3.10.	Instrumentos	49
IV.	RESULTADOS	50
4.1.	Diseño de mezcla de concreto	50
4.2.	Resumen de diseño de mezcla.....	51
4.3.	Propiedades del concreto en estado fresco	51
	4.3.1. Asentamiento	51
	4.3.2. Temperatura	53
4.4.	Propiedades del concreto en estado endurecido	54
	4.4.1. Absorción.....	55
	4.4.2. Desgaste	56
	4.4.3. Resistencia a la compresión	57
4.5.	Diferencias entre el concreto patrón y concreto liviano con 15%, 25%, 35%, 50% de poliestireno.	59
4.6.	Factibilidad económica de los adoquines de concreto liviano con poliestireno	60
4.7.	Análisis de datos.....	62
V.	DISCUSIÓN.....	65
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
6.1.	Conclusiones	68
6.2.	Recomendaciones.....	69
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

DEDICATORIA.....	75
AGRADECIMIENTO.....	76
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Espesor nominal y resistencia a la compresión según su clasificación.....	21
Tabla 2. Tolerancia Dimensional (Aplicable Para Todos Los Tipos De Adoquín).....	21
Tabla 3. Absorción.....	22
Tabla 4. Número de muestra.....	39
Tabla 5. Principales propiedades de los agregados	50
Tabla 6. Asentamiento del concreto	51
Tabla 7. Temperatura del concreto	53
Tabla 8. Absorción del concreto.....	55
Tabla 9. Desgaste del concreto	56
Tabla 10. Resistencia a la compresión del concreto.....	57
Tabla 11. Comparación de los resultados de los ensayos realizados.....	59
Tabla 12. Costo para elaborar 1 m ³ de concreto de f'c= 290 kg/cm ²	60
Tabla 13. Costo de 1 m ³ de concreto modificado con poliestireno	61
Tabla 14. Costo de adoquines de concreto	61
Tabla 15. Analisis de varianza del desgaste del concreto de f'c= 290 kg/cm ²	62
Tabla 16. Analisis de varianza de la absorción del concreto de f'c= 290 kg/cm ²	62
Tabla 17. Analisis de varianza de resistencia a la compresión del concreto de f'c= 290 kg/cm ²	63
Tabla 18. Análisis Tukey del desgaste del concreto.....	63
Tabla 19. Análisis Tukey de la absorción del concreto.....	64
Tabla 20. Análisis Tukey de la resistencia a la compresión del concreto	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipo de adoquines	23
Figura 2. Mapa de ubicación del distrito de Jaén	37
Figura 3. Cuarteo del agregado.....	41
Figura 4. Tamizado del agregado	41
Figura 5. Ensayo Contenido de humedad	41
Figura 6. Ensayo de Peso Especifico.....	41
Figura 7. Peso del agregado.....	42
Figura 8. Ensayo de peso unitario	42
Figura 9. Tipo de poliestieno obtenido	42
Figura 10. Medición de la cantidad de poliestireno	42
Figura 11. Adición de materiales en la mezcladora.....	43
Figura 12. Obtención de la mezcla de concreto liviano	43
Figura 13. Ensayo asentamiento de concreto(Slump)	44
Figura 14. Ensayo peso unitario y rendimiento	44
Figura 15. Temperatura del concreto = 25.8 °C	45
Figura 16. Temperatura del concreto = 26.4 °C	45
Figura 17. Moldes para la elaboración de adoquines	45
Figura 18. Elaboración de adoquines de concreto liviano.....	45
Figura 19. Acabado de los adoquines de concreto liviano	46
Figura 20. Rotulado de los adoquines de concreto liviano.....	46
Figura 21. Medida de las dimensiones de los adoquines de concreto	47
Figura 22. Rotura de adoquines elaborados con 50 % de poliestireno.....	47

Figura 23.Pesado de los adoquines.....	47
Figura 24.Adoquines sumergidos en agua por 24 horas.....	47
Figura 25.Adoquines de concreto para ensayo de desgaste.....	48
Figura 26.Equipo elaborado para simulación de lluvia	48
Figura 27.Simulación de la lluvia para medir el % de desgaste	48
Figura 28.Desgaste producido en el concreto.....	48
Figura 29.Asentamiento del concreto	52
Figura 30.Temperatura del concreto.....	54
Figura 31.Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de curado	58
Figura 32.Comparación de resultados de los ensayos realizados	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. certificado de ensayos de agregados	77
Anexo 2. certificado de diseño de mezcla	82
Anexo 3. certificado de ensayos de absorción de los agregados	87
Anexo 4. certificado de ensayo de resistencia a la compresión.....	90
Anexo 5. certificado de calibración de equipos.....	93
Anexo 6. panel fotográfico del trabajo realizado	100

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo incorporar poliestireno al concreto en la elaboración de adoquines para veredas y áreas recreativas. Se elaboraron 60 adoquines de concreto con diseño de mezclas para un concreto de resistencia $f'c = 290 \text{ kg/cm}^2$ y $f'cr = 320 \text{ kg/cm}^2$ de acuerdo a la N.T.P. 399.611 (UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de Concreto para Pavimentos), los cuales fueron agrupados en 3 grupos de 20 adoquines cada uno para los ensayos de desgaste, de absorción y de resistencia a la compresión; cada grupo se subdividió en 5 subgrupos de 4 adoquines a los cuales se les extrajo en volumen de concreto el 0 %, 15 %, 25 %, 35 % y 50 % para ser sustituidos por poliestireno en los mismos porcentaje de volumen que se extrajo el concreto. Los resultados muestran que los adoquines con 15 y 50 % obtuvieron el 3.09 % de absorción, el concreto con 50 % de poliestireno presentó el mayor desgaste con 2.75 mm; el concreto con el 15 % de poliestireno obtuvo 301.73 kg/cm^2 de resistencia a la compresión. Concluyendo que el desgaste es directamente proporcional a la cantidad de poliestireno adicionada, pues conforme aumenta la cantidad de poliestireno el concreto se desgasta más; además, económicamente si es factible elaborar adoquines de concreto con el 15% de poliestireno, pues los gastos en materiales disminuyen y no se afectan las propiedades físicas como absorción, desgaste y resistencia a la compresión.

Palabras clave: Absorción, Desgaste, Resistencia a la compresión

ABSTRACT

The objective of this research was to incorporate polystyrene to concrete in the production of pavers for sidewalks and recreational areas. Sixty concrete pavers were made with mixture design for a concrete of resistance $f'c = 290 \text{ kg/cm}^2$ and $f'cr = 320 \text{ kg/cm}^2$ were elaborated according to N.T.P. 399.611 (Masonry units. Concrete Pavers for Pavements), which were grouped into 3 groups of 20 pavers each for wear, absorption and compressive strength tests; each group was subdivided into 5 subgroups of 4 pavers from which 0 %, 15 %, 25 %, 35 % and 50 % of concrete was extracted in volume to be replaced by polystyrene in the same volume percentages as the concrete was extracted. The results show that the pavers with 15 and 50 % obtained 3.09 % of absorption, the concrete with 50 % of polystyrene presented the highest wear with 2.75 mm; the concrete with 15 % of polystyrene obtained 301.73 kg/cm^2 of compressive strength. In conclusion, wear is directly proportional to the amount of polystyrene added, because as the amount of polystyrene increases, the concrete wears more; furthermore, it is economically feasible to produce concrete pavers with 15% polystyrene, because the material costs decrease and the physical properties such as absorption, wear and compressive strength are not affected.

Keywords: Absorption, Wear, Compressive Strength

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en nuestro país existe poca diversidad de agregados para la elaboración del concreto en sus diferentes aplicaciones, en cuanto a adoquines de concreto se clasifican de acuerdo a su resistencia y formas, mas no por el tipo de material o agregado que se utilice. A nivel mundial se está utilizando gran variedad de materiales con buenas características que no solo pueden sustituir a los agregados utilizados en el concreto convencional sino también mejoran las condiciones del concreto.

Dentro del ámbito de aplicación, en la ciudad de Jaén según el plano catastral – 2020 existe en total 491,336.36 m² (100%) de áreas recreativas y de esparcimiento de los cuales debido al crecimiento abrupto del casco urbano 359,792.54 m² (73.23%) de veredas y áreas recreativas requieren una intervención inmediata, significando también un problema para la salud debido a la generación de partículas suspendidas por la transitabilidad de las mismas, desorden paisajístico para la ciudad y otros factores naturales que pueden ser solucionados con brevedad si se utilizan materiales prefabricados.

Además, debido a los cambios ambientales del planeta, a los cambios de dinámica social y al agotamiento de los recursos naturales, en el sector construcción poco o casi nada se viene haciendo para generar sustentabilidad ambiental en el marco de la tarea de cuidado y protección del medio ambiente, existiendo una problemática expectante por generar materias primas y agregados que sean alternativas ecológicas que ayuden a la reutilización de materiales que son reciclables.

El poliestireno expandido (EPS) es un plástico sustancial que contiene aproximadamente 98% de aire y 2% de poliestireno. Estos son ligeros en peso que comprende partículas de forma circular fina. Las partículas de poliestireno en el concreto son una estrategia rentable de transferencia de residuos. Existen numerosos beneficios para elegir desde la utilización de concreto liviano, estas incorporan cargas más pequeñas en

medio de la construcción. El concreto liviano se reconoce en su mayor parte como concreto con una densidad de alrededor de $1800 \text{ kg} / \text{m}^3$ o menos y (Jayanth y Sowmya, 2018, p12).

Por su parte Chung et al. (2008) menciona que el poliestireno expandido (EPS) se puede utilizar como un agregado para producir concreto liviano que no daña el medio ambiente.

1.1. Situación problemática

¿Es posible elaborar adoquines de concreto liviano incorporando poliestireno para veredas y áreas recreativas en la ciudad de Jaén?

1.2. Justificación

Sabiendo que el uso efectivo de los materiales de construcción para lograr construcciones sostenibles es de mucha importancia debido al rápido agotamiento de los recursos naturales para obtener materias primas y agregados en la industria de la construcción. Es por ello la necesidad de realizar el presente estudio de investigación que se enfoca en el uso del poliestireno expandido (EPS) como agregado con el fin de conseguir un concreto liviano para la producción de adoquines destinados a veredas y áreas recreativas; sin embargo, Sayadi (2016) indica que aumentar el volumen de EPS causa una reducción significativa de la conductividad térmica, resistencia al fuego y resistencia a la compresión del concreto

Esta investigación es realizada con la finalidad de analizar la posibilidad de elaborar adoquines de concreto liviano incorporando poliestireno para veredas y áreas recreativas en la ciudad de Jaén, conocer cuál es el comportamiento del concreto modificado con diferentes cantidades de poliestireno en cuanto a la absorción, desgaste y resistencia a la compresión.

Así mismo, con el desarrollo de esta investigación se estará contribuyendo al rubro de la construcción, ya que con los resultados obtenidos se está brindando una solución a los diversos problemas que se generan por la extracción de los recursos naturales en busca de materia primas en el sector construcción, pues se pretende determinar algunas características

físico-mecánicas del concreto modificado con poliestireno y además se evaluará la factibilidad económica de lo que significaría producir grandes cantidades de adoquines de concreto con poliestireno.

Esta investigación presenta una justificación práctica, ya que conociendo cual es la posibilidad de elaborar adoquines de concreto liviano incorporando poliestireno para veredas y áreas recreativas en la ciudad de Jaén, se aportará como una opción para disminuir el uso de agregados sin disminuir las propiedades físico mecánicas principales del concreto.

Esta investigación presenta una justificación teórica, puesto que, se permitirá evaluar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido con adición de 15%, 25%, 35%, 50% de poliestireno y con los resultados obtenidos se podrá evaluar la alteración de las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Esta investigación se justifica metodológicamente, ya que para su desarrollo se emplea el método de investigación científica, con lo cual permite que la metodología empleada pueda ser replicada por otros investigadores y los resultados obtenidos puedan ser confiables y tomados en cuenta para futuras investigaciones.

1.3. Hipótesis

Con la incorporación del poliestireno al concreto obtenemos adoquines livianos para veredas y áreas recreativas.

1.4. Antecedentes de la investigación

1.4.1. A nivel internacional

Chung, Abd Elrahman y Stephan (2018) realizaron una investigación titulada “Efectos de los tamaños y disposiciones del poliestireno expandido (EPS) sobre las propiedades del hormigón ligero”, el objetivo planteado fue evaluar el efecto del tamaño y disposición del poliestireno expandido para producir hormigón ligero respetuoso con el medio ambiente, en su investigación usaron un conjunto de esferas de EPS con diferentes tamaños y disposiciones para producir concreto liviano con densidad inferior a 1700 kg / m³.

Los arreglos de los agregados de EPS se diseñaron numéricamente, y se produjo una serie de muestras de concreto liviano con diferentes tamaños y distribuciones de EPS en base al modelado para investigar sus efectos sobre las propiedades físicas del concreto liviano. Aquí se produjeron y probaron cinco muestras con el mismo contenido de EPS, pero con diferentes tamaños y disposiciones. La conductividad térmica y la resistencia a la compresión de las muestras se evaluaron utilizando enfoques experimentales y numéricos. Los tamaños relativos de los agregados de EPS se caracterizaron utilizando un método probabilístico, y también se usó la radiografía para visualizar las estructuras internas de las muestras. Los resultados muestran una relación entre el tamaño de EPS y las propiedades físicas de las muestras de concreto liviano y se pueden utilizar para el desarrollo de concreto a partir de agregados livianos con propiedades avanzadas.

Villarreal y Toro (2019) en su investigación titulada “Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un hormigón alivianado con poliestireno expandido con relación a un hormigón de peso normal”, realizada en Ecuador, tuvo como objetivo determinar la influencia que tendrá las perlas de poliestireno expandido en el hormigón a una edad de 28 días. Las propiedades evaluadas fueron densidad, resistencia a la compresión, tracción y módulo de elasticidad, debido a que dichas propiedades son las más características al momento de diseñar o construir obras civiles, en la investigación se diseñaron dos tipos de hormigones tradicionales con diferentes resistencias a la compresión, posteriormente se reemplazó diferentes porcentajes de agregado fino por perlas de poliestireno expandido. En cada una de las dosificaciones se fabricaron 5 cilindros para el ensayo de compresión y módulo de elasticidad, 5 para el ensayo de tracción (Ensayo Brasilerero) y 3 briquetas para el ensayo de flexión en vigas, completando un total de 100 cilindros y 30 briquetas. Los ensayos fueron realizados a los 28 días de su fabricación. Los resultados obtenidos en su investigación indican que la sustitución de distintos porcentajes de agregado fino por perlas de EPS, afecta de una manera inversamente proporcional a las propiedades físico-mecánicas del hormigón endurecido a la edad de 28 días; además, la densidad se reduce a medida que se incrementa el EPS en el hormigón, por lo que esto va acorde con lo esperado, debido a que la densidad de la arena es mayor que la densidad del EPS, pues la arena representa aproximadamente del 25% de la densidad del hormigón y que la reducción del esfuerzo a la compresión se debe, a que la rigidez de las perlas de EPS no es comparable al del agregado sustituido en la mezcla de hormigón, disminuyendo así su resistencia a la compresión a

media que se añade más EPS. Se concluye que la resistencia a la compresión baja a medida que se añade más EPS a la mezcla, obteniendo en la primera una reducción del 9% al 32% para un hormigón de 280 kg/cm^2 y del 8% al 30% para el de 240 kg/cm^2 ; además, la pérdida de densidad según el porcentaje de EPS nos permite determinar que la sustitución de los áridos finos por perlas de EPS reducen de manera directa a su densidad, obteniendo una reducción del 8% al 21% en un hormigón de 280 kg/cm^2 y del 8% al 19% para uno de 240 kg/cm^2 .

Rodríguez (2019) en su investigación titulada Sustitución de cemento hidráulico por un polímero sustentable en mezclas de concreto y mortero, desarrollada en México tuvo como objetivo obtener poliestireno líquido para ser usado como cementante entre partículas de mezclas comunes en la construcción y con ello lograr un material sustentable con propiedades similares a las mezclas convencionales de concreto hidráulico que se usan en la industria de la construcción. Se trabajaron en total 60 probetas de mortero de $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$ divididas en 5 mezclas y con diferentes concentraciones de poliestireno líquido, las mezclas en las que se usó únicamente el poliestireno líquido como cementante tuvieron una resistencia a compresión del orden de 60 kg/cm^2 y densidades de 1100 kg/m^3 . En el caso de los concretos se trabajaron 48 probetas cilíndricas de $5 \times 10 \text{ cm}$ divididas en 4 mezclas y de igual manera se variaron las concentraciones de poliestireno líquido, de cada mezcla también se elaboraron 6 probetas rectangulares de $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ para su ensaye a flexión. Los resultados para las mezclas de concreto que tenían únicamente poliestireno líquido como cementante fueron una resistencia a compresión del orden de 115 kg/cm^2 , una densidad de 1370 kg/m^3 y un módulo de ruptura de 27 kg/cm^2 . Ambas mezclas generadas presentaron una densidad más baja que las mezclas convencionales, por lo que facilita el manejo de estas y genera piezas de mampostería de bajo peso además que con este método se ayuda al reciclaje de espumas de EPS que en la actualidad no se acostumbra en México.

González y Fonseca (2019) realizaron una investigación titulada Evaluación de paneles de mortero aligerados con poliestireno expandido (EPS) mediante ensayos a compresión y flexión, en Colombia con el objetivo de mejorar las características en paneles macizos no estructurales pre-fabricados con mortero, buscando principalmente beneficios en la reducción de peso afectando de forma mínima su resistencia; por este buscaron observar el comportamiento del mortero con distintas proporciones de micro-perlas de poliestireno

expandido (EPS) con diámetros de 1 mm, con el fin de medir la afectación de su resistencia y reducción de peso con respecto al mortero sin aditivos, aprovechando de esta forma las características del poliestireno, siendo algunas: su poca densidad, larga vida útil, fácil implementación en la mezcla. Para establecer las proporciones de la mezcla y ajustes de la misma, se caracterizaron los materiales con los procedimientos descritos en las normas del INVIAS y las normas técnicas colombianas (NTC); estableciéndose la mezcla adecuada de los materiales para una resistencia a la compresión mínima de 17 Mpa en dicho mortero. Las proporciones usadas fueron 30%, 40% y 50% en remplazo del volumen de arena con EPS, evaluando su resistencia a compresión por medio de cubos de 5cm*5cm*5cm comparándolos con cubos de igual tamaño compuestos por mortero sin ningún tipo de aditivo y analizando su resistencia a flexión a través de paneles de 45cm*60cm*4cm; con una cantidad total de 252 cubos y 6 paneles permitiendo evaluar estadísticamente los resultados obteniendo medidas, desviaciones, varianzas y excluyendo los datos atípicos. Durante las pruebas de compresión realizadas a los cubos en los 7, 14 y 28 días de curado se observaron pérdidas de resistencia entre 31% a 38 %, 23% a 38% y 27% a 40% y de peso entre 8% a 15%, 9% a 16% y 9% a 16% respectivamente mientras que en los paneles se observa una reducción de resistencia a la flexión de 15.7% y a su peso en 11.7%.

Puente (2017) en su investigación titulada Potencialidades de los residuos de poliestireno expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón, realizada en Cuba, tuvo como objetivo evaluar las potencialidades de los residuos de Poliestireno Expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón a partir del reciclaje de embalajes de equipos electrónicos en el municipio de Holguín, como agregado del árido fino proveniente de la cantera Los Caliches ubicada en el municipio de Gibara. Respondiendo a la necesidad que tiene la provincia de desarrollar materiales de construcción alternativos y mitigar el impacto ambiental. Se evaluaron dos combinaciones de árido fino del residuo y natural, se determinó emplear un 25% del residuo Poliestireno Expandido como sustituto del polvo de piedra logrando una resistencia a los 3.74 MPa días. Basándonos en el método de Vitervo O'Reilly, se realizó una dosificación para bloques huecos de hormigón. Las características de los áridos empleados para la fabricación de la mezcla, fueron obtenidas a partir de ensayos realizados en los laboratorios de la Empresa de Prefabricado de Holguín y de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA) en Holguín, donde en esta última se realizó el ensayo de resistencia a compresión de los bloques huecos de hormigón.

1.4.2.A nivel nacional

Fuentes y Lara (2021) en su investigación realizada en la ciudad de Trujillo, titulada Influencia del porcentaje de poliestireno expandido adicionado sobre las propiedades de paneles para tabiquería reforzados con nylon, tuvo como objetivo determinar la influencia del porcentaje de poliestireno expandido adicionado sobre las propiedades (resistencia a la flexión y densidad) de paneles para tabiquería reforzados con nylon. Elaboraron probetas con la proporción de cemento-arena de 1:1.65 respectivamente, el poliestireno expandido (EPS) se adiciono a la mezcla en porcentajes de 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%. Además, la fibra de nylon se utilizó como refuerzo secundario incorporándose de manera aleatoria en la mezcla, los paneles de 30x30x1.27 cm se dejaron a la intemperie para que puedan curarse por 28 días. Los resultados fueron procesados llegando a la conclusión que existe una influencia positiva del porcentaje de poliestireno expandido adicionado sobre la resistencia a la flexión y densidad de paneles para tabiquería reforzados con nylon, a la vez que el porcentaje de poliestireno expandido con el cual existe una mayor resistencia a la flexión en los paneles reforzados con nylon es de 0.5%, mientras que el 2% de poliestireno expandido fue el que mejor se comportó en cuanto a la densidad en los paneles; finalmente se determinó que existe una correlación no lineal positiva entre la resistencia a la flexión y la densidad de los paneles evaluados ajustándose su comportamiento a un modelo polinómico de grado 2.

Tinoco (2019) en su investigación titulada Efecto de la sustitución del agregado grueso por tecnopor en la densidad y resistencia del concreto, realizada en la ciudad de Huaráz, tuvo como objetivo determinar la resistencia a compresión de mezclas de concreto con sustitución parcial en volumen del agregado grueso en 10%, 20% y 30% por partículas de tecnopor, utilizando agregados de la cantera de Rumichuco, ubicado en las riveras del rio Santa, el tecnopor se adquirió de la tiendas comercializadoras de artículos de ferretería, el cemento utilizado fue portland tipo I, la finalidad fue encontrar diferentes alternativas de materiales para ser aplicados en el campo de la construcción e ingeniería civil. Con el objetivo de determinar la densidad y resistencia a la compresión de mezclas de concreto, se realizó un experimento que consistió en sustituir en volumen al agregado grueso por Tecnopor en porcentajes del 0%, 10%, 20% y 30%. El proyecto se enfoca en considerar al tecnopor como un nuevo material alternativo en la construcción, con una visión de futuro y buscando aminorar los efectos contaminantes de la producción del concreto y sus costos. se

determinó que el peso específico o densidad de los concretos experimentales lograron una disminución del 3.75%, 7.50% y 11.57% respecto al concreto patrón, en los porcentajes de sustitución del agregado grueso por tecnopor del 10%, 20% y 30% respectivamente. Asimismo, se determinó que dichos concretos experimentales bajaron su resistencia proporcionalmente al aumento del porcentaje de sustitución, mostrando una disminución del 1.35%, 4.53% y 8.45% respecto al concreto patrón en los porcentajes de sustitución del 10%, 20% y 30% respectivamente.

Chuquilin (2018) en su investigación titulada “Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018”, tuvo como objetivo, determinar cómo influye las perlas de poliestireno sobre el peso unitario, resistencia a la compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas. Se buscó obtener un concreto liviano estructural que pueda ser aplicado a losas aligeradas, para lo cual se sustituyó el agregado fino por porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de perlas de poliestireno, en función del volumen. El asentamiento y el peso unitario se evaluaron al concreto en estado fresco, bajo las normas NTP 339.035, y para la resistencia a la compresión, el concreto en estado endurecido, para lo cual, se hicieron probetas en moldes de 30 cm de altura y un diámetro de 15 cm. Para el concreto convencional, se obtuvo un asentamiento de 80 mm, un peso unitario de 2430 kg/m^3 y una resistencia a compresión de 283 kg/cm^2 . Por otro lado, el concreto con porcentajes de poliestireno, presentó reducciones en el peso unitario promedio y la resistencia a la compresión promedio, con respecto al concreto convencional, pero un aumento en el asentamiento promedio del 37.35% entre el concreto convencional y el concreto con perlas de poliestireno. (50%). El reemplazo óptimo se da en el 40% de perlas de poliestireno, donde se obtiene un asentamiento de 100 mm, un peso unitario de 2160 kg/m^3 y una resistencia a compresión de 242 kg/cm^2 .

Chuquizapon e Ibañes (2020) en su investigación titulada “Influencia de la densidad de las perlas de poliestireno sobre el costo, peso unitario, asentamiento, resistencia a compresión y flexión en un concreto ligero estructural para losas aligeradas, Trujillo 2020”, tuvo como objetivo determinar la influencia de la densidad de las perlas de poliestireno sobre el costo, peso unitario, asentamiento, resistencia a compresión y flexión en un concreto ligero estructural para losas aligeradas. El proyecto se realizó con el fin de conseguir un

concreto ligero estructural en losas aligeradas, lo cual se utilizaron dos tipos de densidades de perlas de poliestireno de 7.35 kg/m^3 y 21.12 kg/m^3 , y se sustituyó por agregado fino por porcentajes de 15%, 30%, 45%, 50% y 60% en función del volumen de la arena. Después se hizo el ensayo de asentamiento y peso unitario en estado fresco del concreto según la norma NTP 339.035 y NTP 339.046 respectivamente. Paso posterior se elaboraron las probetas de 20 cm de altura y 10 cm de diámetro para la resistencia a compresión del concreto según la norma NTP 339.034, así como también se elaboró vigas de 15 cm de ancho, 15 cm de altura y 50 cm de largo para medir su resistencia a la flexión según la norma NTP 339.078 a 28 días de curado. El concreto convencional, se obtuvo un asentamiento de 8 cm, un peso unitario de 2350 kg/m^3 , una resistencia a la compresión de 412 kg/cm^2 y una resistencia a la flexión de 55 kg/cm^2 . Por otra parte, el concreto elaborado con distintas densidades de poliestireno, presentaron reducciones en su peso unitario y resistencia a compresión, pero su asentamiento iba aumentado, aunque el concreto elaborado con poliestireno de densidad 21.12 kg/m^3 , su asentamiento es mayor que las muestras elaboradas con perlas de poliestireno de densidad 7.35 kg/m^3 .

Vásquez (2018) en su investigación tuvo por objetivo determinar la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con la sustitución del agregado grueso en un 10% y 15% por tecnopor en la ciudad de Huaraz - 2017, el cual se realizó en la ciudad de Huaraz en el año 2017 - 2018, utilizando para ello agregados del rio Santa (cantera de Tacllan), el tecnopor se compró en la ciudad de Huaraz, el cemento utilizado fue portland tipo I, con el fin de encontrar diferentes alternativas de materiales para ser aplicados en la elaboración del concreto disminuyendo el peso del mismo. En esta investigación se hizo la sustitución del agregado grueso por tecnopor en porcentajes de 10% y 15 %, para lo cual se estudió las características físicas de los agregados (fino y grueso) consistente en su contenido de humedad, granulometría, gravedad específica y porcentaje de absorción, peso unitario suelto y compactado, todas estas características fueron realizados en el laboratorio de la Universidad San Pedro – Huaraz, así mismo se elaboraron probetas de concreto, los cuales fueron puesto a prueba a través de su resistencia a la compresión, resultando que la resistencia a la compresión del concreto patrón es superior en 2.85% al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 10%; mientras que al concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por tecnopor en un 15% supera en un 5%.

1.4.3. A nivel local

A la fecha de la elaboración del presente trabajo de investigación, a nivel local no se encuentran trabajos con relación al tema.

1.5. Bases teóricas

1.5.1. Adoquín

Los adoquines son materiales compactos prefabricados, elaborados de concreto que es un conglomerado fabricado artificialmente compuesto de agua, cemento y agregados (finos y gruesos), que resiste bastante bien las cargas de compresión debido a que todas estas materias primas son sometidas a rigurosos procesos de selección y a estrictos controles de calidad realizados por los laboratorios de materiales de construcción (Cabezas, 2014, p.1). Los adoquines tienen dimensiones que permiten ser manejados con una sola mano. Sus espesores varían típicamente entre 60 mm y 100 mm, y se puede contar con una amplia variedad estética de formas y colores (Aleman y Cantos, 2016, p. 9).

Su aparición se debió a la necesidad sentida por el hombre de tener vías durables, limpias y seguras, que le permitieran un desplazamiento rápido en cualquier época del año. La palabra española adoquín proviene del árabe «ad-dukkân», que quiere decir «piedra escuadrada o a escuadra» y tiene su origen hace más de 20 siglos (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., 2005).

a) Clasificación del Adoquín

Según NTP 399.611 (Instituto Nacional de Calidad (INACAL), 2010) los adoquines de concreto son de tres tipos:

TIPO I: Adoquines para pavimentos de uso peatonal

TIPO II: Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero.

TIPO III: Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y contenedores.

b) Requisitos que deben cumplir los adoquines

• Requisitos Físicos

Tabla 1. *Espesor nominal y resistencia a la compresión según su clasificación*

TIPO	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, min. MPa (Kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad Individual
I	40	31 (320)	28 (290)
Tipo B, C y D	60	31 (320)	28 (290)
*Todos los tipos			
II	60	41 (420)	37 (380)
(Vehicular ligero)	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III			
(Vehicular pesado, patios industriales o contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

Fuente: NTP 399.611

Tabla 2. *Tolerancia Dimensional (Aplicable Para Todos Los Tipos De Adoquín)*

Tolerancia dimensional, máx. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1,6	± 1,6	± 3,2

Fuente: NTP 399.611

- **Requisitos Complementarios**

- **Absorción:** Según NTP 399.611 debe cumplir:

Tabla 3: *Absorción*

Tipo de Adoquín	Absorción, máx.	
	(%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7,5
III	5	7

Fuente: NTP 399.611

- **Resistencia a la abrasión:** Según NTP 399.625. Los adoquines deben tener una pérdida de volumen no mayor de 15 cm³ / 50 cm² y la pérdida del espesor promedio no debe exceder los 3 mm.

- **Resistencia al congelamiento y deshielo:** Según NTP 399.611 los especímenes no deben romperse ni tener pérdidas en masa seca mayores al 1 % de alguna unidad individual cuando está sometida a 50 ciclos de congelación y deshielo. Este método de ensayo debe ser realizado antes de los 12 meses de la fecha de despacho del lote.

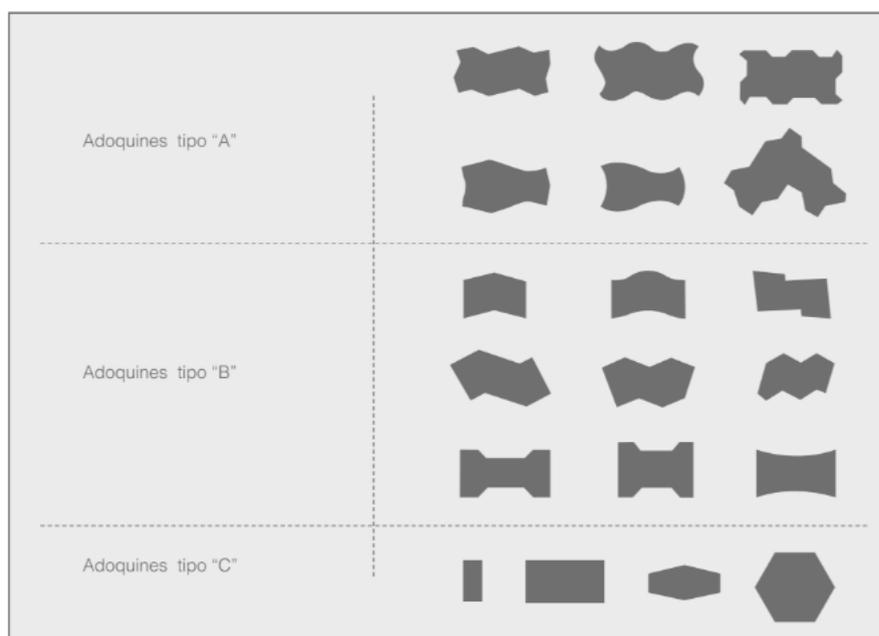
c) Tipos de adoquín según su forma

Para (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2013) los adoquines se clasifican internacionalmente como adoquines tipo “A”, “B” y “C”.

- **Adoquines tipo A (adoquines machihembrados multidireccionalmente):** corresponden a unidades dentadas que se traban unas con otras proporcionando las mejores condiciones de inter-trabazón ante la aplicación de fuerzas verticales y horizontales.

- **Adoquines tipo B (adoquines machihembrados unidireccionalmente):** ofrecen una menor intertrabazón y permiten un mejor desempeño ante desplazamientos paralelos a unos de sus ejes.
- **Adoquines tipo C (adoquines clásicos):** tienen formas regulares en sus caras y no ofrecen una inter-trabazón favorable para resistir movimientos longitudinales o rotacionales.

Figura 1. *Tipos de adoquines*



Fuente: (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2013)

1.5.2. Concreto u hormigón convencional

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefabricadas, especialmente la resistencia (Abanto Castillo, 2009).

El cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las diversas partículas de agregado grueso llenando los vacíos entre ellas. En teoría, el volumen de mortero sólo debería llenar el volumen entre partículas. En la práctica, este volumen es mayor por el uso de una mayor cantidad de mortero para asegurar que no se formen vacíos (Harmsen, 2002).

Para obtener un buen concreto no sólo basta contar con materiales de buena calidad mezclados en proporciones correctas. Es necesario también tener en cuenta factores como el proceso de mezclado, transporte, colocación o vaciado y curado (Harmsen, 2002, p. 11).

a) Características del concreto

Según Abanto Castillo (2009) los factores que hacen del concreto un material de construcción universal tenemos:

- La factibilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentales a compresión, como columnas y arcos.
- Su elevada resistencia al fuego y a la penetración de agua.

Pero el concreto también tiene desventajas como, por ejemplo:

- Con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción, es decir el control de calidad no es tan bueno.
- El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción por ejemplo (como los tirantes) o en parte de sus secciones transversales (como vigas u otros elementos sometidos a flexión).

b) Materiales componentes del concreto

Abanto Castillo (2009) menciona que el concreto está compuesto de Ligantes y agregados:

- **Ligantes**

Cemento: se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como el aire y formar

compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos. (Rivva Lopez, 2000)

Cemento portland: Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker de portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda. Según NTP 334.001 (Instituto Nacional de Calidad (INACAL), 2001).

Para Abanto Castillo (2009) se clasifican en tipo I, tipo II, tipo III, tipo IV y tipo V:

TIPO I: Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.

Agua: De acuerdo al RNE E.060. Concreto Armado, el agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable.

Se podrán utilizar aguas no potables sólo si:

- Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.
- La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida.
- Los cubos de mortero para ensayos, hechos con agua no potable, deben tener resistencias a los 7 y 28 días, de por lo menos 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable. La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la NTP 334.051.

- **Agregados**

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la norma NTP 400.0011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cubica del concreto. (Rivva López, 2000, p. 16)

Dentro de los agregados tenemos el agregado fino, agregado grueso y hormigón:

Hormigón: o agregado integral, es el material conformado por una mezcla de arena y grava. Este material, mezclado en proporciones arbitrarias se da en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal como se le extrae de la cantera. (Rivva López, 2000, p. 17).

c) Propiedades fundamentales del concreto

Las propiedades más importantes del concreto al estado no endurecido incluyen la trabajabilidad, la consistencia, fluidez, posesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación, y peso unitario. Las propiedades más importantes del concreto al estado endurecido incluyen las resistencias mecánicas, durabilidad, propiedades elásticas, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas y acústicas, y apariencia. (Rivva López, 2000, p. 22).

d) Tipos de concreto

Según (Abanto Castillo, 2009, p. 12-13) encontramos diferentes tipos de concreto entre los cuales están el concreto simple, concreto armado, concreto estructural, concreto ciclópeo, concretos normales, concretos pesados, concretos premezclado, concreto prefabricado y bombeado:

- Concretos livianos: son preparados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700 kg/m³.

- Concreto prefabricado: elementos de concreto simple o armado fabricado en una ubicación diferente a su posición final en la estructura.

1.5.3. Concreto Liviano

Son aquellos cuya masa unitaria es inferior a 2300 kg/m³. Pueden estar constituidos por áridos ligeros, los cuales se producen comercialmente en hornos giratorios que hacen que estos se esponjen y por conglomerados hidráulicos o resinas sintéticas. Entre las ventajas que ofrecen los hormigones ligeros tenemos: bajo masa, aislamiento térmico, resistencia al fuego, etc (Rivera, 2013).

Actualmente se están utilizando concretos ligeros o ultraligeros, formados con algunos tipos de áridos los cuales deben presentar ciertas propiedades como son: forma de granos compacta, redondeada con la superficie bien cerrada, ninguna reacción perjudicial con la pasta de cemento ni con el refuerzo, invariabilidad de volumen, suficiente resistencia a los fenómenos climatológicos; además deben tener una densidad la menor posible, con una rigidez y una resistencia propia suficientemente elevada y ser de calidad permanente y uniforme (Rivera, 2013, p. 45).

a) Ventajas del Concreto Liviano:

Según Valdez y Suarez (2010), indican que el concreto liviano debido a su naturaleza tiene muchas ventajas, de las cuales destacan las siguientes:

- Permite disminuir el peso en estructuras y cargas a la cimentación.
- Por sus características termo-acústicas ofrece un ahorro de energía eléctrica, en particular en sitios con climas extremos.
- No requiere compactación.
- Su colocación y acabado son más económicos.
- Fraguado uniforme y controlado.
- Baja densidad.
- Buena aislación térmica, acústica.

- Mayor resistencia al fuego que el concreto convencional.
- Excelente trabajabilidad.
- Bajo módulo de elasticidad.

b) Clasificación del concreto liviano:

Según (Rivera, 2013, P. 263) el concreto liviano se clasifica según su composición, la que depende de la técnica para obtener los vacíos en el hormigón y según su constitución que depende de los agregados, los cuales tienen baja densidad. Hay básicamente dos tipos:

- **Concreto ligero estructural**

Es aquel que a los 28 días tiene una resistencia a la compresión mínima de 175 kg/cm² y una masa unitaria menor de 1850 kg/m³. Está compuesto por agregados ligeros que se clasifican de acuerdo a su fabricación, debido a que en los distintos procesos se producen agregados con propiedades físicas diferentes, las cuales influyen en las propiedades del concreto ligero, como son: masa unitaria, absorción, forma, textura y densidad aparente. Con este concreto se tiene la ventaja de utilizar menos refuerzo, puesto que la masa propia de la estructura es menor, aunque puede suceder que el costo del agregado ligero sea muy alto y encarezca el hormigón.

- **Concreto ligero no estructural**

El concreto ligero no estructural tendrá una resistencia a la compresión a los 28 días máximo de 70 kg/cm² y una masa unitaria que no sobrepasa los 1500 kg/m³; estos hormigones se usan principalmente como aislantes térmicos y se emplean generalmente en techos de edificaciones.

1.5.4. Agregado liviano

Los agregados livianos usados en la elaboración de hormigones, han sido adoptados en consideración a su estructura celular, que ofrece una de las principales ventajas, que es la baja densidad y consecuentemente el aislamiento

térmico, a la par de ciertas propiedades acústicas, pues amortiguan las vibraciones (Arévalo, 2015). Por su parte Rey, (2018) indica que el agregado liviano es el proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8").

Clasificación de agregados livianos

Según Soto (2017) clasifica los agregados livianos según su origen y son los siguientes:

- Naturales no elaborados: Puzolanas, Travertinos, Lapillo, Escorias, Tobas volcánicas, Diatomitas, Conchas machacadas, Piedra pómez.
- Naturales elaborados: Arcilla expandida, Vidrio expandido, Esquisto expandido, Pizarra expandida, Vermiculita, Perlita expandida, Diatomita expandida, Obsidiana expandida, Arcilla sintetizada, Esquistos sintetizados
- Industriales no elaborados: Escoria de alto horno, Cenizas volantes.
- Industriales elaborados: Escoria expandida, Espuma de escoria, Cenizas expandidas, Cenizas sintetizadas
- Orgánicos: Partículas de plástico, Cáscara de cereales, Virutas celulósicas, porexpan.

1.5.5. Vereda

Una vereda es la parte de la vía urbana que está situada a los costados de la calle y que permite el tráfico de peatones, es conocido también como acera, banqueta o andén orilla de la calzada o de otra vía pública, generalmente enlosada, sita junto al paramento (cada una de las caras de todo elemento constructivo vertical) de las casas y particularmente destinada para el tránsito de la gente que va a pie. Senda cuyo nivel esta encima de la calzada y se usa para el tránsito de peatones (Rodríguez, 2015).

Se denomina vereda al camino formado por el tránsito peatonal, este puede ser de terreno natural o con una cobertura pavimentada de tal forma que el tránsito sea de manera cómoda y sin obstáculos en lo posible, en cuanto a la pista es aquella vía destinada para el pase vehicular éstas llevan una capa de pavimento ya sea asfáltico o de concreto formando una vía de tránsito vehicular (Pérez & Vásquez, 2018).

1.5.6. Áreas recreativas

El área recreativa es el espacio público que brinda confort para realizar actividades recreativas y deportivas garantizando permanencia gracias al equipamiento adecuado de éste.

1.5.7. Pavimentos especiales

El pavimento es un conjunto de capas constituidas por un sistema de capas comprendidas entre el terreno de fundación y el manto de rodamiento, que cumple la función de dividir las cargas que son aplicadas debido al movimiento de vehículos en un lapso de tiempo determinado hacia la subrasante y ver el bienestar del tránsito por lo general, cuenta con la siguiente estructura: La capa de rodadura es aquella que se encuentra en la superficie del pavimento, que puede ser flexible, rígido o de articulado, es la que se encarga de soportar directamente la circulación de los vehículos y/o personas (Tarifeño, 2019).

Dentro de los pavimentos se tiene los pavimentos especiales que de acuerdo con el R.N.E en la norma CE.010: Pavimentos Urbanos “se considera como pavimentos especiales a los siguientes aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclovías los cuales deberán cumplir con los siguientes requisitos

Los pavimentos especiales se consideran las veredas, ciclovías y pasajes peatonales, las cuales vienen a ser una alternativa de solución a los aniegos generados por las grandes lluvias y proponiendo el uso de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (Kanashiro & Monzón, 2020).

1.5.8. Factibilidad económica

La factibilidad económica de un proyecto se refiere a determinar si la empresa cuenta con el capital o créditos de financiamiento necesarios para invertir en el desarrollo del proyecto, el cual deberá probar que sus beneficios son mayores a los costos en los que se incurrirá al desarrollarlo e implementarlo por parte de la empresa. Se debe hacer un análisis concienzudo tanto en cuanto a egresos como ingresos causados por el proyecto, ya que se debe tomar en cuenta que una mala decisión económica podría bastar para truncar el futuro de cualquier organización, conduciéndola a la quiebra (López, 2014).

1.5.9. Poliestireno expandido

La Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (ANAPE) (2019) define técnicamente al Poliestireno Expandido (EPS) como: "Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas pre expandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire". El EPS se obtiene a partir de la transformación del poliestireno expandible y esta materia prima es un polímero del estireno que contiene un agente expansor, el pentano. Como todos los materiales plásticos el poliestireno expandible deriva en último término del petróleo.

Gil y Rivera (2015) mencionan que el poliestireno expandido es un polímero resultado de la polimerización del etileno, se produce normalmente con un peso molecular que se encuentra en el rango entre 200.000 y 500.000, pero puede ser mayor. Es un polímero de cadena lineal no ramificada. Es más duro, fuerte y un poco más pesado que el de baja densidad, pero es menos dúctil. El poliestireno con peso molecular entre 3.000.000 y 6.000.000 es el que se denomina UHMWPE (Ultra High Molecular Weight Polyethylene).

El poliestireno expandido se define técnicamente como un material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire.

a) Propiedades del Poliestireno

Según (Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (ANAPE), 2019) tenemos:

- **Resistencia Mecánica:** Se evalúa generalmente a través de las siguientes propiedades: Resistencia a la compresión para una deformación del 10%, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción y resistencia a la cizalladura o esfuerzo cortante.
- **Densidad:** son muy ligeros y resistentes considerando que su densidad va desde los 8kg/m³ hasta los 55kg/m³.
- **Aislante térmico:** El EPS tiene buena capacidad de aislamiento térmico y esto se debe a la propia estructura del material, ya que un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% es materia sólida (poliestireno). De todos es conocido que el aire en reposo es un excelente aislante térmico.
- **Absorción:** El poliestireno expandido no es higroscópico, tiene niveles de absorción mínimos con valores oscilando entre el 1% y el 3% en volumen. Pero sin embargo el vapor de agua sí puede difundirse en el interior de la estructura celular del EPS cuando entre ambos lados del material se establece un gradiente de presiones y temperaturas.
- **Estabilidad dimensional:** Las variaciones dimensionales se evalúan a través del coeficiente de dilatación térmica que, para los productos de EPS, es independiente de la densidad y se sitúa en los valores que oscilan en el intervalo $5-7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, es decir entre 0,05 y 0,07 mm por metro de longitud y grado Kelvin.
- **Estabilidad frente a la temperatura:** El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad sin que sus propiedades se vean afectadas no tiene limitación alguna por el extremo inferior (excepto las

variaciones dimensionales por contracción). Con respecto al extremo superior el límite de temperaturas de uso se sitúa alrededor de los 100°C para acciones de corta duración, y alrededor de los 80°C para acciones continuadas y con el material sometido a una carga de 20 kPa.

- **Comportamiento frente a factores atmosféricos:** Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS amarillea y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento logran erosionarla.

b) Propiedades químicas

Al igual que varios de los productos a base de polímeros, el poliestireno es susceptible a daños frente a la radiación UV, es decir que cuando se encuentra expuesto durante un periodo largo de tiempo se torna amarillo, lo cual es un indicativo de la degradación del polímero. Sin embargo, en esta investigación el poliestireno va a ser introducido en el hormigón, por lo que es poco probable que este efecto ocurra ya que el EPS no se encuentra expuesto directamente a los efectos de la radiación UV. En la industria de la construcción, el poliestireno es compatible con materiales tales como el cemento, yeso, agua dulce o salada, etc., pero no es compatible con solventes (Lituma y Zhunio, 2015).

c) Impacto ambiental de poliestireno

La producción en sí del poliestireno se basa en recursos no renovables, por cuanto este es plástico que se deriva del petróleo. Por lo que una de las principales causas de contaminación será la emisión de clorofluorocarbonos (CFC) directo a la atmósfera; por otro lado, los procesos de elaboración de planchas de poliestireno que se ocupan en la construcción, vasos, platos, protectores de electrodomésticos, etc., estos no emanan CFC ya que estos utilizan pentano por tal motivo no son contaminantes (Gil y Rivera, 2015 p. 27).

1.5.10. Uso de poliestireno expandido en la construcción

La popularidad del Poliestireno Expandido, para usos constructivos, se encuentra en un constante crecimiento, ampliando cada vez su utilización dentro de las obras de la ingeniería civil de manera significativa, gracias a las propiedades de maleabilidad y aislación térmica, de la misma manera se aprovecha el poco peso que este agrega en las construcciones. Las partículas esféricas expandidas se emplean para el mejoramiento de las condiciones del suelo, lechos drenantes para la colocación de tuberías de drenaje, fabricación de ladrillos porosos y como agregado para concreto ligero (Bustamante y Medina, 2014, p. 176).

El hormigón alivianado con poliestireno expandido, también conocido como concreto liviano EPS, o concreto ultraliviano EPS, se fabrica a partir de cemento, arena, perlas, pelotitas o bolitas de poliestireno expandido EPS, más aditivos para facilitar la mezcla del poliestireno con el mortero de cemento y arena. El poliestireno expandido en perlas o bolitas cuesta mezclarlo con el mortero, es por eso que se aditiva. Algunas marcas de poliestireno expandido EPS vienen ya preparadas de fábrica para evitar el problema del mezclado. El hormigón alivianado se puede vertir en encofrados o moldes para obtener diversas formas. También se utilizan grandes moldes cúbicos para luego cortarlos una vez secos en bloques más pequeños. Estos bloques más pequeños suelen ser cortados con mucha precisión, lo que facilita su colocación y ahorro de mezcla, mortero, o pegamento. El hormigón alivianado con poliestireno expandido, concreto liviano, o concreto ultraliviano se fabrica con distintas densidades de acuerdo al uso destinado. Se utiliza en forma de bloques o vertidos en encofrados para realizar tabiques y paredes. Otro uso frecuente es como relleno de losas de hormigón, pendientes y rellenos en azoteas. Es muy bueno como aislante térmico en azoteas y paredes externas (Bustamante y Medina, 2014, p. 178).

1.5.11. Influencia d la densidad en el Poliestireno Expandido

La densidad es un factor muy importante que determina las propiedades, conductividad térmica y propiedades mecánicas, de los paneles de aislamiento

de PE con un control de 90 a 95% de la densidad sobre las propiedades del producto final. Sin embargo, existen factores que pueden cambiar, aunque en menor medida, las propiedades del PE como los que se presentan en el proceso de producción como el espesor que solo tienen una eficacia no mayor al 10% sobre las propiedades del material como la resistencia a la flexión, conductividad térmica al ser corregidos por espesor (10%) y la eficacia del esfuerzo de compresión al 10 de deformación (5%) (Mihlayanlar, Dinaç y Güner, 2008).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Elaborar adoquines de concreto liviano incorporando poliestireno para veredas y áreas recreativas Jaén – 2020.

2.2. Objetivos específicos

- a) Fabricar adoquines de concreto liviano incorporando el 15%, 25%, 35%, 50% de poliestireno en volumen de concreto.
- b) Determinar las principales propiedades de los agregados con fines de ser utilizados para el diseño de mezclas para elaboración de veredas y áreas recreativas.
- c) Evaluar las propiedades del concreto en estado fresco con adición de 15%, 25%, 35%, 50% de poliestireno.
- d) Evaluar las propiedades del concreto en estado endurecido con adición de 15%, 25%, 35%, 50% de poliestireno.
- e) Establecer las diferencias entre el concreto patrón y concreto liviano con 15%, 25%, 35%, 50% de poliestireno.
- f) Evaluar la factibilidad económica de los adoquines de concreto liviano con poliestireno (EPS) valorando el mejor porcentaje.

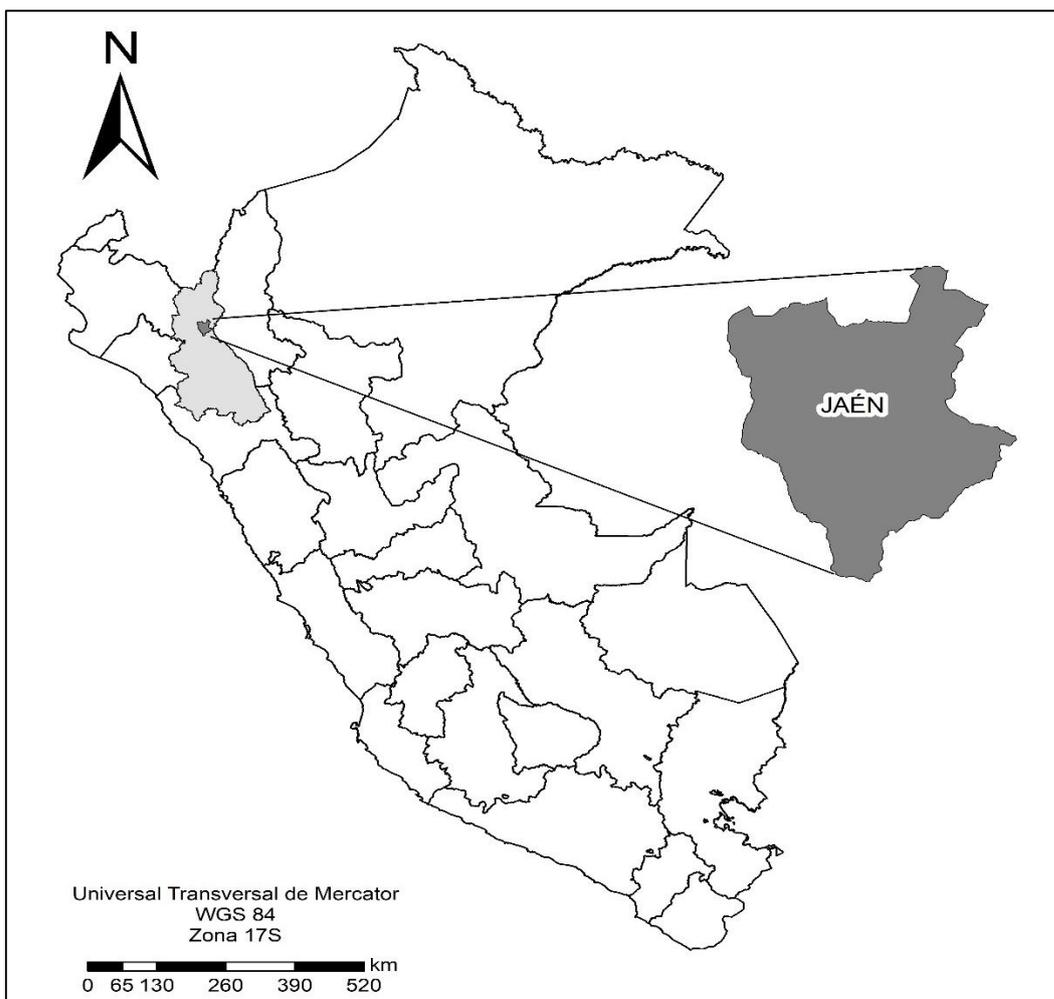
III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Ubicación geográfica

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Jaén, de la provincia de Jaén en la región Cajamarca.

Figura 2.

Mapa de ubicación del distrito de Jaén



Fuente: Elaboración propia

3.2. Materiales

- Agregado fino
- Poliestireno
- Cemento Portland Tipo I
- Agua potable

3.3. Población

La población seleccionada para esta investigación fueron todos los adoquines de concreto con diseño de mezclas para un concreto de resistencia de $f'c = 290 \text{ kg/cm}^2$ y $f'cr = 320 \text{ kg/cm}^2$ de acuerdo a la N.T.P. 399.611 (UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de Concreto para Pavimentos) elaborados en condiciones de laboratorio con porcentajes de 15 %, 25 % 35 % y 50 % en volumen de poliestireno.

3.4. Muestra

Para calcular el número de muestra se empleó el método de Fisher, el cual indica que los números mínimos de grados de libertad del error experimental deben ser mayor o igual a 12 a un nivel de confianza del 5%.

- Considerando la comparación de los adoquines con 0%, 15%, 25%, 35% y 50% en volumen de concreto, tenemos que el número de porcentajes a comparar será 5.

$$12 \leq Ee = [(n_{\text{porcentaje}} * \# \text{ de probetas}) - 1] - (n_{\text{porcentaje}} - 1)$$

$$12 = [5 * \# \text{ de probetas} - 1] - (5 - 1)$$

$$12 = 5 * \# \text{ de probetas} - 1 - 4$$

$$(12 + 5) / 5 = \# \text{ de probetas}$$

$$3.4 = \# \text{ de probetas}$$

$$3.4 = \# \text{ de probetas lo cual es equivalente a 4 probetas}$$

- Entonces para cada porcentaje estadísticamente se utilizó 4 probetas, haciendo un total de 20 probetas (adoquines) para cada ensayo.

Tabla 4.

Número de muestras

ENSAYO	A los 28 Días					TOTAL
	Concreto patrón	15%	25%	35%	50%	
Resistencia a la Compresión	4	4	4	4	4	20
Absorción	4	4	4	4	4	20
Resistencia al desgaste	4	4	4	4	4	20
Total de muestras						60

Fuente: Elaboración propia

La muestra estuvo constituida por un total de 60 unidades experimentales, las cuales se distribuyeron de la siguiente manera: 20 unidades para el ensayo resistencia a la compresión, 20 unidades para el ensayo de absorción y 20 unidades para el ensayo resistencia al desgaste.

3.5. Muestreo

Se aplicó un muestreo de tipo no probabilístico representativo.

3.6. Variables

3.6.1. Variable dependiente

- Adoquín de concreto

3.6.2. Variables independientes

- Poliestireno (EPS)

3.7. Métodos

El método que se empleó para esta investigación fue Inductivo – Deductivo (Hipotético deductivo), ya que con este método se sintetiza, básicamente, los principales aspectos del método inductivo y el deductivo. Se realizará la observación y análisis de una serie de fenómenos, las cuales se derivan en hipótesis, luego se analiza las mediciones y establece conclusiones, se verifica la hipótesis a partir de experimentos y si la hipótesis se verifica, entonces se acepta. Si no se verifican sus supuestos, se rechaza.

Análisis – Síntesis: El análisis de la información posibilita descomponerla en busca de lo que es esencial en relación con el objeto de estudio, mientras que la síntesis puede llevar a generalizaciones que van contribuyendo paso a paso a la solución del problema científico como parte de la red de indagaciones necesarias.

3.8. Técnicas

Durante el desarrollo de esta investigación se emplearon dos técnicas las cuales se detallan a continuación:

Observación: Mediante la observación se ha podido percibir e interpretar toda la realidad problemática, se aplicó directamente en la recolección de muestras, en la realización de los diferentes ensayos y en el análisis del concreto liviano base y en el concreto liviano con porcentajes de poliestireno (EPS)

Análisis documental: Se tomaron en cuenta libros, revistas científicas, tesis, artículos científicos, proyectos, la norma técnica peruana, etc., relacionados al tema de interés.

3.9. Procedimiento de recolección de datos

Para la recolección de datos se realizaron las siguientes actividades:

3.9.1. Selección de agregados para concreto.

Se realizó conforme a la NTP 400.010 con el fin de que las muestras tomadas tengan la naturaleza y las condiciones del material al cual representa, el material de cantera que se utilizó fue arena gruesa.

Figura 3.

Cuarteo de agregado



Figura 4.

Tamizado de agregado



Figura 5.

Ensayo Contenido de Humedad



Figura 6.

Ensayo de Peso específico



Figura 7.

Pesado del agregado



Figura 8.

Ensayo de Peso Unitario



3.9.2. Selección del Poliestireno (EPS)

Se utilizó el poliestireno (EPS) comercial, el que es conocido comúnmente como Tecnopor, de donde se obtuvieron las perlas de poliestireno de diámetro 4mm.

Figura 9.

Tipo de poliestireno obtenido



Figura 10. *Medición de la cantidad de poliestireno*



3.9.3. Diseño de mezclas

Se realizó el diseño de mezclas para el concreto buscando encontrar una resistencia a la compresión requerida para adoquines de tipo I (adoquines peatonales de 290 kg/cm^2) según la norma NTP 399.611; teniendo como resultado los datos siguientes:

- Resistencia a la compresión de diseño: $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ (28 Días)
- Resistencia a compresión promedio: $f'cr = f'c + 8.5 = 37.5 \text{ MPa}$ (28 Dias)
- Asentamiento: 3" a 4"
- Relación Material cementante: 0.56

3.9.4. Elaboración del concreto liviano

Se procedió a elaborar el concreto liviano con las proporciones ya establecidas, al que se le agregó el poliestireno en una dosificación de: 15%, 25%, 35%, 50% en volumen. El volumen de concreto a elaborar será 0.5 m^3 , el requerido para los ensayos del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido.

Figura 11.

Adición de materiales en la mezcladora



Figura 12.

Obtención de la mezcla de concreto liviano



3.9.5. Ensayos para concreto liviano fresco

Los ensayos al concreto liviano en estado fresco, se realizaron para el concreto que sirvió como patrón y para cada tipo de concreto liviano (al 15%, 25%, 35%, 45% en volumen):

- Asentamiento del concreto (Slump) – (NTP 339.035)
- Peso unitario y rendimiento – (NTP 339.046)

Figura 13.

Ensayo Asentamiento de concreto (slump)



Figura 14.

Ensayo Peso Unitario y Rendimiento



- Temperatura del concreto – (NTP 339.184)

Figura 15.

Temperatura del concreto = 25.8 °C



Figura16.

Temperatura del concreto = 26.4 °C



3.9.6. Fabricación y curado de adoquines

El concreto liviano será vaciado en los moldes del adoquín rectangular de dimensiones comerciales (0.20 m x 0.10 m x 0.06m) y curado por 28 días, hasta que alcance su resistencia máxima.

Figura 17.

Moldes para la elaboración de adoquines



Figura 18.

Elaboración de adoquines de concreto liviano



Figura 19.

Acabado de los adoquines de concreto liviano



Figura 20.

Rotulado de los adoquines de concreto liviano



3.9.7. Ensayos de concreto liviano endurecido

Los ensayos al concreto en estado endurecido, se realizarán para los adoquines de concreto patrón y para los adoquines de concreto liviano en sus diferentes dosificaciones (al 15%, 25%, 35%, 50% en volumen): Resistencia a la compresión, ensayo de absorción y resistencia al desgaste de adoquines rectangulares de concreto.

a) Resistencia a la compresión

Figura 21.

Medida de las dimensiones de los adoquines de concreto



Figura 22.

Rotura de adoquines elaborados con 50 % de poliestireno



b) Absorción

Figura 23.

Pesado de los adoquines



Figura 24.

Adoquines sumergidos en agua por 24h



c) **Desgaste**

Figura 25.

Adoquines de concreto para ensayo de desgaste



Figura 26.

Equipo elaborado para simulación de lluvia



Figura 27.

Simulación de la lluvia para medir el % de desgaste del concreto



Figura 28.

Desgaste producido en el concreto.



3.9.8. Evaluación de los datos obtenidos

Una vez realizados todos los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido se realizó la evaluación y comparación de los porcentajes obtenidos para posteriormente escoger la mejor dosificación de la elaboración de los adoquines de concreto liviano teniendo en cuenta además la variación del peso y costo de fabricación.

3.10. Instrumentos

Los instrumentos a utilizarse en la recolección de datos son:

- Fichas de análisis de los ensayos, fichas de observación, informe de los ensayos a realizarse.
- Formato para ensayar los agregados, Formato para la obtención de resultados de los ensayos a realizarse.

También, se usaron diferentes instrumentos y equipos:

- Prensa para ensayo de resistencia a la compresión.
- Cono de Abrams
- Barra Compactadora
- Wincha
- Balanza
- Recipiente cilíndrico
- Varilla o vibrador
- Placa de enrasado
- Mazo de Goma
- Moldes rectangulares para adoquines
- Palas, plancha de albañil, regla para enrasar
- Carretilla u otro recipiente para muestreo y remezclado

IV. RESULTADOS

4.1. Diseño de mezcla de concreto

Se realizó el diseño de mezcla del concreto para el concreto con $f'c = 290 \text{ kg/cm}^2$ considerando las siguientes propiedades del agregado:

Tabla 5.

Características de los materiales

1. Agregado fino	Arena
Peso específico de masa	260 gr/cm ³
Peso unitario suelto seco	1508 kg/m ³
Peso unitario seco compactado	1615 kg/ m ³
Humedad natural	3.16 %
Absorción	1.08 %
Módulo de finura (Mf)	2.52
Material que pasa por el tamiz N° 200	3.50 %
2. Cemento	
Cemento portland tipo I Pacasmayo	
Peso específico	3.15 gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se presentan las características de los materiales empleados para el diseño de mezcla la cual fue realizada en base a la resistencia que se requiere del concreto, para esto se tuvo en cuenta el método más usado a nivel mundial que es el propuesto por el sistema del American Concrete Institute (ACI 211.1- 91), siendo el método de dosificación más utilizado en todo el mundo.

4.2. Resumen de diseño de mezcla

El resumen del diseño de mezcla muestra los requerimientos en proporción de los materiales que se emplean para la elaboración de 1 m³ de concreto de $f'c = 290$ kg/cm², siendo las proporciones siguientes:

- PROPORCIONAMIENTO EN PESO:

1: 4.36/ 19.6 Lt/bolsa.

Cemento: Ag. Fino, Agua

- PROPORCIONAMIENTO EN VOLUMEN:

1: 4.26/ 19.6 Lt/bolsa.

Cemento: Ag. Fino, Agua

4.3. Propiedades del concreto en estado fresco

Se evaluaron las propiedades del concreto en estado fresco como lo son el asentamiento y la temperatura, los resultados obtenidos de este ensayo se muestran a continuación:

4.3.1. Asentamiento

El ensayo de asentamiento también conocido como Slump se realizó teniendo en cuenta la Norma Técnica Peruana NTP 339.035, los detalles de este ensayo se presentan a continuación:

Tabla 6.

Asentamiento del concreto

Adoquín de concreto liviano	Asentamiento obtenido (pulgadas)	Asentamiento promedio (pulgadas)
	3.5	
Concreto patrón	4.0	4
	4.0	
	3.5	
15% de poliestireno	4.0	3.5
	3.0	

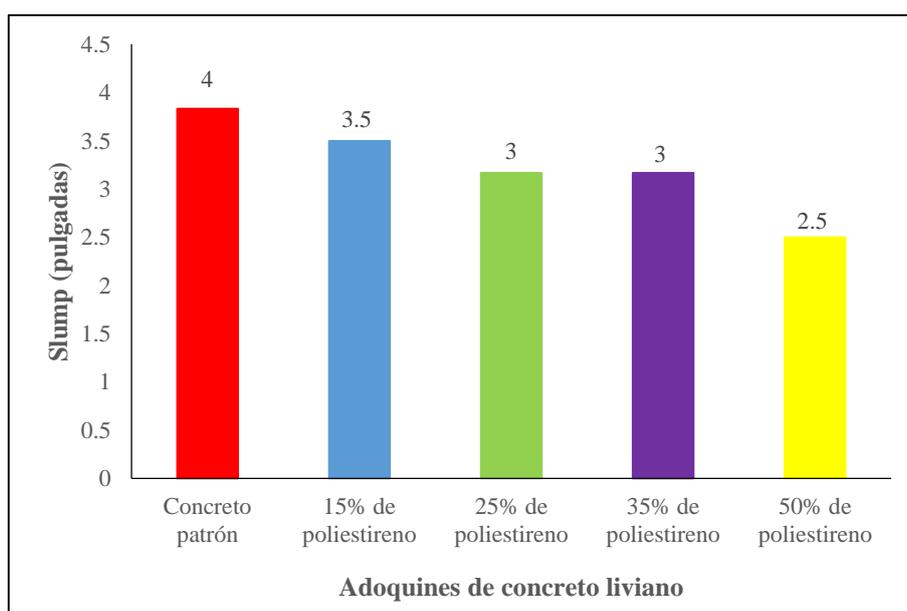
	3.0	
25% de poliestireno	3.5	3
	3.0	
	3.0	
35% de poliestireno	3.0	3
	3.5	
	2.0	
50% de poliestireno	3.0	2.5
	2.5	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, se presentan los resultados del análisis de asentamiento (Slump) en cada uno de los adoquines modificados con porcentajes de poliestireno según los tratamientos empleados, dentro de los resultados obtenidos se puede apreciar que los adoquines modificados con el 15 % de poliestireno obtuvieron el mayor índice de asentamiento entre los concretos modificados por poliestireno obteniendo 3.5'' de asentamiento y el concreto modificado con el 50 % de poliestireno obtuvo el menor asentamiento promedio con 2.5'' de asentamiento.

Figura 29.

Asentamiento del concreto



Fuente: Elaboración propia

En la figura 29 se presenta el asentamiento promedio de los concretos modificados según la cantidad de poliestireno determinado, se puede apreciar que el concreto patrón es el que presenta el mayor asentamiento y mientras se añadió mayor cantidad de poliestireno disminuyó el índice de asentamiento del concreto.

4.3.2. Temperatura

Se analizó la temperatura del concreto, para esto se tuvo en cuenta la Norma Técnica Peruana NTP 339.184, los detalles de los resultados obtenidos de este ensayo se muestran a continuación:

Tabla 7.

Temperatura del concreto

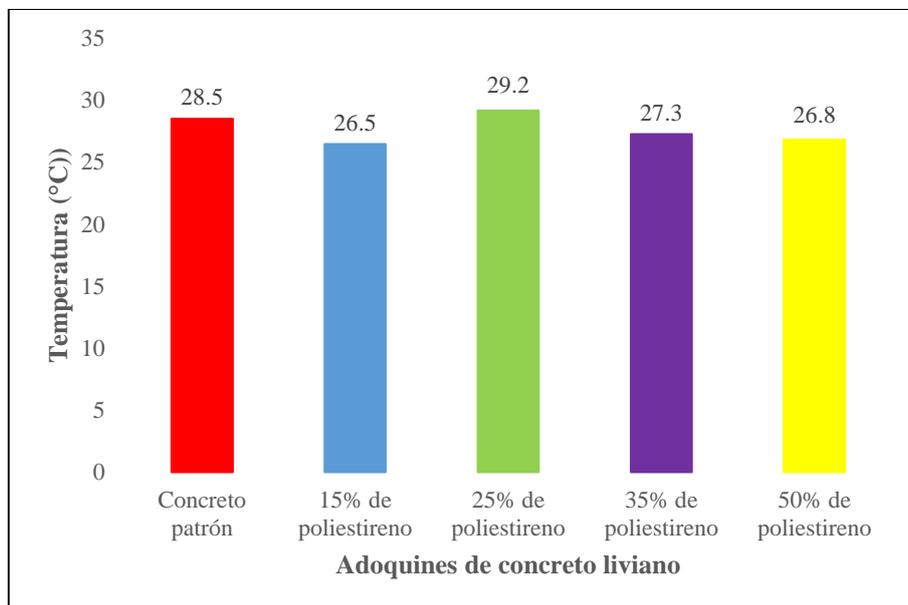
Adoquín de concreto liviano	Temperatura obtenida (°C)	Temperatura promedio (°C)
	28.5	
Concreto patrón	28.7	28.5
	28.3	
	26.4	
15% de poliestireno	26.3	26.5
	26.7	
	29.1	
25% de poliestireno	29.0	29.2
	29.4	
	27.5	
35% de poliestireno	27.1	27.3
	27.2	
	26.9	
50% de poliestireno	26.9	26.8
	26.7	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7, se presentan los resultados de la temperatura del concreto con el cual se elaboraron los adoquines según los tratamientos determinados para esta investigación, donde se puede observar que el concreto que obtuvo la mayor temperatura promedio fue al que se le añadió el 25 % de poliestireno y el concreto que obtuvo la menor temperatura promedio fue el que se le añadió el 15 % de poliestireno. Así mismo se puede observar que el concreto patrón obtuvo una temperatura promedio de 28.5 °C.

Figura 30.

Temperatura del concreto



Fuente: Elaboración propia

En la figura 30, se presenta la temperatura promedio de cada uno de los tratamientos aplicados al concreto, donde se aprecia que la temperatura es muy variada en relación a las cantidades de poliestireno agregado al concreto.

4.4. Propiedades del concreto en estado endurecido

Se realizó el análisis de las propiedades del concreto en estado endurecido, las propiedades analizadas fueron la absorción del concreto, el desgaste y la resistencia a la compresión, los resultados de este análisis se muestran a continuación.

4.4.1. Absorción

Se realizó el ensayo de absorción del concreto según cada uno de los adoquines de concreto elaborados en esta investigación, para esto los adoquines de concreto fueron pesados antes y después de ser sumergidos en agua potable durante 24 horas, los resultados obtenidos en este ensayo son presentados a continuación:

Tabla 8.

Absorción del concreto

Concreto	Peso inicial del concreto (kg)	Peso final del concreto (kg)	Absorción en kg	Absorción promedio (kg)	Absorción promedio (%)
Patrón	2.676	2.755	0.079	0.0725	3.9 %
	2.624	2.680	0.056		
	2.596	2.639	0.043		
	2.655	2.767	0.112		
	2.507	2.535	0.028		
15 % de poliestireno	2.304	2.416	0.112	0.057	3.09 %
	2.399	2.428	0.029		
	2.344	2.403	0.059		
	2.187	2.202	0.015		
25 % de poliestireno	2.260	2.276	0.016	0.017	0.9 %
	2.183	2.200	0.017		
	2.068	2.088	0.02		
	1.985	2.015	0.03		
35 % de poliestireno	1.923	1.975	0.052	0.044	2.4 %
	1.956	2.022	0.066		
	1.973	2.002	0.029		
	1.895	1.976	0.081		
50 % de poliestireno	1.845	1.873	0.028	0.057	3.09 %
	1.812	1.882	0.07		
	1.812	1.861	0.049		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8, se presenta el resultado del análisis de absorción de los adoquines de concreto sumergidos en agua durante 24 horas, donde se puede observar que el concreto que obtuvo el mayor porcentaje de absorción fue el concreto con el 50 % de poliestireno y el concreto que obtuvo el menor porcentaje de absorción fue el concreto con 25 % de poliestireno.

4.4.2. Desgaste

Se realizó el análisis de desgaste del concreto, para esto se expusieron los adoquines de concreto a agua a presión durante un tiempo total de 360 minutos con intervalos de descanso de 30 minutos.

Tabla 9.

Desgaste del concreto

Concreto	Dimensión inicial (mm)	Dimensión final (mm)	Dimensión de desgaste (mm)	Dimensión de desgaste promedio (mm)
Patrón	60.00	60.00	0	0
	60.00	60.00	0	
	60.00	60.00	0	
	60.00	60.00	0	
	60.00	60.00	0	
15 % de poliestireno	60.00	60.00	0	0
	60.00	60.00	0	
	60.00	60.00	0	
	60.00	60.00	0	
	60.00	60.00	0	
25 % de poliestireno	60.00	59.50	-0.5	0.75
	60.00	59.00	-1	
	60.00	59.00	-1	
	60.00	59.50	-0.5	
	60.00	59.00	-1	
35 % de poliestireno	60.00	59.00	-1	1.25
	60.00	58.50	-1.5	
	60.00	58.50	-1.5	

	60.00	58.00	-2	
50 % de	60.00	57.50	-2.5	2.75
poliestireno	60.00	56.50	-3.5	
	60.00	57.00	-3	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9, se presentan los resultados del ensayo de desgaste del concreto, para esto se midió las dimensiones en milímetros de cada uno de los adoquines de concretos empleados para el estudio, donde se puede observar que el concreto con el 50 % de poliestireno presentó el mayor valor promedio de desgaste con 2.75 mm y el concreto con el 15 % de poliestireno presentó el menor valor promedio de desgaste con 0 mm.

4.4.3. Resistencia a la compresión

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión de los concretos estudiados en esta investigación según los tratamientos con poliestireno especificados, el resultado de este ensayo se muestra a continuación:

Tabla 10.

Resistencia a la compresión del concreto

Adoquín de concreto liviano	Edad (días)	f'c obtenido	f'c promedio
		307.84	
Concreto patrón	28	315.34	312.13
		310.45	
		314.89	
		299.91	
		304.88	
15% de poliestireno	28	307.28	301.73
		294.85	
		294.95	
		293.70	
		291.20	
25% de poliestireno	28	287.50	291.84

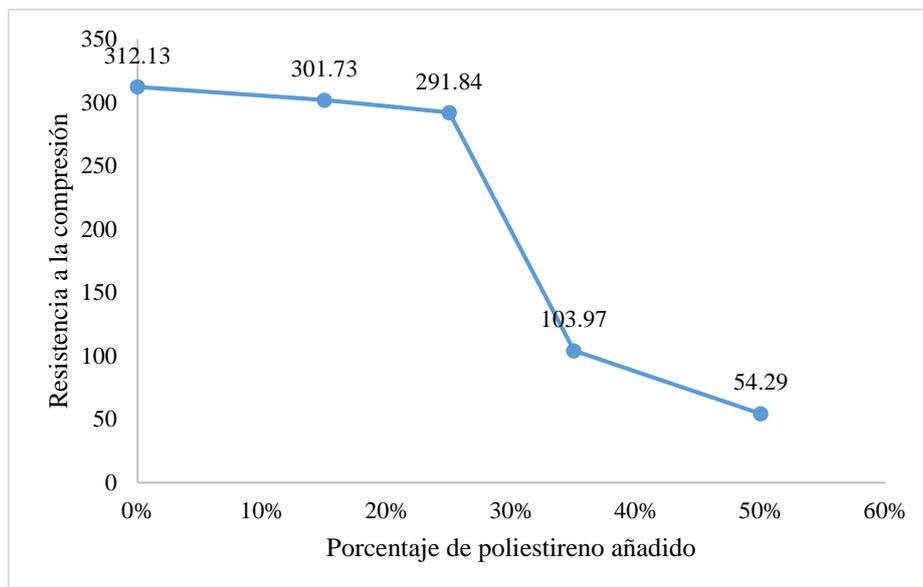
			110.90	
35% de poliestireno	28	104.54		103.97
		93.15		
		107.28		
		54.25		
50% de poliestireno	28	50.40		54.29
		55.80		
		56.73		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10, se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 290 \text{ kg/cm}^2$, donde se puede apreciar que el concreto con 15 % de poliestireno presentó el mayor índice de resistencia con 301.73 kg/cm^2 y el concreto con el 50 % de poliestireno presentó el menor índice de resistencia a la compresión con 54.29 kg/cm^2 .

Figura 31.

Resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días de curado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 31, se aprecia una gráfica de los resultados obtenidos mediante el ensayo de resistencia a la compresión del concreto donde se puede apreciar que la resistencia a la

compresión del concreto disminuye a medida que se va añadiendo mayor porcentaje de poliestireno.

4.5. Diferencias entre el concreto patrón y concreto liviano con 15%, 25%, 35%, 50% de poliestireno.

Se realizó la evaluación y comparación de los ensayos realizados para posteriormente escoger la mejor dosificación de la elaboración de los adoquines de concreto liviano.

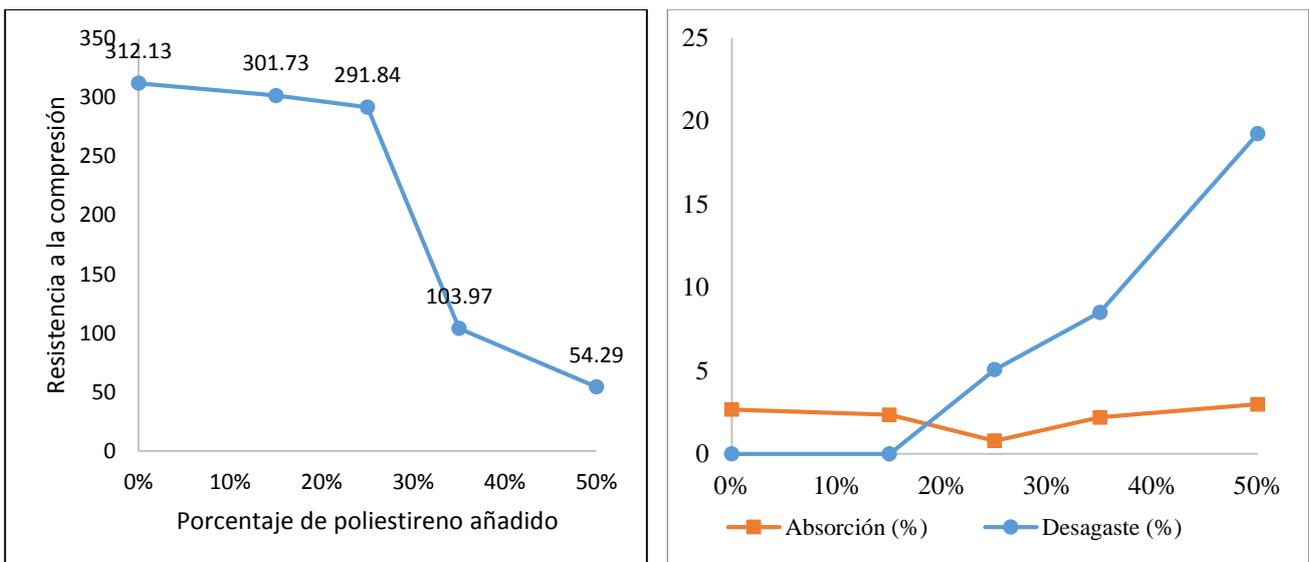
Tabla 11.
Comparación de resultados de los ensayos realizados

Adición de poliestireno	Resistencia a la compresión	Porcentaje de absorción (%)	Porcentaje de desgaste (%)
0%	312.13	2.67	0
15%	301.73	2.35	0
25%	291.84	0.79	5.07
35%	103.97	2.2	8.51
50%	54.29	2.99	19.25

Fuente: Elaboración propia

Figura 32.

Comparación de resultados de los ensayos realizados. a) resistencia a la compresión. b) Desgaste y Absorción de concreto



En la tabla 11 y figura 32, se presenta la comparación de los resultados obtenidos a partir de los ensayos aplicados a los adoquines de concreto construidos en esta investigación, donde se puede observar que el concreto patrón obtuvo una resistencia de 312.113 kg/cm², además el porcentaje de desgaste del concreto patrón fue de 0 % y el porcentaje de desgaste fue de 2.67. Los adoquines a los cuales se les añadió el 15 % de poliestireno alcanzaron el mayor índice de resistencia a la compresión con 301.73 kg/cm², los adoquines con el 50 % de poliestireno obtuvieron el mayor porcentaje de absorción y de desgaste con 2.99 % y 19.25 % respectivamente.

4.6. Factibilidad económica de los adoquines de concreto liviano con poliestireno

Se evaluó la factibilidad económica de los adoquines de concreto liviano modificados con porcentaje de poliestireno, el análisis económico se muestra a continuación.

Tabla 12.

Costo para elaborar 1 m³ de concreto de f'c = 290 kg/cm²

Material	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario S/	Precio total S/
A. Fino	m3	1.135	70.00	79.450
Cemento	bol	9.247	26.40	244.121
Agua	m3	0.182	5.00	0.910
Total				324.481

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los costos no incluyen gastos de mano de obra

En la tabla 12 se presenta el costo en soles para elaborar 1 m³ de concreto común, a partir del diseño de mezcla se conoce que se necesita 1.135 m³ de agregado fino, 9.247 bolsas de cemento portland Tipo I y 0.182 m³ de agua, con lo cual el costo total para el concreto de f'c = 290 kg/cm² asciende a 324.481 soles/m³.

Tabla 13.Costo de m³ concreto modificado con poliestireno

Tipo de concreto	Volumen Concreto	Costo de concreto S/	Volumen Poliestireno	Costo de poliestireno S/	Costo Total
Concreto con 0 % poliestireno	1.00 m3	324.481	0.00 m3	0.00	324.481
Concreto con 15 % poliestireno	0.85 m3	275.809	0.15 m3	37.5	313.309
Concreto con 25 % poliestireno	0.75 m3	243.361	0.25 m3	62.5	305.861
Concreto con 35 % poliestireno	0.65 m3	210.913	0.35 m3	87.5	298.413
Concreto con 50 % poliestireno	0.50 m3	162.241	0.50 m3	125	287.241

Fuente: Elaboración propia*Nota:* Los costos no incluyen gastos de mano de obra

En la tabla 13 se presenta los resultados del análisis de costo del concreto modificado con 0 %, 15 %, 25 %, 35 % y 50 % de poliestireno, donde se puede observar que el concreto sin agregarle poliestireno tiene el costo mayor con S/. 324.481 por m³ y el concreto con el 50 % de poliestireno tiene el menor costo con S/. 287.241 por m³.

Tabla 14.

Costo de adoquines de concreto

% de adición de poliestireno	Costo unitario de adoquín de concreto S/.	Variación de costo respecto al adoquín sin poliestireno
0%	0.39	0.00%
15%	0.38	2.56%
25%	0.37	5.13%
35%	0.36	7.69%
50%	0.34	12.82%

Fuente: Elaboración propia*Nota:* Los costos no incluyen gastos de mano de obra

En la tabla 14 se presentan los resultados del análisis del costo de los adoquines de concreto con las adiciones de poliestireno, donde se puede apreciar que el menor costo se obtiene cuando se agrega el 50 % de concreto.

4.7. Análisis de datos

Análisis de varianza de los ensayos

Para verificar si existen diferencias significativas entre las medias de cada uno de los ensayos realizados en esta investigación se procedió a realizar el análisis de varianza para el ensayo de absorción, ensayo de desgaste y resistencia a la compresión, los resultados se muestran a continuación.

Tabla 15.

Análisis de varianza del desgaste del concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$

F.V	S.C	Gl	C.M	F	p-valor
Método	20.70	4	5.18	44.36	<0.0001
Error	1.75	15	0.12		
Total	22.45	19			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se presentan los resultados del análisis de varianza de los resultados del desgaste de concreto según cada uno de los tratamientos aplicados, donde se puede observar que el p-valor es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ lo que hace indicar que hay diferencia altamente significativa en las medias del desgaste del concreto entre las adiciones de poliestireno a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 16.

Análisis de varianza de la absorción del concreto de $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$

F.V	S.C	Gl	C.M	F	p-valor
Método	0.01	4	0.0017	2.58	0.0800
Error	0.01	15	0.00067		
Total	0.02	19			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se presentan los resultados del análisis de varianza de la absorción del concreto según cada uno de los tratamientos aplicados, donde se puede observar que el p-valor es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ lo que hace indicar que no existe diferencia

altamente significativa en las medias del desgaste del concreto entre las adiciones de poliestireno a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 17.

Análisis de varianza de la resistencia a la compresión del concreto de $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$

F.V	S.C	Gl	C.M	F	p-valor
Método	243961.07	4	60990.27	2522.74	<0.0001
Error	362.64	15	24.18		
Total	244323.71	19			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, se presentan los resultados del análisis de varianza de la resistencia a la compresión del concreto según cada uno de los tratamientos aplicados, donde se puede observar que el p-valor es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ lo que hace indicar que si existe diferencia altamente significativa en las medias del desgaste del concreto entre las adiciones de poliestireno a un nivel de confianza del 95%.

Análisis Post Anva

Para corroborar el resultado obtenido mediante el análisis de varianza y ver cuál de las adiciones es el mejor se recurrió a la prueba de Tukey, la cual agrupa las medias y las compara.

Tabla 18.

Análisis Tukey del desgaste del concreto

Desgaste de concreto de $f'c = 290 \text{ kg/cm}^2$		
	0 % de poliestireno	0
	15 % de poliestireno	0
Tukey	25 % de poliestireno	0.75
	35 % de poliestireno	1.25
	50 % de poliestireno	2.75

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18, se presenta la comparación de medias de Tukey del desgaste del concreto donde se puede apreciar que el mayor desgaste se da con la adición de 50 % de poliestireno.

Tabla 19.

Análisis Tukey de la absorción del concreto

Absorción de concreto de $f'c = 290 \text{ kg/cm}^2$		
	0 % de poliestireno	0.073
	15 % de poliestireno	0.057
Tukey	25 % de poliestireno	0.017
	35 % de poliestireno	0.044
	50 % de poliestireno	0.057

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19, se presenta la comparación de medias de Tukey donde se puede apreciar que la mayor absorción se da con la adición de 15 y 50 % de poliestireno.

Tabla 20.

Análisis Tukey de la resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión de concreto de $f'c = 290 \text{ kg/cm}^2$		
	0 % de poliestireno	312.13
	15 % de poliestireno	301.73
Tukey	25 % de poliestireno	291.84
	35 % de poliestireno	103.97
	50 % de poliestireno	54.30

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20, se presenta la comparación de medias de Tukey donde se puede apreciar que la mayor resistencia a la compresión se da con la adición de 15 % de poliestireno.

V.DISCUSIÓN

De acuerdo a los análisis realizados al concreto en estado fresco con adiciones de diferentes proporciones de poliestireno, a partir del ensayo de asentamiento se constató que el concreto con adición del 15 % de poliestireno presentó el mayor índice de asentamiento con 3.5 pulgadas y el concreto con adición del 50 % de poliestireno obtuvo el menor índice de asentamiento con 2.5 pulgadas, con lo cual se puede afirmar que el concreto con menor cantidad de poliestireno presenta la característica de ser más trabajable pues Reto y Sanabria (2021) y Abanto (2009) indican que el concreto con asentamiento entre 3 – 4'' tiene consistencia plástica y es trabajable. Por otra parte, se evaluó la temperatura del concreto en estado fresco siguiendo la norma ASTM C138 y la NTP 339.046 empleando un termómetro calibrado, donde se evidenció que el concreto con el 15 % de poliestireno presentó la temperatura más baja lo cual es favorable para la conformación del concreto, esto es reforzado por Rodríguez (2017) quien indica que mientras más baja la temperatura del concreto fresco, será mejor para todas sus cualidades; así mismo, cuando le concreto se le añade el 25 % de poliestireno llega a alcanzar el pico más alto de temperatura siendo éste los 29.2 °C y a medida que se añade más cantidad de poliestireno la temperatura empieza a disminuir, con lo cual se ratifica lo que mencionan autores como Carvalho (2017) quienes indican que una de las propiedades del poliestireno es la capacidad de ser un material termorregulador; sin embargo, la disminución de la temperatura puede llegar a ser perjudicial, pues Pérez y Flores (2019) mencionan que a mayor temperatura se logra mayor resistencia inicial y mayor efecto de contracción, sin embargo, la resistencia a largo plazo será menor.

A partir de la evaluación de las propiedades del concreto con adición de poliestireno en estado endurecido se puede evidenciar que todos el concreto que presentó la mayor absorción es el que contiene el 15 % y 50 % de poliestireno con el 3.09 % de absorción, además de manera general, todos los concretos obtuvieron porcentajes de absorción menores al 7.5 % lo cual cumple con lo estipulado por la norma la NTP 399.611, por otro lado, se puede

afirmar que la baja absorción del concreto se debe a que el poliestireno es un material no higroscópico y los valores de absorción normalmente oscilan entre el 1% y el 3% (Macas, 2007); así también, se pudo constatar que los resultados obtenidos este ensayo son similares a los obtenidos por Lapa (2020) quien a partir de su investigación indica que cuando el concreto tiene baja absorción se evita tener la cantidad agua en sus poros de lo contrario generaría cambios volumétricos bruscos dañando las edificaciones.

Mediante el análisis de desgaste del concreto elaborado en esta investigación se pudo determinar que a medida que se le incorporó mayor cantidad de poliestireno al concreto el desgaste es mayor, siendo así que para el concreto con 0 y 15 % de poliestireno se obtuvo 0 de desgaste, para el concreto con el 25 % de poliestireno se obtuvo un desgaste de 0.75 mm, para el concreto con el 35 % de poliestireno se obtuvo un desgaste de 1.25 mm y para el concreto con el 50 % de poliestireno se obtuvo un desgaste de 2.75 mm, por lo tanto se puede indicar que a nivel de desgaste por agua no es factible añadir grandes cantidades de poliestireno, pues esta acción conlleva a que el concreto disminuya su durabilidad, esto es reforzado por Flores (2010), Dos Santos et al. (2006) y Vásquez (2018) quienes indican que el concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido.

El concreto elaborado en esta investigación fue realizado según $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$, los ensayos realizados de resistencia a la compresión añadiendo proporciones de poliestireno los resultados obtenidos fueron que para el concreto con 15 % de poliestireno la resistencia fue igual a 301.73 kg/cm^2 , con 25 % de poliestireno la resistencia fue igual 291.84 kg/cm^2 , con 35 % de poliestireno la resistencia fue igual 103.97 kg/cm^2 y con 50 % de poliestireno la resistencia fue igual a 54.29 kg/cm^2 , con lo que se puede determinar que a medida que se agrega mayor cantidad de poliestireno disminuye la resistencia a la compresión esto es corroborado por investigaciones realizadas por otros autores como Sayadi et al. (2016) y Chuquilin García (2018) quienes indican que a medida que se aumenta mayor cantidad de volumen de poliestireno la resistencia a la compresión del concreto disminuye; por otra parte, se puede indicar también que al sustituir el volumen de los adoquines de concreto con el 15% de poliestireno la resistencia a la compresión cumple con lo requerido; pues, los valores obtenidos son similares a los obtenidos por el concreto patrón, estos resultados son similares a los obtenidos por Águila (2011) y Vásquez (2018) quienes indican que es factible

técnicamente emplear perlitas de poliestireno hasta el 20% de sustitución de áridos finos por perlitas puesto que, la resistencia a la compresión no se ve afectada en estos porcentajes; sin embargo, con los resultados obtenidos en esta investigación se puede determinar que los concretos con el 15 % de poliestireno pueden ser usados para veredas y áreas recreativas en la ciudad de Jaén, puesto que presentan la resistencia a la compresión mayor a los 300 kg/cm² puesto que según Aleman y Cantos (2016) La resistencia a la compresión de los adoquines debe ser lo suficientemente grande, no menor a 300 Kg/cm² , para aportar al comportamiento estructural y también para evitar el desgaste y rápido deterioro de los bloques.

El concreto patrón obtuvo resistencia a la compresión igual a 312.13 kg/cm², el porcentaje de absorción de este concreto es igual a 2.67 % y presentó un desgaste igual al 0 %, al realizar la comparación respectiva para evaluar las diferencias entre el concreto patrón y el concreto con poliestireno (Tabla 10) se puede observar que el concreto con el 15 % de poliestireno es el que obtuvo resistencia a la compresión igual a 301.73 kg/cm², 1 porcentaje de absorción de este concreto fue igual a 2.35 % y el porcentaje de desgaste obtenido fue de 0 %, con estos valores obtenidos se puede determinar que el comportamiento físico del concreto con el 15 % de poliestireno es similar al concreto patrón.

Al realizar el análisis de factibilidad económica (Tabla 12) se puede determinar que el concreto patrón obtiene un costo de S/. 324.481 soles por m³ y al sustituir el 15% de concreto con poliestireno el costo es de S/. 275.8 soles por m³ y sabiendo de antemano que no se afectan las propiedades de resistencia, desgaste y absorción del concreto con estos porcentajes de poliestireno, se puede indicar que es factible económica y técnicamente, esto coincide con lo indicado por Cuevas y Champi (2020) que en su investigación concluyen que es más factible económicamente agregar porcentajes de poliestireno a los adoquines de concreto, de la misma forma los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los de Rodríguez (2017) quien indica que es factible económicamente la elaboración de adoquines con bajos porcentajes de poliestireno.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se fabricaron adoquines de concreto liviano con adición de 15%, 25%, 35%, 50% de poliestireno en volumen de concreto, llegando a concluir que el concreto liviano con adición del 15% y 25% de poliestireno cumple con las propiedades físicas así como la factibilidad económica para reemplazar al adoquín de concreto patrón o común que hoy es utilizado.

El agregado fino empleado para esta investigación obtuvo 260 gr/cm^3 de peso específico de masa, 1508 kg/m^3 de peso unitario, 1615 kg/ m^3 de peso unitario compactado, 3.16 % de humedad natural, el 1.08 % de absorción, 2.52 de módulo de finura y el 3.50 % del material pasa por el tamiz N° 200.

El concreto con la adición del 15 % de poliestireno obtiene el mayor índice de asentamiento (slump) con 3.5'' y el concreto con el 50 % de poliestireno obtuvo el menor índice de asentamiento (slump) 2.5'' lo cual indica que el concreto tiene mayor fluidez con el 15 % de poliestireno.

De los resultados del ensayo de absorción se puede determinar que el concreto que tiene mayor porcentaje de absorción es el que se le añadió el 15 y 50 % de poliestireno. El índice de desgaste es directamente proporcional a la cantidad de poliestireno adicionada, pues a medida que se aumenta la cantidad de poliestireno el concreto se ve más expuesto al desgaste.

La resistencia a la compresión del concreto patrón fue de 312.13 kg/cm^2 y el concreto que obtuvo la resistencia similar a la del concreto patrón fue el concreto con el 15% de poliestireno con 301.73 kg/cm^2 de resistencia.

Económicamente si es factible elaborar adoquines de concreto con el 15% de poliestireno, pues los gastos en materiales disminuyen y las propiedades físicas como absorción, desgaste y resistencia a la compresión no se ven afectadas.

6.2. Recomendaciones

Se debe realizar un estudio donde se investigue el comportamiento del concreto con poliestireno elaborado con agregados provenientes de diferentes canteras y de esta forma evaluar si existe alguna diferencia según el tipo de agregado.

Se debe realizar un estudio donde las proporciones de poliestireno que se añadan al concreto presenten un aumento constante de 5 % y así evaluar minuciosamente la variación en cantidades más pequeñas.

Los futuros investigadores cuando elaboren adoquines con poliestireno, estos adoquines deben ser sometidos a ensayos de resistencia a la compresión según el porcentaje de absorción, pues se prevé que la resistencia disminuya a medida que aumenta el porcentaje de absorción.

Se debe realizar una investigación donde se añada piezas de poliestireno de forma y tamaño irregular para así evaluar la posibilidad de reemplazar las perlas de poliestireno por poliestireno proveniente de desechos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, Castillo, F. (2009). *Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)*. Edit. San Marcos. Segunda Edición. Lima-Perú.
- Águila (2011). *Empleo de las perlitas de poliestireno expandido en la producción de bloques en la construcción*. Marta Abreu de las Villas
- Alemán, García, F. F., y Cantos, Cortez, S. F. (2016). *Evaluación del diseño de pavimentos con adoquines de concreto en las parroquias pertenecientes a la administración zonal Quitumbe en el sur de Quito. Casos de estudio: calles pertenecientes a las parroquias Chillogallo y La Ecuatoriana (Bachelor's thesis, PUCE)*.
- Bustamante, Medina, D. M. y Diaz, Salcedo, C. A. (2014). *Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado*.
- Cabezas Fierro, M. I. (2014). *Elaboración de un manual de procesos constructivos del adoquinado (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2014)*.
- Carvalho, C. H. R. (2017). *Estudo de concreto com poliestireno expandido reciclado. [Dissertação de mestrado, Universidad Federal de Uberlândia]*
- Chung, S.-Y., Abd Elrahman, M., y Stephan, D. (2018). *Effects of expanded polystyrene (EPS) sizes and arrangements on the properties of lightweight concrete. Materials and Structures, 51-57. doi:10.1617/s11527-018-1182-3*
- Chuquilin García, J. (2018). *Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018. (Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte), Trujillo. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14821>*.
- Chuquizapon, Suarez, K. D., y Ibañez, Moreno, C. A. M. (2020). *Influencia de la densidad de las perlas de poliestireno sobre el costo, peso unitario, asentamiento, resistencia a compresión y flexión en un concreto ligero estructural para losas aligeradas, Trujillo*

2020. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada del Norte].
- Cuevas, C. H. A. y Champi, C.W. T. (2020). Determinación de las propiedades físico mecánicas de unidades de albañilería, fabricados a base de concreto liviano con adición de perlas de poliestireno expandido, en porcentajes de 10%, 15% y 20% en función al volumen del agregado fino. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Autónoma del Cusco. Cusco – Perú.
- dos Santos, V. A. A., Valenzuela, F. A. O., Gallo, J. B., y Pandolfelli, V. C. (2006). Fundamentos e testes preliminares de resistência à erosão em concretos refratários. *Cerâmica*, 52, 128-135.
- Flores, P. J. R. (2010). Caracterización del concreto permeable usando el módulo de ruptura y el porcentaje de desgaste.
- Fuentes, Alvarado, L. M. V., & Lara, Flores, O. F. (2021). Influencia del porcentaje de poliestireno expandido adicionado sobre las propiedades de paneles para tabiquería reforzados con nylon. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Católica de Trujillo]. Repositorio UCP.
- Gil, Vivas, A. M., y Rivera, Medina, P. A. (2015). Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales [Proyecto de investigación, Universidad Libre Seccional Pereira]
- González, Barrera, M. A., y Fonseca, Cáceres, A. (2020). Evaluación de paneles de mortero aligerados con poliestireno expandido (EPS) mediante ensayos a compresión y flexión [Proyecto de grado, Universidad Pontificia Bolivariana].
- Harmsen, T. E. (2002). *Diseño de Estructuras De Concreto Armado* (Tercera ed.). Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Jayanth, M. P., y Sowmya, S. M. (2018). Experimental study on replacement of coarse aggregate by EPS beads. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 610-616.
- Lapa, R. J. S. (2020). Efecto del poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo.

- Lituma, V. M. C., y Zhunio, C. B. T. (2015). Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y en la resistencia a compresión del concreto. (Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca). Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23112/1/Tesis.pdf>
- Macas Valdez, E. M. (2007). Dimensionamiento y construcción de una máquina prototipo para laminado y corte de bloques de poliestireno expandido de dimensiones 300x200x50 (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2008). [Proyecto previo a la obtención del título de tecnólogo de procesos de producción mecánica, Escuela Politécnica Nacional].
- Norma técnica peruana (NTP) 399.602.2002. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos. Ed. R.2002/CRT-INDECOPI.
- Norma técnica peruana (NTP) 399.035. 2009. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland. 3ra Ed. R.2009/CRT-INDECOPI.
- Norma técnica peruana (NTP) 339.034. (2013). CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión, en muestras cilíndricas (3.a ed.). Lima Perú: Indecopi.
- Norma técnica peruana (NTP) 339.078 (2012). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.
- Norma técnica peruana (NTP) 399.611. (s.f.). Unidades de albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos. Lima - Perú: INDECOPI.
- Norma Técnica peruana (NTP) 399.625 (2015) Unidades de albañilería. Método de ensayo para determinar la resistencia a la abrasión de adoquines de concreto mediante chorro de arena. 1ª Edición
- Norma Técnica peruana (NTP) 334.001 (2015) CEMENTOS. Definiciones y Nomenclatura. 1º Edición.
- NTP 334.051:2013 (revisada el 2018) CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. 5ª Edición

- Norma Técnica peruana (NTP) 400.011 (2008). AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)
- Norma Técnica peruana (NTP) 400.010. (2011). AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras
- Pérez, Murrieta, T., y Flores, Ramírez, F. A. (2019). Influencias de los aditivos incorporador de aire y superplastificante en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena liviano, elaborado con perlas de poliestireno expandido y agregado fino. Iquitos, 2018. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Científica del Perú].
- Puente García, O. D. (2017). Potencialidades de los residuos de poliestireno expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón (Bachelor's thesis, Universidad de Holguín, Facultad de Ingeniería, Departamento de Construcciones).
- Reto, Saba, A. M., y Sanabria, Carbajal, R. S. (2021) Propuesta de uso de concreto liviano estructural con Perlita de Poliestireno Expandido (PPE) para mejorar la respuesta sísmica de un sistema de albañilería confinada en Lima, Perú. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]
- Rivva Lopez, E. (2000). Naturaleza y Materiales Del Concreto. Lima.
- Rodríguez, A. V. M. G. (2019). Sustitución de cemento hidráulico por un polímero sustentable en mezclas de concreto y mortero [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro].
- Rodríguez, Chico, H. E. (2017). Concreto liviano a base de poliestireno expandido para la prefabricación de unidades de albañilería no estructural-Cajamarca. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Sayadi, A. A., Tapia, J. V., Neitzert, T. R., y Clifton, G. C. (2016). Efectos de las partículas de poliestireno expandido (EPS) sobre la resistencia al fuego, la conductividad térmica y la resistencia a la compresión del hormigón celular. *Construction and Building Materials*, 112, 716-724. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061816302756>

- Tinoco Usua, A. J. (2019). Efecto de la sustitución del agregado grueso por tecnopor en la densidad y resistencia del concreto. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Católica de Trujillo]. Repositorio USP.
- Vásquez, S. H. A. (2018). Resistencia del concreto de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con sustitución del agregado grueso por tecnopor en 10% y 15%-Huaraz. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Universidad San Pedro. Huaraz-Perú.
- Villarreal, García, G. A. y Toro, Tipán, E. A. (2019). Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de un hormigón alivianado con poliestireno expandido con relación a un hormigón de peso normal [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].

DEDICATORIA

A mis padres Ofalia Montenegro Lozada y Abdías Maldonado Silva quienes han depositado en mí su confianza, dándome siempre ejemplo de superación, humildad y sacrificio, que con sus palabras de aliento, apoyo y esperanza.

De manera especial a mi esposo e hijo quienes con su amor logran día con día llenarme de fuerza e impulsarme a continuar en el fortalecimiento de mi formación profesional.

Rosibel Maldonado Montenegro

A mi madre y hermanas que están conmigo incluso en los momentos más turbulentos, son mi mayor orgullo y soporte, con amor y admiración siempre.

Fiorela Tatiana Elera Zurita

AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradecer a Dios por darnos salud y fuerza de voluntad para cumplir nuestros objetivos trazados, por permitirnos tener y disfrutar de nuestra familia quienes han sido el motivo para seguir superándonos, a ellos un agradecimiento especial e infinito por estar con nosotros en cada paso, siempre brindando su apoyo en cada decisión y proyecto que se nos ha presentado durante este lapso de nuestra vida demostrándonos de lo valiosa que es y lo justa que puede llegar hacer.

A nuestros docentes y amigos con quienes hemos compartido cinco años de experiencias e intercambio de conocimientos logrando fortalecer nuestros saberes en el ámbito profesional, demostrando ante el mundo que la mejor armadura del hombre es “la educación”.

A nuestro asesor Ing. Billy Alexis Cayatopa Calderón por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así también por habernos tenido toda la paciencia del mundo para poder guiarnos durante todo el desarrollo de nuestra tesis.

LAS AUTORAS

ANEXOS

ANEXO 1. CERTIFICADO DE ENSAYOS DE AGREGADOS

ANEXO I

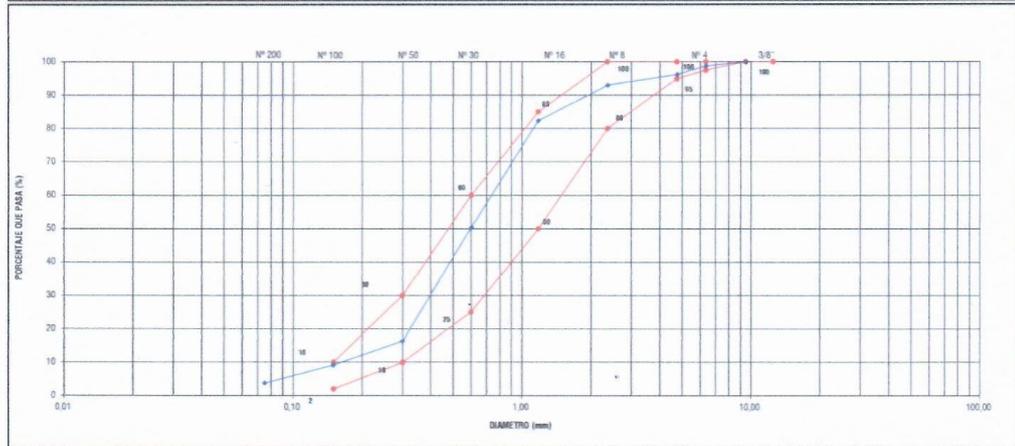
ENSAYOS DE AGREGADOS

	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD	CODIGO:	LSP21 - DM - 047

DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
TESIS :	TESIS : "ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAÉN - 2020"	JEFE DE CALIDAD :	ING. JENNER KIMBL RAMOS DIAZ
UBICACION :	DISTRITO : JAEN, PROVINCIA : JAEN, REGION : CAJAMARCA.	TECNICO DE LAB :	JHONATAN HERRERA BARAHONA
SOLICITANTE :	BACH: MALDONADO MONTENEGRO ROSIBEL, BACH: ELERA ZURITA FIORELA TATIANA	ASISTENTE DE LAB :	CEIZA ROMERO ARDIDY
DATOS DEL MUESTREO		DATOS DE ESPECIFICACIONES TECNICAS	
CANTERA Y/O OTRO:	SANTA ROSA	USO :	AG. FINO PARA CONCRETO
CODIGO MUESTRA:	LSP21 - DM - 047	FECHA :	SEPTIEMBRE - 2020
		FRECUENCIA :	- m3
		LUGAR DE MUESTREO :	CANTERA

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GROSOS Y FINOS
A.S.T.M. C 136

FRACCION	TAMIZ		P. RET	PORCENT	PORCENTAJE	% QUE PASA	ESPECIFICACION A.S.T.M. C 33	CONTENIDO DE HUMEDAD (%) A.S.T.M. C 506																																																																			
	Nº	ABERTURA(mm)						TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	110° C																																																																	
FRACCION GRUESA	3"	75.00	0.0	0.00	0.0	100.0	-	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)																																																																			
	2 1/2"	63.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)																																																																			
	2"	50.80	0.0	0.00	0.0	100.00	-	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)																																																																			
	1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.0	100.00	-	MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200																																																																			
	1"	25.40	0.0	0.00	0.0	100.00	-	A.S.T.M. C 117																																																																			
	3/4"	19.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-	PESO MUESTRAL SECO (gr)																																																																			
	1/2"	12.50	0.0	0.00	0.0	100.00	-	PESO FINAL SECO (DESPUES DE 1 HORA) (gr)																																																																			
	3/8"	9.50	0.0	0.00	0.0	100.00	100	MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200 (%)																																																																			
	1/4"	6.35	10.60	1.15	1.1	98.85	-	CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO FINO																																																																			
	<table border="1"> <tr> <td>Nº 4</td> <td>4.75</td> <td>23.50</td> <td>2.54</td> <td>3.7</td> <td>96.31</td> <td>95-100</td> <td rowspan="7"> PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm³) 2.90 PESO LIMITADO SUELO SECO (kg/m³) 1508.00 PESO LIMITADO COMPACTADO SECO (kg/m³) 1615.00 ABSORCION (%) 1.08 CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 3.15 MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200 3.50 EQUIVALENTE DE ARENA - METODO DE FINURA (gr) 2.52 </td> </tr> <tr> <td>Nº 8</td> <td>2.36</td> <td>30.30</td> <td>3.27</td> <td>7.0</td> <td>93.04</td> <td>80-100</td> </tr> <tr> <td>Nº 16</td> <td>1.18</td> <td>98.80</td> <td>10.68</td> <td>17.6</td> <td>82.36</td> <td>50-85</td> </tr> <tr> <td>Nº 30</td> <td>0.60</td> <td>295.60</td> <td>31.95</td> <td>49.6</td> <td>50.42</td> <td>25-50</td> </tr> <tr> <td>Nº 50</td> <td>0.30</td> <td>315.70</td> <td>34.12</td> <td>63.7</td> <td>36.30</td> <td>10-30</td> </tr> <tr> <td>Nº 100</td> <td>0.15</td> <td>65.80</td> <td>7.11</td> <td>90.8</td> <td>9.19</td> <td>2-10</td> </tr> <tr> <td>Nº 200</td> <td>0.075</td> <td>50.00</td> <td>5.40</td> <td>95.2</td> <td>4.80</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>GAZOLETA</td> <td>-</td> <td>35.0</td> <td>3.78</td> <td>100.0</td> <td>0.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td></td> <td>925.30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>											Nº 4	4.75	23.50	2.54	3.7	96.31	95-100	PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm³) 2.90 PESO LIMITADO SUELO SECO (kg/m³) 1508.00 PESO LIMITADO COMPACTADO SECO (kg/m³) 1615.00 ABSORCION (%) 1.08 CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 3.15 MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200 3.50 EQUIVALENTE DE ARENA - METODO DE FINURA (gr) 2.52	Nº 8	2.36	30.30	3.27	7.0	93.04	80-100	Nº 16	1.18	98.80	10.68	17.6	82.36	50-85	Nº 30	0.60	295.60	31.95	49.6	50.42	25-50	Nº 50	0.30	315.70	34.12	63.7	36.30	10-30	Nº 100	0.15	65.80	7.11	90.8	9.19	2-10	Nº 200	0.075	50.00	5.40	95.2	4.80	-	GAZOLETA	-	35.0	3.78	100.0	0.00	-	TOTAL		925.30				
Nº 4	4.75	23.50	2.54	3.7	96.31	95-100	PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm³) 2.90 PESO LIMITADO SUELO SECO (kg/m³) 1508.00 PESO LIMITADO COMPACTADO SECO (kg/m³) 1615.00 ABSORCION (%) 1.08 CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 3.15 MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200 3.50 EQUIVALENTE DE ARENA - METODO DE FINURA (gr) 2.52																																																																				
Nº 8	2.36	30.30	3.27	7.0	93.04	80-100																																																																					
Nº 16	1.18	98.80	10.68	17.6	82.36	50-85																																																																					
Nº 30	0.60	295.60	31.95	49.6	50.42	25-50																																																																					
Nº 50	0.30	315.70	34.12	63.7	36.30	10-30																																																																					
Nº 100	0.15	65.80	7.11	90.8	9.19	2-10																																																																					
Nº 200	0.075	50.00	5.40	95.2	4.80	-																																																																					
GAZOLETA	-	35.0	3.78	100.0	0.00	-																																																																					
TOTAL		925.30																																																																									



D60 =	1.10	D30 =	0.42	D10 =	0.17
Cu =	6.47	Cc =	0.94		

OBSERVACIONES: LA CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO CUMPLE CON EL HUSO GRANULOMETRICO "C" DE LA NORMA A.S.T.M. C 33-93a Y LA NORMA N.T.P. 400.37 Y TIENE UN MODULO DE FINURA DE 2.81


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 Jhonatan José Herrero Barahona
 TÉCNICO LABORATORISTA


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 Jenner Kimbl Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

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

TESIS : OQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JJ/
 UBICACION: DISTRITO: JAEN, PROVINCIA : JAEN , REGION : CAJAMARCA.
 SOLICITANTE : BACH: MALDONADO MONTENEGRO ROSIBEL ,BACH:ELERA ZURITA FIORELA TATIANA
 CANTERA: SANTA ROSA
 RESPONSABLE : ING:JEENER KIMBEL RAMOS DIAZ
 OPERADOR : JHONATAN HERRERA BARAHONA
 FECHA : SETIEMBRE - 2020

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	2337.00	2337.00	2337.00
Peso del recipiente + material (gr.)	7125.00	7158.00	7180.00
Peso del material (gr.)	4788.00	4821.00	4843.00
Factor (f)	0.313	0.313	0.313
Peso Unitario Seco Suelto (Kg/m ³)	1499	1509	1516
P. UNITARIO S. SUELTO PROMEDIO =	1508		Kg/m³

OBSERVACIONES :

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

PROYECTO : OQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JJ/
 UBICACION: DISTRITO: JAEN, PROVINCIA : JAEN , REGION : CAJAMARCA.
 SOLICITANTE : BACH: MALDONADO MONTENEGRO ROSIBEL ,BACH:ELERA ZURITA FIORELA TATIANA
 CANTERA: SANTA ROSA
 RESPONSABLE : ING:JEENER KIMBEL RAMOS DIAZ
 OPERADOR : JHONATAN HERRERA BARAHONA
 FECHA : SETIEMBRE - 2020

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	2337.00	2337.00	2337.00
Peso del recipiente + material (gr.)	7465.00	7497.00	7532.00
Peso del material (gr.)	5128.00	5160.00	5195.00
Factor (f)	0.313	0.313	0.313
Peso Unitario Seco Compactado (Kg/m ³)	1605	1615	1626
P. UNITARIO S. COMPACTADO PROMEDIO =	1615		Kg/m³

OBSERVACIONES :

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 Jhonatan Joel Herrera Barahona
 TÉCNICO LABORATORISTA

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 Jeener Kimbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO
ASTM C 128**

TESIS : : "ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAEN -
UBICACIÓN: DISTRITO: JAEN, PROVINCIA : JAEN , REGION : CAJAMARCA.
SOLICITANTE : BACH: MALDONADO MONTENEGRO ROSIBEL ,BACH:ELERA ZURITA FIORELA TATIANA
CANTERA: SANTA ROSA
RESPONSABLE : ING:JEENER KIMBEL RAMOS DIAZ
OPERADOR : JHONATAN HERRERA BARAHONA
FECHA : SETIEMBRE - 2020

ENSAYO N°	1	2	3	PROMEDIO
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (gr) A	494,0	495,0	495,0	
PESO DEL PICNOMETRO LLENO DE AGUA (gr) B	900,0	899,6	901,0	
PESO TOTAL DEL PICNOMETRO AFORADO CON MUESTRA Y LLENO DE AGUA (gr) C	1210,0	1209,0	1211,0	
PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (gr) S	500,0	500,0	500,0	
PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm ³) =	2,60	2,60	2,61	2,60
ABSORCION (%) =	1,21	1,01	1,01	1,08

OBSERVACIONES :

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Jhonatan Joel Herrera Barahona
TECNICO LABORATORISTA

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Jeener Kimbel Ramos Diaz
INGENIERO CIVIL
CIP: 218809

ANEXO 2. CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA

LABSUC <small>LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</small>	TESIS: "ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAÉN - 2020"		SOLICITANTE: BACH: MALDONADO MONTENEGRO ROSIBEL BACH: ELERA ZURITA FIORELA TATIANA
	PORTADA	LSP21 - DM - 047	

ANEXO II

DISEÑOS DE MEZCLA

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CORA
 MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL: 969577841 - 975421091

	TESIS: "ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAÉN - 2020"		SOLICITANTE: BACH: MALDONADO MONTENEGRO ROSIBEL ,BACH:ELERA ZURITA FIORELA TATIANA
	PORTADA	LSP21 - DM - 047	

INFORME TÉCNICO F'c = 290 KG/CM2

SOLICITANTE : BACH:MALDONADO MONTENEGRO ROSIBEL ,BACH:ELERA ZURITA FIORELA TATIANA
TESIS : "ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAÉN - 2020"
CANTERA DE AGREGADO FINO : SANTA ROSA
CANTERA DE AGREGADO GRUESO : SANTA ROSA

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

1.1. AGREGADO FINO : **ARENA**
 PESO ESPECIFICO DE MASA : 2.60 gr/cm³
 PESO UNITARIO SUELTO SECO : 1508 Kg/m³
 PESO UNITARIO SECO COMPACTADO : 1615 Kg/m³
 HUMEDAD NATURAL : 3.16 %
 ABSORCION : 1.08 %
 MODULO DE FINURA (Mf) : 2.52
 MATERIAL FINO QUE PASA TAMIZ N° 200 : 3.50 %

1.2. CEMENTO

- CEMENTO PORTLAND TIPO I PACASMAYO.
- PESO ESPECIFICO: 3.15 gr/cm³

2. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

- RESISTENCIA A LA COMPRESION DE DISEÑO : f'c = 290 Kg/cm² (28 Dias).
- RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO : F'cr = f'c + 8.5 = 37.5 MPa (28 Dias)
Según Código A.C.I. 318.
- ASENTAMIENTO : 3" a 4".



	TESIS: "ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAÉN - 2020"			SOLICITANTE: BACH: MALDONADO MONTENEGRO ROSIBEL ,BACH:ELERA ZURITA FIORELA TATIANA
	PORTADA	LSP21 - DM - 047	SEPTIEMBRE - 2020	

3. CANTIDAD DE MATERIAL POR M³ DE CONCRETO

3.1 MATERIALES DE DISEÑO POR M³

-	CEMENTO	:	393 Kg.
-	AGREGADO FINO SECO	:	1659 Kg.
-	AGUA DE MEZCLA	:	216 Lt.
-	CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	:	±2.5 %

3.2 MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD POR M³

-	CEMENTO	:	393 Kg.
-	AGREGADO FINO HUMEDO	:	1712 Kg.
-	AGUA EFECTIVA	:	181.5LT.
-	CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	:	±2.50 %

4. PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES

PROPORCIONAMIENTO EN PESO

1: 4.36/ 19.6 Lt/bolsa.

CEMENTO: AG.FINO, AG. GRUESO, AGUA

PROPORCIONAMIENTO EN VOLUMEN

1: 4.26/ 19.6 Lt/bolsa.



5. OBSERVACIONES

- El coeficiente considerado para la determinación de la Resistencia promedio (f'_{cr}) está acorde con el Código A.C.I. 318, Capítulo 5 (Calidad del Concreto, Mezclado y Colocación).
- En el presente diseño se ha considerado el contenido de humedad del agregado fino igual a 3.16 %
- El agregado fino antes de utilizarse deberá tamizarse por el tamiz de 3/8".
- El material más fino que el tamiz N° 200, se ha determinado utilizando el procedimiento de ensayo acorde a la norma A.S.T.M. C-117 (N.T.P. 400.018).
- Al preparar la tanda de concreto en obra, se deberá corregir periódicamente el contenido de agua efectiva, en el proporcionamiento de los materiales, debido a la variación permanente en el contenido de humedad de los agregados.
- Se recomienda que al realizar la dosificación correcta en volumen de obra se debe utilizar recipientes adecuados, a fin de evitar variación volumétrica de los componentes de la mezcla, teniendo como base el volumen de una bolsa de cemento, considerado como un pie cúbico.

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CDRA MCDO
 SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL-969577841 - 975421091

	TESIS: "ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAÉN - 2020"		SOLICITANTE: BACH: MALDONADO MONTENEGRO ROSIBEL ,BACH:ELERA ZURITA FIORELA TATIANA
	PORTADA	LSP21 – DM - 047	

- El agregado fino cumple con el huso granulométrico "C" de la Norma A.S.T.M. C 33-93a (N.T.P. 400.037)
- Se recomienda ajustar periódicamente el proporcionamiento en volumen de obra, por variaciones de granulometría del agregado que suele darse en la Cantera, a fin de mantener la homogeneidad del concreto.
- Asimismo, se recomienda que cada vez que se prepare las tandas de concreto en obra, se deberá realizar en forma regular pruebas de revenimiento, acorde a la Norma N.T.P. 339.035 – 1999, a fin de mantener uniforme la consistencia del concreto y por ende la resistencia mecánica.
- El agua a utilizarse en la mezcla de concreto, debe cumplir con la Norma E-060.
- El curado de los especímenes de concreto elaborados en obra, deberá realizarse de acuerdo a la Norma A.S.T.M. C 31M-98.
- La Empresa no ha intervenido en la exploración y muestreo de los agregados. Por tanto, solo responde por los ensayos realizados con dichas muestras alcanzadas al laboratorio.
- Los agregados han sido alcanzados al Laboratorio por el solicitante.

Jaén - Cajamarca, Setiembre – 2020



**ANEXO 3. CERTIFICADO DE ENSAYOS DE ABSORCIÓN DE LOS
AGREGADOS**

 <small>LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</small>	TESIS: "ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAÉN - 2020"			SOLICITANTE: BACH: MALDONADO MONTENEGRO ROSIBEL, BACH: ELERA ZURITA FIORELA TATIANA
	PORTADA	LSP21 – EC - 055	FECHA	

ANEXO III

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA

LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD	CODIGO	LSP21 - EC - 055
DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO :	TESIS : "ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y ÁREAS RECREATIVAS JAÉN - 2020"	JEFE DE CALIDAD	ING JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
UBICACIÓN :	DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGION: CAJAMARCA.	TEC. LABORATORIO	JHONATAN HERRERA BARAHONA
SOLICITANTE :	BACH: MALDONADO MONTENEGRO ROSIBEL, BACH: ELERA ZURITA FIORELA TATIANA	ASISTENTE	ARODI CIEZA ROMERO

ENSAYO DE ABSORCION DE AGUA

(A LAS 24 HORAS)

FECHA: 08 DE SEPTIEMBRE - 2020

PESO EN KG DE ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO					
N° MUESTRA	CONCRETO PATRON	CONCRETO AL 15%	CONCRETO AL 25%	CONCRETO AL 35%	CONCRETO AL 50%
01	2,676	2,507	2,187	1,985	1,895
02	2,624	2,304	2,260	1,923	1,845
03	2,596	2,399	2,183	1,956	1,812
04	2,655	2,344	2,068	1,973	1,812

FECHA: 09 DE SEPTIEMBRE - 2020

PESO EN KG DE ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO					
N° MUESTRA	CONCRETO PATRON	CONCRETO AL 15%	CONCRETO AL 25%	CONCRETO AL 35%	CONCRETO AL 50%
01	2,755	2,535	2,202	2,015	1,976
02	2,680	2,416	2,276	1,975	1,873
03	2,639	2,428	2,200	2,022	1,882
04	2,767	2,403	2,088	2,002	1,861

ABSORCION DE AGUA POR ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO

PESO EN KG DE AGUA					
N° MUESTRA	CONCRETO PATRON	CONCRETO AL 15%	CONCRETO AL 25%	CONCRETO AL 35%	CONCRETO AL 50%
01	0,079	0,028	0,015	0,030	0,081
02	0,056	0,112	0,016	0,052	0,028
03	0,043	0,029	0,017	0,066	0,070
04	0,112	0,059	0,020	0,029	0,049

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Jonatan Joel Herrera Barahona
TECNICO LABORATORISTA

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Jenner Kimbel Ramos Diaz
INGENIERO CIVIL
CIP: 218809

**ANEXO 4. CERTIFICADO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN**



TESIS: "ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO
PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAÉN - 2020"

SOLICITANTE: BACH:
MALDONADO MONTENEGRO
ROSIBEL, BACH: ELERA
ZURITA FIORELA TATIANA

PORTADA

LSP21 – EC - 055

FECHA

SETIEMBRE -
2020

ANEXO IV

ENSAYOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CDRA
MCDQ SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL: 969577841 - 975421091

LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		CODIGO LSP21 - EC - 055
DATOS DEL PROYECTO			
PROYECTO:	TERR: "ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAÉN - 2020"		JEFE DE CALIDAD: ING. JENNER KIMBEL RAMOS DIAZ
UBICACIÓN:	DISTRITO JAÉN, PROVINCIA JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA		TEC. LABORATORIO: JHONATAN HERRERA BARAHONA
SOLICITANTE:	BACH. MALDONADO MONTENEGRO ROSSEL, BACH. ELENA DURITA PORCELA TATIANA		ASISTENTE: ARDO DEZA ROMERO

PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESION DE ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO
A.S.T.M. C 39

ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO - CONCRETO PATRON							
ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO	Fecha Rotura	Carga Rotura Kg	Ancho cm	largo cm	AREA TOTAL DE ASIENTO (cm2)	Resistencia Maxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²
CONCRETO PATRON	SEPTIEMBRE 2020	61567	10,00	20,00	200,00	307,84	297
	SEPTIEMBRE 2020	63067	10,00	20,00	200,00	315,34	306
	SEPTIEMBRE 2020	62089	10,00	20,00	200,00	310,45	300
	SEPTIEMBRE 2020	62978	10,00	20,00	200,00	314,89	304

ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO - 15% EN VOLUMEN							
ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO	Fecha Rotura	Carga Rotura Kg	Ancho cm	largo cm	AREA TOTAL DE ASIENTO (cm2)	Resistencia Maxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²
15% EN VOLUMEN	SEPTIEMBRE 2020	59961	10,00	20,00	200,00	299,91	290
	SEPTIEMBRE 2020	60976	10,00	20,00	200,00	304,86	295
	SEPTIEMBRE 2020	61456	10,00	20,00	200,00	307,28	297
	SEPTIEMBRE 2020	58970	10,00	20,00	200,00	294,85	285

ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO - 25% EN VOLUMEN							
ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO	Fecha Rotura	Carga Rotura Kg	Ancho cm	largo cm	AREA TOTAL DE ASIENTO (cm2)	Resistencia Maxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²
25% EN VOLUMEN	SEPTIEMBRE 2020	56990	10,00	20,00	200,00	284,95	285
	SEPTIEMBRE 2020	56740	10,00	20,00	200,00	283,70	284
	SEPTIEMBRE 2020	58240	10,00	20,00	200,00	291,20	281
	SEPTIEMBRE 2020	57500	10,00	20,00	200,00	287,50	278

ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO - 35% EN VOLUMEN							
ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO	Fecha Rotura	Carga Rotura Kg	Ancho cm	largo cm	AREA TOTAL DE ASIENTO (cm2)	Resistencia Maxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²
35% EN VOLUMEN	SEPTIEMBRE 2020	22180	10,00	20,00	200,00	110,90	107
	SEPTIEMBRE 2020	20907	10,00	20,00	200,00	104,54	101
	SEPTIEMBRE 2020	18630	10,00	20,00	200,00	93,15	90
	SEPTIEMBRE 2020	21456	10,00	20,00	200,00	107,28	104

ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO - 50% EN VOLUMEN							
ADOQUIN DE CONCRETO LIVIANO	Fecha Rotura	Carga Rotura Kg	Ancho cm	largo cm	AREA TOTAL DE ASIENTO (cm2)	Resistencia Maxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²
50% EN VOLUMEN	SEPTIEMBRE 2020	10650	10,00	20,00	200,00	54,25	52
	SEPTIEMBRE 2020	10080	10,00	20,00	200,00	50,40	49
	SEPTIEMBRE 2020	11160	10,00	20,00	200,00	55,80	54
	SEPTIEMBRE 2020	11345	10,00	20,00	200,00	56,73	55

OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS HAN SIDO ALCANZADAS POR EL SOLICITANTE

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Jhonatan Joel Herrera Barahona
TECNICO LABORATORISTA

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Jenner Kimbel Ramos Diaz
INGENIERO CIVIL
CIP: 218809

ANEXO 5. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

LABSUC <small>LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</small>	TESIS: "ADOQUINES DE CONCRETO LIVIANO INCORPORANDO POLIESTIRENO PARA VEREDAS Y AREAS RECREATIVAS JAÉN - 2020"		SOLICITANTE: BACH: MALDONADO MONTENEGRO ROSIBEL ,BACH:ELEERA ZURITA FIORELA TATIANA
	PORTADA	LSP21 - DM - 047	

ANEXO V

CERTIFICADOS DE INDECOPI Y CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

DIRECCION: CALLE COLINA NRO. 381 (MONTEGRANDE - A 1 CDRA
MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN - JAEN

CEL:969577841 - 975421091



PERÚ

Presidencia
del Consejo de Ministros

INDECOPI

Registro de la Propiedad Industrial Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00116277

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 014173-2019/DSD - INDECOPI de fecha 28 de junio de 2019, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo

Distingue : Estudios de mecánica de suelos, concreto y asfalto

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0796363-2019

Titular : GROUP JHAC S.A.C.

Pais : Perú

Vigencia : 28 de junio de 2029

Tomo : 0582

Folio : 091

RAY MELONI GARCIA
Director
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS





PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTO - ROCAS - FISICA - QUIMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 003 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente 111-2021

2. Solicitante GROUP JHAC S.A.C LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y
PAVIMENTOS

3. Dirección Ca. LA COLONIA N° 316 (MONTEGRANDE -
A1 CDRA MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA
- JAEN - JAEN

4. Equipo de medición BALANZA ELECTRÓNICA

Capacidad Máxima 200 g

División de escala (d) 0.01 g

Div. de verificación (e) 1 g

Clase de exactitud II

Marca MH SERIE

Modelo MH 200

Número de Serie NO INDICA

Capacidad mínima 0.20 g

Procedencia CHINA

Identificación LM-142

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez

5. Fecha de Calibración 2021-01-11

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

2021-01-11

Sello

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



913028621 - 913028622
913028623 - 913028624
ventas@perutest.com.pe

Jr. La Madrid S/N Mz D lote 25 urb Los Olivos
San Martín de Porres - Lima
SUCURSAL: Sunchi Baza 1220-La Victoria - Chilca



PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTO - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 003 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Masa de PERUTEST S.A.C.
Sucursal: Calle Sinchi Roca N° 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	24,3 °C	24,3 °C
Humedad Relativa	56%	56%

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg (Clase de Exactitud: M1)	METROIL - 0547 - 2020

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 913028621 - 913028622
913028623 - 913028624
✉ ventas@perutest.com.pe

📍 Jr. La Madrid S/N Mz D lote 25 urb Los Olivos
San Martín de Porres - Lima

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 003 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

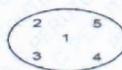
ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura Inicial Final
24.3 °C 24.3 °C

Medición N°	Carga L1 = 100.00 g			Carga L2 = 200.00 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	100.00	6	-1	200.00	5	0	
2	100.00	5	0	200.00	7	-2	
3	100.00	6	-1	200.00	6	-1	
4	100.00	5	0	200.00	5	0	
5	100.00	5	0	200.00	4	1	
6	100.00	4	1	200.00	7	-2	
7	100.00	6	-1	200.00	5	0	
8	100.00	5	0	200.00	6	-1	
9	100.00	6	-1	200.00	5	0	
10	100.00	5	0	200.00	8	-3	
Diferencia Máxima			2	Diferencia Máxima			4
Error Máximo Permissible			± 1,000	Error Máximo Permissible			± 1,000

REGISTRADO
LSP21...DM.047

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición
de las
cargas

Temperatura Inicial Final
24.3 °C 24.3 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		0.10	6	-1		200.00	5	0	1
2		0.10	5	0		200.00	6	-1	-1
3	0.10 g	0.10	6	-1	200.00	200.00	5	0	1
4		0.10	5	0		200.00	5	0	0
5		0.10	5	0		200.00	5	0	0
Error máximo permisible									± 1,000

* Valor entre 0 y 10e



PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTO - ROCAS - FISICA - QUIMICA
 RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LM - 003 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	24.3 °C	24.3 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0.10	0.10	5	0						
0.20	0.20	5	0	0	0.20	5	0	0	1,000
1.00	1.00	4	1	1	1.00	5	0	0	1,000
10.00	10.00	5	0	0	10.00	5	0	0	1,000
50.00	50.00	4	1	1	50.00	4	1	1	1,000
100.00	100.00	5	0	0	100.00	5	0	0	1,000
200.00	200.00	5	0	0	200.00	6	-1	-1	1,000
		0				0			
		0				0			
		0				0			
		0				0			

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
 I: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0.0000183 \text{ g}^2 + 0.0000000003 \text{ R}^2)}$

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0.0000018 R$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



913028621 - 913028622
 913028623 - 913028624
 ventas@perutest.com.pe

Jr. La Madrid S/N Mz D lote 25 urb Los Olivos
 San Martín de Porres - Lima

ANEXO 6. PANEL FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO REALIZADO

Diseño de mezcla



Foto 1. Cuarteo de material



Foto 2. Pesado de material



Foto 3. Tamizado de agregado fino



Foto 4. Secado de agregado fino

Elaboración de adoquines de concreto



Foto 5. Molde para elaboración de adoquines



Foto 6. Elaboración de concreto para adoquines de $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$



Foto 7. Prueba de asentamiento del concreto



Foto 8. Medición de poliestireno



Foto 9. Concreto con adición de poliestireno



Foto 10. Vaciado de concreto en molde para adoquines

Ensayo de desgaste



Foto 11. Equipo elaborado para el ensayo de desgaste

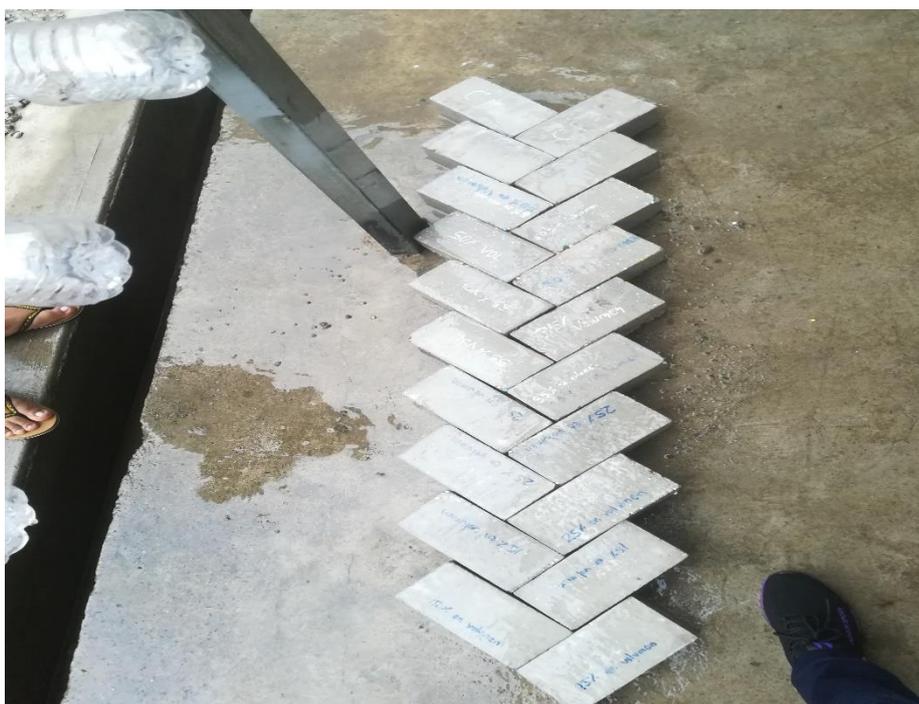


Foto 12. Apilado de adoquines de concreto para ensayo de desgaste



Foto 13. Ensayo de desgaste de concreto



Foto 14. Verificación del desgaste del concreto.

Ensayo de absorción

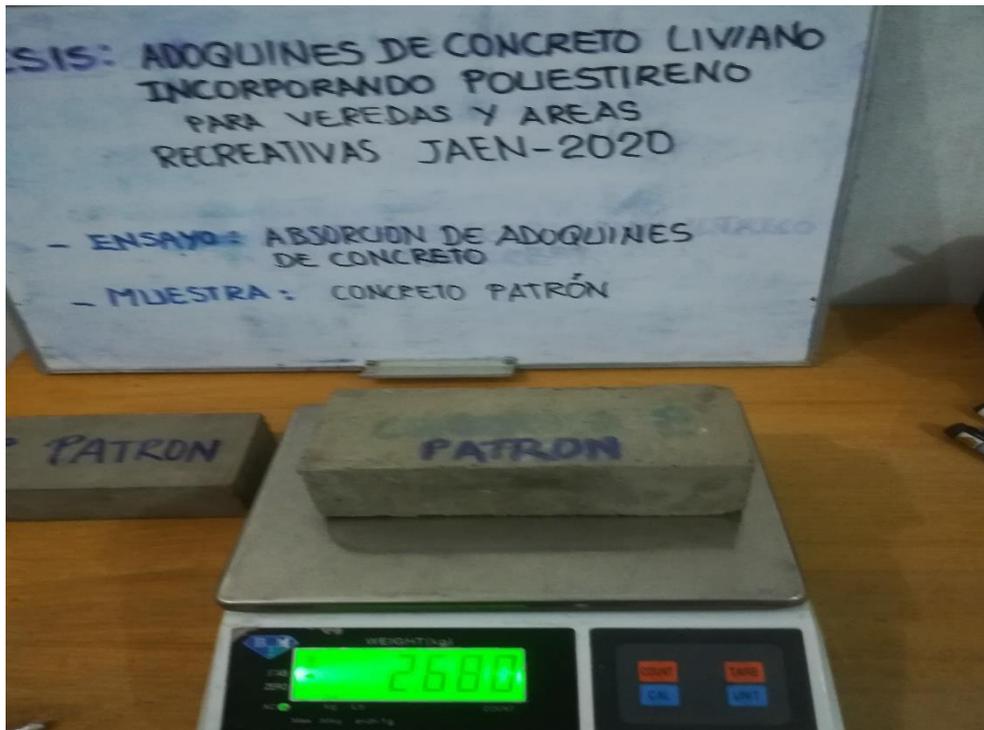


Foto 15. Peso inicial de adoquines de concreto



Foto 16. Adoquines de concreto sumergidos en agua

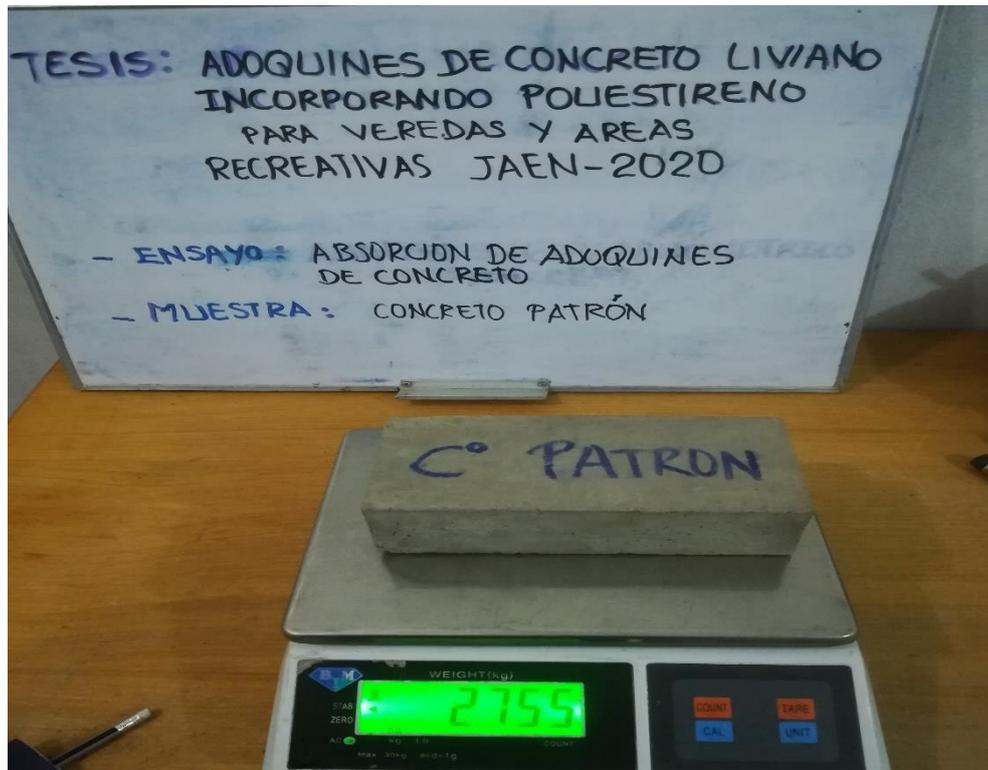


Foto 17. Peso final de concreto

Ensayo de Resistencia a la compresión del concreto

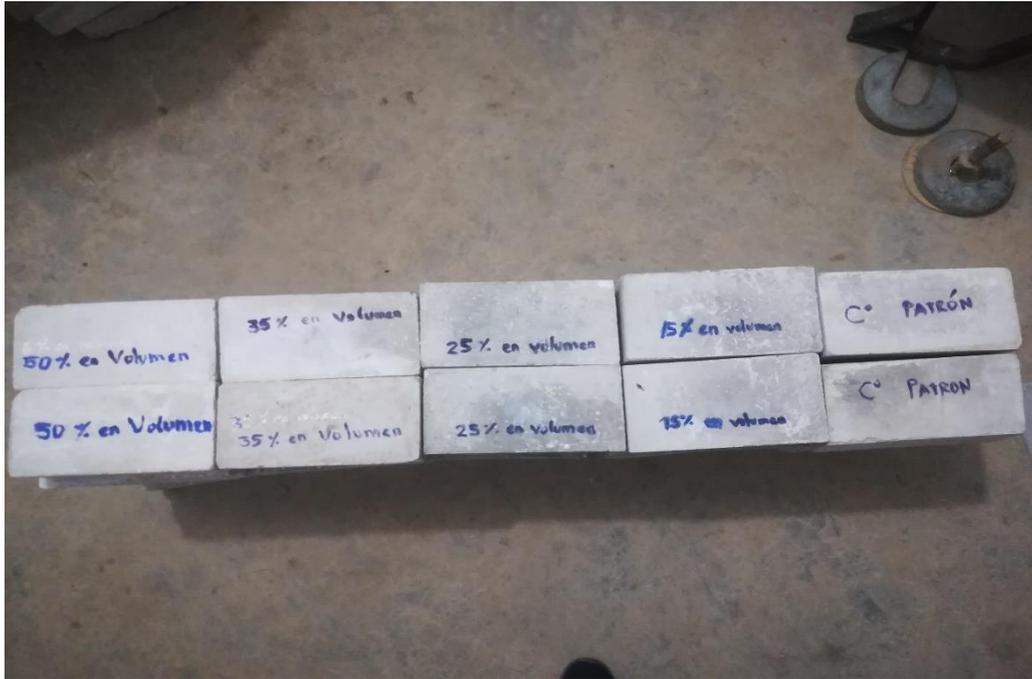


Foto 18. Adoquines de concreto codificados



Foto 19. Ruptura de adoquines de concreto