



FACULTAD DE INGENIERÍA
Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA
MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO
F´C= 210 KG/CM2 EN TRUJILLO, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Javier Orlando Asto Campos
Gaby Marcela Diaz Villegas

Asesor:

Mg. Germán Sagastegui Vásquez
<https://orcid.org/0000-0003-3182-3352>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	ALBERTO RUBEN VASQUEZ DIAZ	40385695
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	CINTHYA VANESSA ALVARADO RUIZ	71412783
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	NIXON BRAYAN PECHE MELO	70615775
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Tesis_Influencia_de_EPS_Mejorar_Propiedades_Concreto_f_...

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	11%
2	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	www.dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
8	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
9	biblioteca.itson.mx Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

A Dios, todo poderoso que a pesar de los retos de salud, los económicos y de tiempo nos puso personas idóneas las cuales nos han guiado y apoyado para culminar este proyecto tan ansiado por años, que entre equivocaciones y aciertos pudimos desarrollar esta investigación que nos llena de orgullo ya que ser padres de familia, trabajar en distintas ciudades y anhelar un grado costo mucho sacrificio pero todo lo pudimos en cristo que nos fortalece, y nos guía hasta el cumplimiento de su propósito en nuestras vidas según su perfecta voluntad como es la obtención de nuestro grado, porque su voluntad es perfecta , buena y agradable en todo tiempo, gracias Padre amado por permitirnos llegar hasta aquí a ti sea la gloria y la honra en todo tiempo.

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor por su disponibilidad y guía para el desarrollo de este proyecto, dedicamos también a nuestro esposo (a), por su paciencia, comprensión y muestra de amor en este largo camino de querer uno superarse como persona y profesionalmente, sacrificando fines de semana en familia, y a nuestros hijos por existir al ser nuestra principal motivación de poder darle algo mejor cada día y velar por su futuro y por ultimo y no menos importante a nuestros padres por estar pendiente de nuestros proyectos y logros y jamás dejar de alentarnos porque uno jamás deja de ser un hijo el cual siempre buscara darle una alegría, y hacerlos sentir orgullosos como será la obtención de este grado.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	10
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	34
1.3. OBJETIVOS.....	34
1.4. HIPÓTESIS GENERAL	35
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	36
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	36
2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	38
2.4. PROCEDIMIENTO.....	41
2.5. ASPECTOS ÉTICOS.....	56
CAPÍTULO III: RESULTADOS	58
3.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL AGREGADO FINO Y GRUESO	58
3.2. RESULTADO DEL DISEÑO DE MEZCLA PARA UN CONCRETO F´C = 210 KG/CM2	59
3.3. RESULTADOS DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP).....	60
3.4. RESULTADOS DE ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F´C)	61
3.5. RESULTADOS DE ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (MR)	64
3.6. CÁLCULOS DE RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL CONCRETO (FTI)	66
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	68
4.1. DISCUSIÓN.....	68
4.2. CONCLUSIONES	71
4.3. RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS	75
ANEXOS.....	80

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Limites de granulometría para agregado fino</i>	27
Tabla 2 <i>Tamaño de las perlas del poliestireno expandido según el grado de expansión</i>	31
Tabla 3 <i>Coefficiente de conductividad térmica para varias densidades</i>	32
Tabla 4 <i>Absorción de agua por las EPS a los 7 y 28 días, en distintas densidades</i>	33
Tabla 5 <i>Número de probetas cilíndricas de concreto para ensayo f^c a los 14 y 28 días</i>	37
Tabla 6 <i>Número de vigas prismáticas de concreto para ensayo de resistencia a flexión</i>	37
Tabla 7 <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	40
Tabla 8 <i>Tipo de concreto según su asentamiento</i>	50
Tabla 9 <i>Resultados de las características físicas del agregado fino</i>	58
Tabla 10 <i>Resultados de las características físicas del agregado grueso</i>	59
Tabla 11 <i>Resultados del diseño de mezcla para un concreto f^c=210 kg/cm²</i>	60
Tabla 12 <i>Análisis de varianza resistencia compresión del concreto patron y experimentales a los 14 días</i>	62
Tabla 13 <i>Análisis de varianza resistencia compresión del concreto patron y experimentales a los 28 días</i>	63
Tabla 14 <i>Análisis de varianza resistencia a la flexión del concreto patron y experimentales a los 28 días</i>	65
Tabla 15 <i>Análisis de varianza resistencia a la tracción en base a los resultados de la resistencia a compresión a los 28 días</i>	67
Tabla 16 <i>Resultados calculo resistencia a tracción a los 28 días probetas patron</i>	123
Tabla 17 <i>Resultados calculo resistencia a tracción a los 28 días probetas con 15% de poliestireno</i>	123
Tabla 18 <i>Resultados calculo resistencia a tracción a los 28 días probetas con 25% de poliestireno</i>	124
Tabla 19 <i>Resultados calculo resistencia a tracción a los 28 días probetas con 35% de poliestireno</i>	124

Índice de figuras

Figura 1 <i>Diagrama de flujo de investigación</i>	41
Figura 2 <i>Diagrama de un dispositivo adecuado para la prueba de flexión del concreto por el método de carga en el punto medio</i>	54
Figura 3 <i>Resultados de ensayos de asentamiento del concreto – slump (“)</i>	61
Figura 4 <i>Resultados de ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días</i>	62
Figura 5 <i>Resumen de ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días</i>	63
Figura 6 <i>Resumen de resultados del ensayo a la compresión (f’c) 14 y 28 días</i>	64
Figura 7 <i>Resultados de ensayo de resistencia a la flexión (Mr) a los 28 días</i>	65
Figura 8 <i>Resumen del cálculo resistencia a la tracción (fti) en función a los resultados de la resistencia a la compresión.</i>	66

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar la influencia de perlas de poliestireno para mejorar las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$. La investigación fue de tipo aplicada y de diseño experimental, para la caracterización de los agregados se utilizaron material de la cantera de Huanchaco, la muestra estuvo constituida por 24 probetas cilíndricas y 12 vigas prismáticas. En lo que respecta al procedimiento se realizaron sustituciones de poliestireno al agregado grueso en porcentajes de 15%, 25% y 35%, las propiedades que se evaluaron fueron consistencia, resistencia a compresión y flexión, a la vez, se calculó la resistencia a tracción con el método sugerido por el American Concrete Institute en base a los resultados de la resistencia a compresión.

Los resultados dieron a notar la influencia que tiene el poliestireno en el concreto, observándose que a mayor porcentaje de poliestireno la consistencia aumenta pasando de un estado plástico a fluido. En las propiedades mecánicas se observó que, al sustituir mayor porcentaje de perlas de poliestireno por agregado grueso, la resistencia a compresión, flexión y tracción arrojaron resultados con disminución de resistencia. Por consiguiente, se determinó que las perlas de poliestireno no mejoraron las propiedades mecánicas del concreto en porcentajes de 15%, 25% y 35%.

PALABRAS CLAVES: Perlas de poliestireno, propiedades del concreto, resistencia compresión, resistencia a flexión.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Hoy en día el concreto es el elemento principal en la construcción por el ser humano debido a que es el más utilizado, investigaciones realizadas por (Mobasher, 2008) determinaron que la producción de hormigón se ha duplicado desde 1990, pasando de 170 millones de m³ /año a más de 330 millones de m³ en 2004, estos valores incluyen tanto concreto vibrado como concreto auto compactante. Para la elaboración, utilizan en su composición materiales tales como arena y rocas siendo un aproximado del 65% al 75% del volumen total del concreto, así como agua, material cementante y aditivos que caracteriza el volumen restante, esto genera la utilización de millones de toneladas de materia prima.

Mehta (2001) explicó que el hormigón genera una producción por año de 1.6 billones de toneladas, esto representa un 8% de la carga global de dióxido de carbono que existe en la atmósfera. Su composición del hormigón cuenta con un alrededor de 17% de cemento y 75% restante de agregado, lo que implica en el mundo que para realizar hormigón hay un consumo promedio de 10 a 11 billones de toneladas de agregados cada año. La extracción, procesamiento y transporte de las cantidades de agregados generan un consumo representativo de energía, esto produce problemas medio ambientales en áreas forestadas y lechos de ríos (Mehta, 2001).

El hormigón también magnifica el clima extremo del que nos protege. Tomando todas las fases de la producción, el cemento es responsable de entre el 4% y el 8% del dióxido de carbono (CO₂) mundial. Entre materiales, solo el carbón, el petróleo y el gas son fuente más grande de gases de efecto invernadero (El Diario, 2019).

En Colombia se está buscando alternativas económicas para sus diferentes sectores y en

este caso que es el sector construcción, específicamente en el hormigón para usos en losas y elementos estructurales (Silvestre A., 2015) manifestó que el poliestireno es un material económico, indicando que realizó un análisis de viabilidad del uso de este material con aditivo para comparar las resistencias con un concreto tradicional contemplado en la Norma NSR-10, esto generaría una reducción de costos, un hormigón más ligero que permitiría disminuir el tiempo de trabajo en la construcción.

Un generador del aumento económico en nuestro país es el sector construcción, el cual no solo hace referencia a obras de gran envergadura donde el concreto es el de mayor presencia sino a construcciones de viviendas unifamiliares y esto es debido al aumento de recursos para adquisición de viviendas con programas sociales y la posibilidad de obtener un crédito hipotecario (Garay & Quispe, 2016).

En nuestro país los profesionales vienen buscando alternativas en elementos reutilizables como uso de agregados, y uno de los casos son los desechos que generan problemas en la segregación de los residuos sólidos es por ello que en Huancayo según (Lapa, 2020) manifestó que la mayor generación de residuos sólidos a raíz del poliestireno expandido o llamado Tecnopor lo genera el sector industrial en sus diferentes productos como por ejemplo en piñatas, maquetas, adornos, decoraciones en fiestas, protección de electrodomésticos, cascos de protección de motocicletas, etc. y su uso final es desechado a la basura, teniendo un tiempo de degradación de 500 años aproximadamente.

En Tacna Chaiña, N. & Larino R. (2021) indicó que el concreto tiene una densidad de 2,350kg/m³ lo cual influye en las cargas muertas, esto es un problema en las construcciones donde tienen un suelo de capacidad portante baja, por lo que recurren a cimentaciones de altos costos

como plateas o pilotes, generando grandes excentricidades, lo cual es perjudicial para las viviendas y para los que viven en esas viviendas.

En Jaén, Elera, F. & Maldonado, R. (2021) manifestó que el factor ambiental ha generado cambios de dinámica social y agotamiento de recursos naturales, en el sector construcción casi nada se está trabajando para evitar estos problemas o no son suficientes, existiendo también otro problema por generar materia prima, donde nace elaborar alternativas ecológicas o sostenibles que nos permitan reutilizar como materiales. Debido al crecimiento abrupto del casco urbano las veredas y áreas recreativas en mal estado es 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, pudiendo ser solucionados con la utilización de materiales prefabricados.

En la ciudad de Trujillo donde se realizó esta investigación, las construcciones en los últimos años son edificaciones con más de 15 niveles sobre todo viviendas multifamiliares a pesar de contar con una capacidad portante de 0.6 a 1.8 kg/cm², cabe recalcar que los suelos en Trujillo no son idóneos para este tipo de exceso de cargas (Esquema directo de Trujillo, 2003), sin embargo las edificaciones vienen buscando alternativas en lo que genere menos peso a partir de las cargas muertas, la cual significa que se generaría menor peligro ante un movimiento telúrico.

En Trujillo nos encontramos en la zona 4, eso implica un alto riesgo sísmico, por consiguiente, tenemos que disminuir el peso en los elementos estructurales, como las perlas de poliestireno que es una de las soluciones más accesibles para disminuir las fuerzas inerciales, para absorber ondas de choque y así mismo influye en sus propiedades mecánicas en el concreto cumpliendo un uso estructural (Chuquizapon, K. & Ibañez, C. 2020).

Contamos con sectores vulnerables las cuales sus suelos son por ejemplo arena y existe un crecimiento de viviendas sin conocimiento o de manera informal por aquellos sectores, el uso de perlas de poliestireno no solo favorece en las edificaciones sino también ante adoquinados o elementos que generen menos peso, también en lo arquitectónico en áreas recreativas donde busquemos una solución económica ante la poca inversión por parte de las autoridades. Evitando la contaminación ambiental ante más materia prima, la escases del recurso, por ello en esta investigación lo que se busco es reemplazar las perlas de poliestireno por el agregado grueso como una alternativa en un concreto más sostenible.

Antecedentes de la Investigación

Lutima, M., & Zhunio B. (2019) en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de sustitución parcial o total agregado fino por perlas poliestireno en la masa de hormigón para reducir el peso y evaluar el comportamiento de la resistencia a compresión. Su diseño de investigación fue experimental y su tipo de investigación fue aplicada. Su muestra consideró 3 probetas por tratamiento reemplazando 0%, 20%, 40%, 60% y 100% como sustitución del agregado fino. El resultado con respecto a esta investigación fue que la sustitución del 100% de perlas de poliestireno por el agregado fino es la máxima reducción de densidad con 17% a los 28 días, esto indica que la arena representó el 25% de densidad de un hormigón de peso normal. Así mismo alrededor del 75% al 90% de sustitución, bajo significativamente la densidad. Con respecto a la resistencia para un $f'c=210$ kg/cm² con sustitución al 100% bajo un 19% de resistencia a los 28 días. Su conclusión fue que los hormigones son aptos para elementos estructurales, el mínimo valor fue de 205kg/cm² para el 100% de sustitución, los que superaron el 60% de sustitución de arena por perlas de poliestireno cuentan con una confiabilidad menor al 95% del

diseño experimental

El aporte de esta investigación fue que a mayor porcentaje de perlas poliestireno en un hormigón de $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ la resistencia disminuye.

Erasso et al. (2021) tuvieron como objetivo demostrar la viabilidad del uso de poliestireno expandido como agregado al concreto a través de una revisión de literatura. Su técnica fue exploratoria y analítica, utilizando bases de datos de ScienceDirect, Elsevier, Patentes y repositorios académicos. El resultado de esta investigación fue que al aumentar la adición de poliestireno por el agregado grueso, disminuye la resistencia a compresión en un 35% en los porcentajes de 50% y 70%, otro resultado fue que al reemplazar el poliestireno por agregado grueso ésta presenta una reducción de resistencia, obteniendo así para un 50% de reemplazo una reducción de 39% con respecto al concreto patrón, otro resultado se sustituyó 5%, 10% 15% de agregado grueso por poliestireno, teniendo un ligero aumento a la resistencia a compresión en un 10%, sin embargo todas las resistencias cumplen para los diseños de mezclas.

Esta investigación nos aportó un análisis de los porcentajes de adición para nuestra investigación en cuanto al aumento y disminución de resistencia tomando en consideración el poliestireno en reemplazo del agregado grueso.

Villareal & Toro (2019) tuvieron como objetivo analizar el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas entre un hormigón alivianado con poliestireno expandido y un hormigón de peso normal a la edad de 28 días. Su investigación fue experimental, en su investigación consideraron el uso de poliestireno como reemplazo de agregado fino en porcentajes de 0%, 20%, 30%, 40% y 50% para los diseños $f^c = 240 \text{ kg/cm}^2$ y $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Sus muestras fueron 5 probetas cilíndricas por cada porcentaje para los ensayos de compresión y tracción

(método brasileiro), 3 vigas prismáticas para los ensayos de flexión dando un total de 100 probetas cilíndricas y 30 vigas prismáticas. Los resultados que obtuvieron para su diseño $f'c= 240\text{kg/cm}^2$ a los 28 días fueron los siguientes: ensayos a compresión 245.23kg/cm^2 , 226.74kg/cm^2 , 206.06kg/cm^2 , 184.66kg/cm^2 y 172.40kg/cm^2 , ensayos a flexión 44.18kg/cm^2 , 38.33kg/cm^2 , 35.64kg/cm^2 , 30.81kg/cm^2 , 26.60kg/cm^2 , ensayos de tracción 34.63kg/cm^2 , 29.52kg/cm^2 , 27.51kg/cm^2 , 24.40kg/cm^2 , 21.94kg/cm^2 . La conclusión de esta investigación nos dio a conocer que a medida que se reemplaza las perlas de poliestireno por el agregado fino la resistencia baja, tanto en compresión, tracción y flexión.

Martinez (2022) desarrolló su estudio teniendo como objetivo determinar la influencia del poliestireno expandido en las propiedades del concreto estructural $f'c=250\text{kg/cm}^2$, mediante la comparación con un concreto patrón (convencional). El tipo de investigación fue aplicada y su diseño de investigación fue experimental. Su muestra estuvo constituida por 27 probetas cilíndricas y 27 vigas prismáticas. Para el procedimiento de su investigación se realizó el diseño de mezcla de concreto patrón y concreto modificado con dosificaciones de 10% y 20% de perlas de poliestireno en función al volumen del agregado grueso, obtuvo como resultado a los 28 días para el diseño patrón una resistencia de 297.67kg/cm^2 , 268.33kg/cm^2 para 10% teniendo una disminución de 8.63% respecto al patrón y 206.67kg/cm^2 para un 20% teniendo una disminución de 29.63% respecto al patrón. Por otro lado, sus resultados de los ensayos de resistencia a flexión promedio a los 28 días fueron los siguientes, para el concreto patrón de 35.46kg/cm^2 , para el modificado con 10% y 20% resultó de 31.83kg/cm^2 y 31.50kg/cm^2 respectivamente. Su relación de a/c fue de 0.62 para todos sus diseños, obteniendo resultados de slump 3 1/4" para el concreto patrón, para el modificado de 10% y 20% un slump de 4" y 7" respectivamente.

Esta investigación nos aportó la cantidad de probetas como parte de nuestra muestra, considerando también el muestreo a conveniencia en nuestro capítulo de metodología.

Tinoco, A. (2019) en su tesis tuvo como objetivo general 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 riberas del río Santa. El tipo de su investigación fue aplicada y su diseño fue experimental. Los resultados que se obtuvo en los ensayos a compresión a partir de la elaboración de probetas para un diseño de mezcla $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días fue de 294.44 kg/cm^2 , 290.45 kg/cm^2 , 281.19 kg/cm^2 y 269.54 kg/cm^2 respectivamente, interpretando que la disminución de resistencia a compresión es debido a que, la resistencia mecánica del agregado grueso(97Mpa) es mayor a la del Tecnopor(9Mpa) y que el agregado grueso tiene mejor adherencia a la mezcla de concreto que el Tecnopor por la forma esférica y textura lisa con la cuenta el EPS. Otro resultado fue que a medida que iba reemplazando agregado grueso por Tecnopor el peso volumétrico del concreto disminuía y esto era porque el Tecnopor tiene menor densidad que el agregado grueso. Finalmente concluyó que a mayor sustitución de Tecnopor la resistencia y densidad disminuye por lo que el 20% sustitución fue el más óptimo en su estudio ya que logró una resistencia de 281 kg/cm^2 .

Esta investigación nos aportó los porcentajes que se eligió para nuestra investigación, esto se redactó en la metodología según nuestro muestreo a conveniencia

Mondragón (2020) en su tesis tuvo como objetivo general evaluar la influencia de la fibra de poliestireno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para los diseños de resistencia $f^c =210\text{kg/cm}^2$ y $f^c=280\text{kg/cm}^2$. Su tipo de investigación fue aplicada y su diseño experimental,

su muestra estuvo constituida por 144 probetas por cada resistencia considerando sustituciones de poliestireno por agregado grueso en porcentajes de 5%, 10% y 15%. Las propiedades evaluadas fueron consistencia, peso unitario, contenido de aire, temperatura, resistencia a compresión, tracción, flexión y módulo de elasticidad. Los resultados para su diseño de $f^c=210\text{kg/cm}^2$ fueron los siguientes: en los ensayos de slump tuvo un aumento que va desde 4” para el concreto patron hasta 4.4” para la sustitución de 15%, en lo que respecta a sus ensayos a compresión a los 28 días obtuvo 221.04kg/cm^2 , 217.21kg/cm^2 , 210.83kg/cm^2 y 184.37kg/cm^2 siendo los de 5% y 10% los que cumplen con su diseño, en sus ensayos a tracción a los 28 días obtuvo 17.36 kg/cm^2 , 19.147 kg/cm^2 , 16.62 kg/cm^2 y 14.28 kg/cm^2 observándose un ligero incremento de resistencia al sustituir 5% de EPS, finalmente en sus ensayos a flexión obtuvo 58.12 kg/cm^2 , 59.86 kg/cm^2 , 56.08 kg/cm^2 y 53.94 kg/cm^2 observándose también un ligero aumento de resistencia a la flexión al sustituir 5% de EPS.

Esta investigación aportó a nuestra investigación las guías de observación y fichas de recolección de datos que se realizaron en el laboratorio.

Bases Teóricas

Concreto

El concreto simple está conformado por una mezcla fraguada de cemento, agua, agregado fino, agregado grueso (piedra triturada o grava), aire y con frecuencia otros aditivos. La mezcla plástica se ubica y se compacta en la cimbra, luego se cura con agua o materiales humectados para facilitar la rapidez de la reacción química de la hidratación de la mezcla agua-cemento, produciendo un concreto de aspecto rígido. El producto final tiene una buena resistencia a la compresión y una muy baja resistencia a la tensión, de tal manera que su resistencia a la tensión es aproximadamente

un décimo de su resistencia a la compresión. En tal sentido se suministra refuerzo de tensión y de cortante en las zonas donde existen tensiones de las secciones para contrarrestar la debilidad en estas zonas de los elementos de concreto reforzado (Nawy, 1988).

Propiedades del concreto

a. Concreto recién mezclado

El concreto una vez terminado de mezclar debe ser plástico o semifluido. En un concreto de consistencia plástico los agregados que son la arena y piedra siempre quedan encajonados y también en suspensión por ello estos materiales no se separan en su transporte y una vez que el concreto se consolida esta se convierte en una mezcla homogénea de todos sus elementos. Cuando es una consistencia plástica el concreto no se deshace al contrario circula como un líquido pastoso sin separarse o disgregarse (Eddy, 2011).

Dentro de las propiedades del concreto recién mezclado podemos mencionar las siguientes:

- **Trabajabilidad**

La simplicidad de mezclar, ubicar, consolidar y terminar el concreto fresco y el grado que resiste a la segregación se denomina trabajabilidad.

El concreto tiene que ser trabajable pero no debe separarse o segregar exageradamente. El sangrado es el desplazamiento del agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado ocasionado por el asentamiento de los materiales sólidos – cemento, arena y piedra al interior de la masa. El asentamiento es el resultado del efecto combinado de la vibración y de la gravedad (Pasquel, 1998).

Un sangrado exagerado incrementa la relación agua - cemento cerca de la superficie superior, alcanzando dar como consecuencia una capa superior débil de baja durabilidad,

especialmente si se lleva a cabo estas operaciones de acabado en tanto está presente el agua de sangrado (Pasquel, 1998).

Desde hace muchos años el método convencional de medir la trabajabilidad ha sido el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, puesto que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto (Pasquel, 1998).

- **Sangrado y asentamientos**

El florecimiento como una película de agua o lámina en la parte superior del concreto a penas vaceado se denomina exudación o sangrado. La razón de tal hecho es porque el peso de los materiales es mayor a la del agua razón por la cual esta sube a la superficie. Si el sangrado es mínimo esta será beneficioso para la contracción plástica que presenta el concreto, al contrario, si esta presenta una un excesivo sangrado incrementará la relación agua/cemento por lo tanto la resistencia disminuirá (Pasquel, 1998).

- **Consolidación**

La vibración es una acción que pone en movimiento a los elementos del concreto que están recién mezclados, también aporta a que no exista mayor rozamiento o fricción entre ellas dándole el desplazamiento necesario y formando un concreto denso. Una granulometría optima en los agregados hace que el concreto sea más fácil de consolidarse y colocarse (Alvarado, s.f.).

- **Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento**

La calidad de pasta del cemento portland en su adhesión y adherencia lo decide la hidratación, ya que entre el cemento y el agua existe reacciones químicas durante el tiempo que el concreto se solidifica. En este proceso el concreto mantiene su volumen casi inalterado, en tanto que, el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, por lo que estas no tienes

resistencia.

Las partes solidadas de la mezcla es en donde se encuentra la resistencia, principalmente en los compuestos cristalinos y el silicato de calcio hidratado. La rapidez de reacción entre el agua y el cemento determinara el tiempo de fraguado y endurecimiento. Para transportar y colocar el concreto es importante tener una reacción inicial suficientemente lenta el cual dará el tiempo necesario para realizar dicha acción (Alvarado, s.f.).

b. Concreto endurecido

El concreto después de su desarrollo de hidratación, pasa de una condición plástica a una rígida. Cuando el cemento y el agua hacen contacto inmediatamente se inicia una reacción química entre ambos el cual va a indicar la progresiva solidificación y endurecimiento del concreto, mientras que exista agua en contacto con el cemento este se ira endureciendo progresivamente.

Para su total endurecimiento el concreto experimenta dos etapas en todo su proceso general las cuales son: el fraguado temprano o inicial y el fraguado final. Para la primera etapa del concreto es cuando ésta pierde su plasticidad de tal manera que se convierte en un material difícil de trabajar. A medida que el concreto sigue endureciendo llegara a su segunda etapa consiguiendo una dureza tan perceptible que la mezcla pasa a su fraguado final (American Concrete Institute, 1981).

• Curado

El proceso del curado es tal vez uno de los mas importantes para un control de obra eficaz, ya que tiene como finalidad controlar y sostener un contenido de humedad apto para el concreto, con esta acción los materiales cementantes mantendrán una temperatura beneficiosa durante su hidratación y así puedan desarrollar sus propiedades según su diseño. En conceptos simples el curado del concreto previene que la mezcla se deshidrate y se seque rápidamente porque esta es

muy sensible a las temperaturas altas evitando también que pierda la capacidad de no poder alcanzar sus resistencias deseadas.

Sostener la humedad adecuada del concreto es favorable porque también evita la aparición de fisuras por contracción plástica, estas fisuras se dan por falta de agua de exudación por evaporación.

- **Resistencia**

La resistencia del concreto no puede probarse en estado plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado se determina en hacer muestras durante el mezclado las cuales posteriormente de ser curadas se someten a pruebas de compresión.

Se le denomina resistencia a la compresión del concreto a la máxima carga para una unidad de área soportada en una muestra, siendo ello antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). La resistencia a compresión de un concreto (f^c) debe ser alcanzado a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo (Abanto, 2001).

La resistencia a tracción del concreto ha sido cuantiosamente menos estudiada que la resistencia a compresión, en parte debido a la mayor incertidumbre que existe para su especificación. Esta incertidumbre empieza con la forma de realización del ensayo, habiendo tres formas distintas para ejecutarlo: por tracción directa, por tracción indirecta y por flexión, cada uno de las cuales nos lleva a valores sensiblemente diferentes.

Los concretos normales habitualmente tienen resistencias en compresión entre los 100 a 400 kg/cm², habiéndose alcanzado optimizaciones de diseños sin aditivos que han permitido obtener resistencia sobre 700 kg/cm² (Pasquel, 1998).

Abanto (2001) mencionó que dentro de los factores que afectan la resistencia se encuentra:

los siguientes:

- La relación agua - cemento (a/c) Siendo uno de los factores principales que afectan la resistencia del concreto. La relación a/c impacta en la resistencia a la compresión de los concretos con o sin aire incluido. En ambos casos la resistencia disminuye con el aumento de a/c.
- El contenido de cemento. Disminuyendo la resistencia conforme se reduce el contenido de cemento.
- El tipo de cemento. La celeridad de desarrollo de resistencia está en función de los diferentes tipos de cemento que se usaran.
- Las condiciones de curado. Dado a que las reacciones del procedimiento de hidratación del cemento solo ocurren en presencia de una cantidad apropiada de agua, es por ello que se debe mantener la humedad en el concreto durante todo el periodo de curado, para que así pueda incrementar su resistencia con el tiempo.

- **Durabilidad**

La intemperie, acción de productos químicos y desgaste, es lo que está sometido el concreto y es por ello que el concreto debe ser capaz de resistir. Una gran parte de los daños del concreto sufrido por intemperie pueden atribuirse a los ciclos de congelación. La resistencia del concreto ocasionado por esos daños puede mejorarse incrementando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie. (Abanto, 2001).

Componentes del concreto

a. Cemento

Es un material que su comercialización es fácil de adquirir, este material al mezclarse con agua o combinado con arena, piedra u otros elementos similares, tiene la característica de reaccionar paulatinamente con el agua hasta conformarse en una masa dura. Fundamentalmente el cemento es un Clinker muy fino, producido básicamente por la cocción a muy elevadas temperaturas de mezclas que contienen cal, fierro, alúmina y sílice en determinadas proporciones (Abanto, 2001).

Cemento portland normal

Este se obtiene de los resultados de la pulverización del Clinker Portland con el incremento esporádico de sulfato de calcio. Esta se puede aceptar el aumento de otros productos si es que no superan el 1% de peso global o total, también que la Norma respectiva establezca que su adición no afecta sus características o propiedades del cemento resultante. En el Perú el cemento portland normal se fabrican el de tipo I, II y V las cuales deberán cumplir con los requisitos indicados en las Normas NTP o ASTM (Rivva López, 2000).

Cementos hidráulicos combinados

Es el producto que se consigue de la pulverización compuesta de Clinker, de cemento Portland y también del componente reactivo que posee características puzolánicas, con el incremento esporádico del sulfato de calcio. Los que se producen en el Perú son los cementos puzolánicos Tipos IP, IPM e IS.

Cuando se le adiciona puzolana entre 15% y 45% al cemento Portland estaremos hablando de un cemento puzolánico Tipo IP y el cual debe cumplir con las especificaciones de la Norma

NTP 334.044. Por el contrario, cuando se adiciona menos de 15% de puzolana al cemento Portland estaremos hablando de un cemento puzolánico tipo IPM el cual también debe cumplir con las especificaciones de la NTP 334.044 o ASTM C-595 (Rivva López, 2000).

b. Agregados

Agregado Fino

Es el material que procede de la separación natural o artificial y que pasa por el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8”) y que se mantiene en el tamiz normalizado 75 μm (No. 200).

El agregado fino es material que resulta de la descomposición natural de las rocas (NTP 400.037, 2018).

Agregado Grueso

El agregado grueso es una grava que procede de la descomposición natural de materiales pétreos, las cuales se pueden hallar en canteras y lechos de ríos, almacenados en forma natural.

Para estudios de granulometría esta se sostiene en el tamiz normalizado 4,75 mm (No. 4). Es uno de los principales elementos del concreto ya que aporta para la resistencia el cual ha sido diseñado, también lo encontramos en varios tamaños según su propósito.

Agregados Livianos

Según Aramayo et al. (2003) en su estudio, señalaron que los agregados livianos que participan en la producción de concreto, han sido diseñados en base a su configuración celular, presentando como principales beneficios la baja densidad y el buen aislamiento térmico como también de cualidades acústicas, ya que amortiguan las vibraciones.

Conforme a la Norma ASTM C 330 (2005), quien indicó que hay dos tipos de agregados livianos, por expansión, perlas de poliestireno, o sinterización de materiales como el esquisto o

pizarra, cenizas volantes, diatomeas, escoria de alto horno. Lo otro es los agregados tradicionales obtenidos por la obtención de materiales naturales, como la piedra, pómez, escoria o toba.

Características físicas de los agregados

Peso específico

Es el resultado de operar la división del peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin contar los vacíos entre ellas. Las ASTM C127, ASTM C128 / NTP 400.021 determinan el método normalizado para su ejecución en laboratorio, distinguiendo tres maneras de manifestarlo en función de las circunstancias de saturación.

Peso Unitario (NTP 400.017)

Es el resultado de operar la división de la masa de un agregado seco entre el volumen total incorporando los vacíos. Al incorporar a las partículas los espacios vacíos los materiales están sometidos a la manera cómo se amoldan por lo que se puede decir que es un parámetro muy relativo.

Peso unitario suelto (PUS): Se denomina PUS cuando para determinarla se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela a ras con una varilla. El concepto PUS es fundamental cuando se trata de transporte, manejo y almacenamiento de los agregados ya que estos se realizan en estado suelto.

Peso unitario compactado (PUC): Se define PUC en el momento en que los agregados han sido conllevados a compactación, aumentando así el grado de amoldamiento de las partículas de agregado y consecutivamente la masa unitaria cambiara de valor. El PUC es un dato básico para obtener el diseño de mezclas y también determinar el volumen absoluto de los agregados ya que el concreto va estar sujeto a una compactación en todo el proceso de ubicación del agregado.

Porcentaje de vacíos

Es la medida del volumen determinado en porcentaje de los espacios entre las partículas de los agregados. Depende también en cómo se acomodan las partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. La misma norma NTP 400.017 indicada anteriormente establece la fórmula para calcularlo, empleando los valores de peso específico y peso unitario estándar.

Absorción (NTP 400.021)

Es la cualidad de los agregados de saturar con agua los vacíos al interior de las partículas. El evento se produce por capilaridad, no llegándose a llenar completamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

Tiene importancia pues se manifiesta en el concreto aminorando el agua de mezcla, con incidencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es fundamental tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

Contenido de humedad (NTP 339.185)

Es la cantidad de agua superficial retenida por las partículas de los agregados en un momento determinado.

Es una propiedad fundamental que tiene como característica la de aumentar el agua a la mezcla del concreto, es por ello que se debe en cuenta conjuntamente con dato de la absorción para realizar las correcciones respectivas en el proporcionamiento del diseño de mezclas y así las hipótesis asumidas se puedan llevar a cabo.

Granulometría (NTP 400.012)

La denominación granulometría o gradación no es más que la distribución de los tamaños de las partículas de determinado agregado por medio de tamices las cuales están constituidas por

malla de alambre con diferentes tamaños de aberturas cuadradas.

Una parte importante en la evaluación de la granulometría es la curva granulométrica el cual busca tener una continuidad que garantice de cierta manera un desempeño adecuado en la mezcla, es así que en el tema de calidad siempre hay dudas sobre este concepto por el no cumplimiento de dicha curva. Para los casos en que la mencionada curva no cumpla con las especificaciones en obra se recomienda que a los equipos se dé una revisión.

El agregado grueso tiene las aberturas que varían de 1.18 milímetros (0.046 pulgadas) a 100 milímetros (4 pulgadas). El agregado fino tendrá que estar graduado entre los límites que se muestran en la tabla N°1.

Tabla 1

Limites de granulometría para agregado fino.

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg.)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	05 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

Nota. Esta tabla muestra los limites en porcentaje de cada tamiz, el cual determinará la finura del agregado fino según NTP 400.037.

c. Agua

El agua es un componente esencial en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido (Abanto, 2001).

Es un elemento del concreto, en donde el cemento reacciona químicamente, dando la característica de fraguar para convertirse en un sólido único con los agregados; además de la característica de fraguar también ayuda en el desarrollo del curado de concreto (Abanto, 2001).

El agua al utilizarse en la elaboración del concreto tiene que ser limpia y estar libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, material orgánico y demás sustancias que perjudiquen al concreto (Abanto, 2001).

Perlas de Poliestireno

Composición: Las perlas de poliestireno pertenecen a la familia del polímero, el estireno es la base del poliestireno, sus moléculas del estireno se polimerizan ya que es un líquido el cual pasa al surgimiento de las macromoléculas de poliestireno. Para lograr el poliestireno expandible se combina el estireno con el agua y un elemento de expansión: el hidrocarburo pentano C₅H₁₂. Consiguientemente se harán las diferentes formas comerciales (Aramayo et al. 2003).

Origen: Al no encontrarse este material en el medio ambiente se recurre a procesos de sinterización a fin de producirlo, por tan sentido podemos decir que es de origen fabricado.

El poliestireno expansible cuando se pone en grandes ollas (90°C a 105°C) crece de tal manera que su volumen llega hasta 50 veces más de su tamaño original esto es posible gracias a la acción del agente de expansor dando lugar así a la conocida “perlita de poliestireno”, después se pone un tiempo de reposo con el fin de que aire penetre en las partículas y las seque, estabilizando su volumen (Aramayo et al. 2003).

Características:

- Porosidad / compacidad: Entre 3 millones a 6 millones de celdillas no conectadas y cerradas equivale a 1 cm³ las cuales están llenas de aire definiendo entonces que es un material muy poroso.
- Dureza / Blandura: Con lo dedos de comprimir por lo tanto es un material blando y con una magnífica elasticidad siendo esto debido a su material polímero y a su porosidad.
- Densidad / Peso específico: Es de un densidad y peso específico muy bajo debido a que sus celdillas están llenas de aire (alcanzan hasta un 97%)
- Densidad: Se encuentra en varias densidades desde 10 kg/m³ hasta 30 kg/cm³
- Forma: Por lo general mantienen una forma esférica, pero si proviene del reciclado o bien se desgranó una plancha esta puede ser de formas irregulares.
- Color: Tiende a ser blanco.
- Lisura o rugosidad superficial: En esta característica se encuentra uno de las mayores dificultades de las perlitas de poliestireno ya que mantiene su superficie poco mas o menos lisa el cual afecta cuantiosamente a la mezcla de concreto por la difícil adhesión al cemento y agua, sumado a la baja densidad que contiene las perlitas hace que éstas floten en la mezcla resultando que se produzca una mezcla granular defectuoso.
- Absorción: Las perlas de poliestireno se caracteriza por tener una muy baja absorción, esto debido a su conformación que son celdillas de aire cerradas y que no están conectadas entre sí.

- Tamaños comerciales (granulometría): En lo que respecta a su granulometría éstas son variables que van desde los 2mm hasta los 8mm
- Muchas posibilidades al reciclado.

Propiedades químicas del poliestireno

De la misma manera que muchos de los materiales compuesto de polímeros las cuales son propensos a deterioros cuando están expuestos a radiaciones UV, dicho de otro modo, sucede cuando el material se mantiene expuesto durante mucho tiempo a la radiación tornándose de un color amarillo, cuando esto sucede es un indicador de degradación del polímero

En la industria de la construcción encontramos varios materiales con la que el poliestireno es compatible y amigable tales como el yeso, cemento, agua salada o dulce, etc., pero, con los solventes de ninguna manera es compatible (Lituma Vicuña & Zhunio Cardenas, 2015).

Propiedades físicas del poliestireno

Dentro de las propiedades físicas fundamentales del poliestireno tenemos:

- **Densidad**

La baja densidad del poliestireno permite que esta sea una de sus principales características, ya que un 95% aproximadamente de este material es aire y lo sobrante de porcentaje es poliestireno. El tiempo que dure su expansión y temperatura durante su proceso es la que define su densidad. Tiene una densidad de 1050 kg/cm³ aproximadamente antes de ser sometido a todo el proceso de fabricación de bloques.

- **Tamaño**

Al igual que la propiedad de la densidad, la expansión de las perlas en el proceso de

su producción son las que definen el tamaño siendo así que, para adquirir perlas de mayor tamaño, el grado de expansión tendrá que ser mayor tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Tamaño de las perlas del poliestireno expandido según el grado de expansión

Tamaño (mm)	Grado de Expansión
0,8 – 2,5	95 %
0,8 – 1,6	94 %
0,4 – 1,0	92 %
0,4 – 0,8	91 %

Nota. En esta tabla nos muestra cómo cambia su expansión el poliestireno en relación a su tamaño.

- **Aislamiento térmico y acústico**

Por la estructura celular cerrada que presenta el poliestireno manteniendo al aire en reposo podemos decir que es un magnífico aislante térmico, el uso de este material en el mundo de la construcción ha sido fundamentalmente un elemento aislante en pisos, paredes y techos, como por ejemplo cuando se usa en las paredes el material da la satisfacción de que el ambiente se mantenga con una temperatura amigable y confortable al interior de los edificios. La capacidad de aislamiento térmico está determinada por el coeficiente de conductividad térmica (λ), el cual varía con la densidad aparente del material (incluido el EPS). Si es que valor que tiene la

densidad es baja, la conductividad térmica también será baja, por lo tanto, las propiedades de aislamiento del poliestireno serán mejores. Sin embargo, el coeficiente de conductividad térmica óptimo ocurre en el rango de 30-50 kg/m³, ya que para densidades superiores a los 50 kg/m³ el coeficiente de conductividad térmica empieza a subir otra vez (Lituma Vicuña & Zhunio Cardenas, 2015).

Tabla 3

Coefficiente de conductividad térmica del poliestireno para varias densidades.

D(kg/m ³)	λ (W/mK)
10	0.043
20	0.035
40	0.033
50	0.033
60	0.034

Nota. Fuente: (Lituma Vicuña & Zhunio Cardenas, 2015)

El poliestireno no es un buen absorbente de sonido (los absorbentes de sonido “absorben” el sonido, no lo reflejan). Esto puede ser importante si su propósito es disminuir la cantidad de ruido que sale de una habitación a las habitaciones contiguas.

- **Comportamiento frente al agua**

El análisis de las perlas en contacto con el agua en sus diferentes estados es fundamental, exclusivamente si se va a usar como material ligero en el concreto, ya

que la resistencia del concreto tiene que ver directamente con la proporción de agua que se le asigne. Según (Lituma Vicuña & Zhunio Cardenas, 2015), pese a que múltiples estudios (Hohwiller & Köhling, 1969) (Chen & Liu, 2013) (Vincent Sussman, 1975) denominaron a las perlas de poliestireno como un producto que no absorbe, hay que tener presente que estos se refieren a la absorción de agua en estado líquido, dicho de otra manera, el EPS no es higroscópico. Por otra parte, lo que si puede llegar a atravesar la estructura o esqueleto del EPS es el vapor bajo algunas condiciones. Se debe investigar entonces tanto su capacidad de absorción de agua como la capacidad de difusión de vapor. En sus investigaciones (Baculima Bernal, 1985) consiguió valores bajos de absorción en peso, las cuales sumergió a los 7 y 28 días, y se presentan en la tabla 4.

Tabla 4

Absorción de agua por las EPS a los 7 y 28 días, en distintas densidades.

Densidad (kg /m ³)	Agua absorbida (7 días)	Agua absorbida (28 días)
30	0,358	0,388
25	0,434	0,513
10	0,624	0,699
13	0,917	1,003

Nota. Fuente: (Baculima Bernal, 1985)

- **Comportamiento frente al fuego**

De acuerdo al gran uso que últimamente se le ha dado al EPS en la construcción es fundamental conocer la respuesta de este material frente a elementos como el fuego, que pueden llegar a perjudicar a una edificación. Según (Cofre Alvarado, 2003) quien manifestó que el EPS comienza a ablandarse y después a contraerse cuando la temperatura llega a los 100°C si es que ésta tiene duración corta, pero si la temperatura sigue aumentando el producto llega a fundirse de tal manera que la estructura colapsaría. Lo que si no perjudica al EPS es aproximadamente a los 80°C de temperatura en sus distintas formas, inclusive si la temperatura se mantiene en varios días y bajo acción de carga.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye las perlas de poliestireno para mejorar las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en Trujillo, 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo General*

Determinar la influencia de perlas de poliestireno para mejorar las propiedades mecánicas de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en Trujillo, 2022.

1.3.2. *Objetivos específicos*

OE1: Determinar el diseño de mezcla para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

OE2: Determinar el porcentaje 15%, 25%, 35% adecuado de perlas de poliestireno en reemplazo del agregado grueso en un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

OE3: Comparar las propiedades mecánicas de un concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con un concreto reemplazando perlas de poliestireno

1.4. Hipótesis general.

Las perlas de poliestireno mejorarán las propiedades mecánicas de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

2.1.1. *Por el propósito*

Por el propósito este tipo de investigación fue de tipo aplicada, porque se buscó la aplicación de conceptos requeridos con el fin de utilizar y sistematizar la práctica básica buscando solución al problema (Murillo, W. 2008).

2.1.2. *Según el diseño*

La investigación fue de diseño experimental. Según Hernández et al. (2007) consideraron que la variable independiente es la supuesta causa en la relación dada entre variables, la variable dependiente es el efecto que provoca la variable independiente. Entonces un experimento se lleva a cabo para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y porqué lo hacen.

2.2. Población y muestra

2.2.1. *Población*

La población estuvo constituida por los concretos $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Una población es el conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados (Gómez, J. 2016).

2.2.2. *Muestra*

La muestra estuvo constituida por 24 probetas cilíndricas las cuales se realizaron con porcentajes de 15%, 25% y 35% de poliestireno en reemplazo del agregado grueso para una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días y 28 días respectivamente además de 12 vigas prismáticas con porcentajes de 15%, 25% y 35% de poliestireno en reemplazo del agregado grueso

a los 28 días.

La muestra es un subconjunto de la población que se obtiene de un proceso, es la que se desea investigar, se le denomina población de interés, debe ser representativo (García, J. 2013).

Tabla 5

Número de probetas cilíndricas de concreto para ensayo f^c a los 14 y 28 días

Tratamiento	Resistencia a	Resistencia a	Total
	compresión a los 14 días	compresión a los 28 días	
Concreto con 0 % de poliestireno	3	3	6
Concreto con 15 % de poliestireno	3	3	6
Concreto con 25 % de poliestireno	3	3	6
Concreto con 35 % de poliestireno	3	3	6
Total	12	12	24

Nota. La tabla nos muestra el número de probetas que se realizaron para los ensayos de resistencia a compresión y sus diferentes porcentajes de poliestireno en reemplazo del agregado grueso a los 14 y 28 días.

Tabla 6

Número de vigas prismáticas de concreto para ensayo de resistencia a flexión.

Tratamiento	Resistencia a la
	flexión a los 28 días

Concreto con 0 % de poliestireno	3
Concreto con 15 % de poliestireno	3
Concreto con 25 % de poliestireno	3
Concreto con 35 % de poliestireno	3
<hr/>	
Total	12
<hr/>	

Nota. Esta tabla nos indica el número de vigas que se realizaron para los ensayos a flexión en sus diferentes porcentajes de poliestireno a los 28 días.

2.2.3. El muestreo

El muestreo fue no probabilístico a conveniencia. En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador (Hernández et al. 2014).

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica que utilizó fue la observación. Según Romero, H. et al. (2021) manifestaron que es el proceso de conocimiento de la realidad factual, mediante el contacto directo del sujeto cognoscente y el objeto o fenómeno por conocer a través de los sentidos. Se tomaron los datos mediante los ensayos que se realizaron en el laboratorio para el estudio de sus propiedades mecánicas de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ convencional y con sustitución de agregado grueso por perlas de poliestireno.

2.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Para la investigación realizada se consideró como instrumento, la guía de observación.

Tamayo (2004) definió como un formato en el cual se puede recolectar datos sistemáticos y se puede registrarse en forma uniforme, consiste en ofrecer una revisión clara y objetiva de los hechos, agrupa los datos según necesidades específicas, se hace respondiendo a la estructura de las variables o elementos del problema. Este instrumento permitió dar a conocer una mejor descripción de las características y/o propiedades de la actual unidad de estudio. Dentro de los materiales y equipos que se utilizaron en la investigación fueron los siguientes: agregado grueso, agregado fino, cemento, perlas poliestireno, cámara fotográfica de 20 Gpixel, laptop Core i7, libreta de apuntes, baldes de 10 L, tamices, vibradora, molde de probetas de 15 x 30 cm, mezcladora. El diseño de mezclas que se realizó, fue para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en base a la norma ACI 211, el asentamiento del concreto bajo la norma NTP 339.035/ASTM C143, la resistencia de compresión bajo la norma NTP 339.034/ASTM C39 a los 14 y 28 días con porcentaje de adición de perlas de poliestireno con 15%, 25% y 35%, para la resistencia a la flexión se aplicó la norma NTP 339.079/ASTM C293 a los 28 días con porcentajes de adición de perlas de poliestireno de 15%, 25% y 35% respectivamente y en cuanto a la resistencia a tracción se calculó en función a los resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días con 15%, 25% y 35% de adición de perlas de poliestireno para este caso nos guiamos de las recomendaciones del modelo matemático propuesto por ACI (American Concrete Institute).

Tabla 7

Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Und.	Instrumentos	Escala de Medición
VARIABLE INDEPENDIENTE: Perlas poliestireno	Es un material ampliamente utilizado en diferentes industrias, las perlas poliestireno para relleno son la cara más visible de este fenómeno, apareciendo en multitud de soluciones de packaging, las perlas de EPS presentan también importantes usos en sectores como la construcción o la manufactura de objetos (Industries, 2022)	Se realizó la aplicación al concreto de perlas de poliestireno en porcentajes de 15%, 25%, 35% en el concreto.	Dosificación	-15% de perlas de poliestireno -25% de perlas de poliestireno -35% de perlas de poliestireno	%	Guía de observación	Intervalo
VARIABLE DEPENDIENTE: Concreto	Según Niño (2010), el concreto se define como la mezcla de un material aglutinante (normalmente cemento Portland Hidráulico), unos materiales de relleno (agregados) y agua que al endurecer forma un sólido compacto y adquiere propiedades de carácter mecánico, físico y químico; así mismo se ha convertido en un material como elemento estructural a nivel del mundo en la construcción.	Se realizaron las características de los agregados, ensayos de granulometría, límites de atterberg, contenido de humedad, peso unitario, pesos específicos, absorción para luego elaborar el diseño de mezcla, luego adicionar las perlas poliestireno, mediante las probetas la rotura a los 14 y 28 días	Características de los agregados gruesos y finos	-Granulometría -Límites de atterberg -Contenido de humedad -Peso unitario -Peso específico, absorción	%	Guía de observación	Intervalo
			Propiedades Mecánicas	Resistencia compresión, Resistencia a la flexión Resistencia a la tracción.	Kg/cm ²	Guía de observación	Intervalo

Fuente: Elaboración propia.

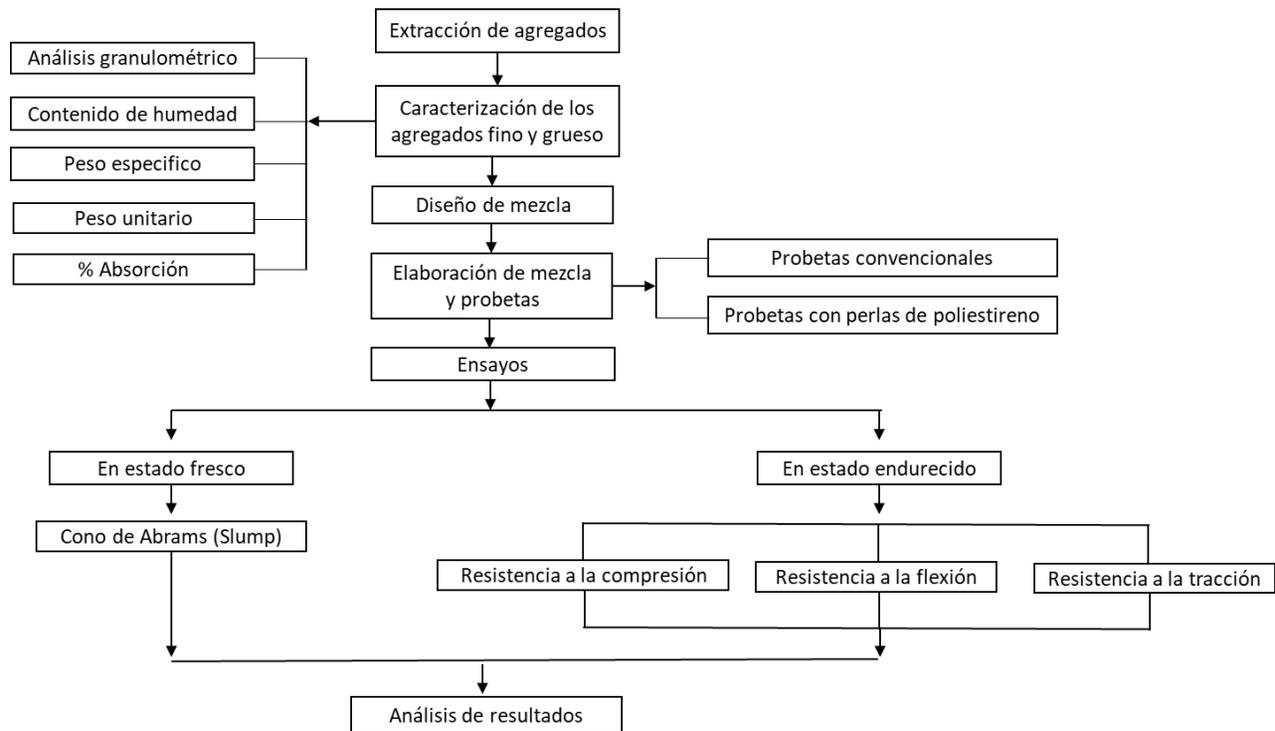
2.3.3. Análisis de datos

Para el análisis estadístico de la presente investigación se utilizó el método de análisis de varianza (ANOVA), gráficos, tablas, registros anecdóticos, para detallar como se está resolviendo los procesos y validar que estos se estén cumpliendo de acuerdo a las fechas programadas. Para evidenciar estos resultados se llenó una rúbrica para la evaluación del instrumento, así el asesor califique y admita que los procesos elaborados están dando resultados óptimos para la investigación.

2.4. Procedimiento

Figura 1

Diagrama de flujo de investigación



Nota: En esta imagen se presenta el procedimiento para la recolección de datos del concreto patron y el modificado.

2.4.1. Caracterización de agregados

2.4.1.1. Contenido de humedad (NTP 339.185)

El ensayo de contenido de humedad tuvo como finalidad encontrar la humedad existente de nuestro agregado tanto fino como grueso. Este dato también nos ayudó para determinar nuestro diseño de mezcla y para encontrarlo nos guiamos de la NTP el cual determina los procedimientos mediante la siguiente formula:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

W= contenido de humedad expresado en %

W_w = peso del agua existente en la masa de suelo

W_s = peso de las partículas sólidas.

Materiales y equipos

- Muestra de agregado grueso con humedad natural que se extrajo del estrato en estudio.
- Muestra de agregado fino con humedad natural que se extrajo del estrato en estudio.
- Estufa con control de temperaturas 110°C + - 5°C.
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Taras
- Cucharón metálico

Procedimiento

- Se peso los recipientes o taras

- Se calculó el material
- Se colocó el agregado grueso y fino húmedo en las taras y se obtuvo el peso.
- Se ingresó las muestras al horno durante 24 horas a una temperatura de 105°C.
- Seguidamente se retiró las muestras del horno y se dejó enfriar a temperatura ambiente para luego ser pesadas (tara + muestra seca).
- Después se realizó los cálculos del contenido de humedad (%).

2.4.1.2. Granulometría de agregados gruesos y finos (NTP 400.012)

El fin del ensayo granulométrico fue determinar la distribución de los tamaños de los agregados por medio del tamizado y así poder cumplir con los requerimientos para cada diseño de mezcla.

El ensayo básicamente consto pasar el material seco gradualmente por los tamices de una abertura grande a una más pequeña, con esta acción se pudo determinar el tamaño de los agregados y así definir la curva granulométrica.

Material

- Muestra de agregado Grueso
- Muestra de agregado fino
- Kit o juego de mallas de 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200
- Balanza
- Horno a 110°C + - 5°C
- Taras
- Cucharón metálico de finos.

Procedimiento

- Se recolecto una muestra de agregado grueso y fino de la cantera de Huanchaco.
- Se obtuvo la muestra a través del cuarteo
- Se peso la muestra seleccionada.
- Se seco la muestra en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Se eligieron tamices apropiados para cumplir con las especificaciones del material que se ensayó ordenando los tamices por tamaños de abertura decrecientemente.
- Se realizo la acción de tamizado manual moviendo los tamices de un lado al otro con un tiempo apropiado.
- Terminado el tamizado se procedió a pesar lo que se quedó en cada una de las mallas y también en la cazoleta.
- Finalmente, después de realizar el ensayo tanto para el agregado grueso como para el agregado fino, se procedió a la elaboración de los cálculos correspondientes.

2.4.1.3. **Peso unitario seco y compactado del agregado (NTP 400.017)**

Estos ensayos tuvieron como objetivo encontrar los parámetros de los agregados, parámetros los cuales nos sirvieron para establecer el volumen y la densidad de las mismas, ya que tanto la arena como la piedra chancada son materiales indispensables en la construcción de estructuras.

Los resultados de estos datos son importantes también para para la elaboración de mezclas de concreto idóneas y de alta calidad en el mundo de la construcción.

Materiales y equipos

- Material agregado grueso y/o fino con una cantidad suficiente que sobrepase la

capacidad del molde.

- Balanza con una precisión de 0.1%.
- Varilla compactadora: Una varilla lisa redonda de acero de 5/8” de diámetro y 24” de largo (60 cm aproximadamente), teniendo un extremo o ambos redondeados a una punta semiesférica de 5/8” de diámetro.
- Recipiente volumétrico (molde).
- Cucharón metálico

Procedimiento peso unitario seco (PUS) para agregado fino y grueso

- Se estableció el peso del molde.
- Sobre una bandeja metálica nivelada, se colocó el molde.
- Con el uso del cucharón metálico se llevó el agregado hacia molde dejando caer el agregado desde una altura que no excedió las 2” esta acción se repitió hasta que rebasó el material del molde.
- Se niveló con la varilla hasta que el agregado quedo a ras del molde.
- Se pesó el molde más el agregado, anotando así el valor obtenido en kg.
- Este procedimiento se realizó 2 veces más (agregado grueso y fino) y se obtuvo un promedio.

Procedimiento peso unitario compactado (PUC) para el agregado fino y grueso

- Se estableció el peso del molde.
- Sobre una bandeja metálica nivelada, se colocó el molde.
- Se llenó el molde con agregado hasta un tercio de su altura total del molde.
- Se compactó el primer volumen de agregado con la varilla de 5/8” de diámetro,

incrustándole 25 golpes.

- Posteriormente se llenó con agregado hasta dos tercios de su altura total del molde y se compacto nuevamente con 25 golpes.
- Seguidamente se llenó el molde de agregado hasta el rebose, aplicando últimos 25 golpes con la varilla.
- Se enrazo el molde con la misma varilla y luego se pesó, obteniendo de esta manera el peso del material compactado más molde.
- Se realizaron los cálculos correspondientes
- Este proceso se realizó 03 veces para determinar el promedio de los tres valores que se obtuvieron.

2.4.1.4. Peso específico y absorción

El valor de peso específico representa la relación peso/volumen (con eliminación de vacíos) y la absorción nos da a conocer la cantidad de agua que es capaz de absorber el agregado, el agua almacenada en los poros del árido no es aprovechable por la mezcla de concreto afectando su trabajabilidad y consistencia. Ambos valores son importantes en el cálculo de las proporciones de los materiales en las mezclas de concreto. La aplicación de la norma NTP 400.021 para agregado grueso y NTP 400.022 para el agregado fino tiene como propósito utilizar estos valores para el cálculo y corrección de diseño de dosificación de mezcla además del control de uniformidad de las características del material.

Agregado grueso (NTP 400.021)

Materiales y equipos

- Muestra de agregado grueso

- Balanza
- Franela
- Taras
- Canastilla metálica
- Tanque con agua

Procedimiento

- Primero se seleccionó la muestra de agregado grueso.
- Se lavo la muestra y se sumergió en agua durante 24 horas.
- Se retiró el agregado y se secó con una franela, para que éste se encuentre en estado saturado superficialmente seco (SSS).
- Se peso una tara donde se colocó el agregado
- Se peso la muestra SSS más la tara.
- El peso sumergido del agregado se obtuvo ingresando la muestra a una canastilla y pesándolo dentro del agua.
- Seguidamente, se colocó la muestra en una tara la cual fue pesada y se llevó al horno a una temperatura 105° C + - 5 durante 24 horas
- Después de 24 horas, se retiró la muestra y se peso
- Se realizaron los cálculos correspondientes.

Agregado fino NTP (400.022)

Materiales y equipos

- Muestra de agregado fino.
- Molde de cono truncado.

- Apisonador.
- Balanza.
- Taras.
- 01 fiola de 1000 ml.
- Agua

Procedimiento

- Primero se seleccionó la muestra de agregado fino.
- Se lavó la muestra y se sumergió en agua durante 24 horas.
- Después de 24 horas, se secó a la intemperie para que éste se encuentre en estado saturado superficialmente seco (SSS).
- En un cono metálico truncado con un apisonador, se ingresó el agregado hasta que rebasó el cono, luego se compacto 25 golpes, posterior se engraso y finalmente el cono fue levantado para así verificar si el agregado estaba o no en estado saturado superficialmente seco.
- Seguido a ello se pesó una tara en donde se colocó el agregado.
- Se peso la muestra en estado superficialmente seco SSS (500gr) con la tara.
- Después se pesó la fiola, se llenó de agua la fiola 1000ml y se pesó, obteniendo así el peso de la fiola más el agua.
- Después se vació un poco del agua que se encontraba en la fiola y se introdujo 500gr de agregado.
- Luego se agito la fiola por un tiempo de 20 minutos, después se llenó la fiola con agua hasta los 1000ml y se pesó.

- Se introdujo el material que se encontraba en la fiola a una tara y se colocó en el horno durante 24 horas, posteriormente se sacó el material y se pesó.
- Se realizaron los cálculos correspondientes.

2.4.1.5. Asentamiento del concreto (ASTM C-143/NTP 339.035)

Es un ensayo empírico, el cual nos determinó la trabajabilidad del concreto en estado fresco y para ello se utilizó un molde en forma de cono midiendo la deformación vertical del concreto. Este ensayo es importante para asegurar que la consistencia sea la correcta a sus especificaciones y así tener una mejor colocación y compactación del concreto en el lugar de trabajo. Si el concreto es demasiado rígido o en su caso demasiado fluido, puede impactar negativamente la calidad y por ende la resistencia del concreto produciendo futuros problemas como segregación o agrietamiento, en tal sentido, este ensayo es fundamental para asegurar la calidad, resistencia y durabilidad de las estructuras de concreto.

Materiales y equipos

- Cono de Abrams.
- Varilla metálica de compactación.
- Cucharón.
- Regla o wincha.

Procedimiento

- Se colocó el cono de Abrams con la base de mayor diámetro hacia abajo y se pisó las aletas inferiores para que quede bien sujeto. La superficie fue plana, firme, horizontal, no absorbente y levemente humedecida.
- Luego se realizó el llenado de concreto dentro del cono de Abrams en tres capas

aproximadamente iguales, por cada capa se compactó el concreto con una barra de acero de 16mm de diámetro terminada en una punta cónica. La compactación se hizo por cada capa con 25 golpes de la varilla distribuidos dentro del diámetro del cono y penetrando la varilla en el espesor de la capa.

- Posterior de haber llenado las dos capas, la tercera capa se llenó hasta rebasar la superficie y se aplicó el procedimiento de los 25 golpes para luego ser enrazado con la varilla. Se retiró el concreto que cayó alrededor de la base del cono.
- Se retiró el cono hacia arriba con un movimiento continuo, sin movimientos laterales, ni golpes, ni torsión o vibraciones.
- Por último se colocó el molde invertido al lado del cono formado por el concreto, y se midió la diferencia de altura de ambos, para esta medición se tomó en cuenta el centro del cono formado por el concreto.

Tabla 8

Tipo de concreto según su asentamiento

Tipo de concreto	Asentamiento
Consistente o seco	0” a 2” (0 a 5 cm)
Plásticos	3” a 4” (7.5 a 10 cm)
Fluidos	5” a más (12.5 cm a más)

Nota. La tabla nos muestra la clasificación que se dará al concreto el cual se determina según su asentamiento, ya sea en pulgadas o centímetros.

2.4.1.6. Ensayo a compresión (ASTM C-39/NTP 339.034)

Este ensayo consistió en ejecutar una fuerza de compresión axial a la base de la probeta con una determinada velocidad hasta que esta falle. Los resultados de los ensayos de resistencia a compresión se emplean básicamente para corroborar que la mezcla de concreto empleado cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada, $f'c$, adicionalmente se pueden dar uso para un control de calidad especificado, para aceptación del concreto o estimar la resistencia de la misma.

Materiales y equipos

- Prensa hidráulica.
- Placas metálicas.
- Cucharón.
- Tapas de neopreno.
- Vernier.

Procedimiento

- Con el uso de probetas cilíndricas de concreto manteniendo sus dimensiones en una relación de diámetro igual a uno y altura dos veces el diámetro, se identificó las probetas de concreto a ensayar para determinar la resistencia a compresión.
- Con ayuda del vernier se realizó lecturas en dos diferentes partes, para calcular su sección circular de la probeta.
- Se aplicó una carga axial a una velocidad constante hasta que el testigo falló.
- La fórmula para estimar la resistencia a compresión de las probetas de concreto que se utilizó fue la siguiente:

$$f'c \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{esfuerzo}{\acute{a}rea}$$

$$\acute{a}rea (cm^2) = \frac{\pi d^2}{4}$$

2.4.1.7. Ensayo a flexión (ASTM C-293/NTP 339.079)

Es una medida de resistencia a la falla de una viga o losa de concreto no reforzada. Se estima a través de la aplicación de cargas a vigas de concreto de sección transversal. La resistencia a la flexión se conoce como el Módulo de Rotura (MR). El MR se aproxima entre 10% y el 20% de los resultados de la resistencia a compresión, dependiendo del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación es obtenido mediante ensayos en laboratorio. El ensayo MR que se realiza por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el ensayo MR que se realiza por la viga cargada en el punto medio a veces hasta en un 15%. El ensayo de flexión MR se utiliza para el control de campo y también para la aceptación de los pavimentos, utilizándose muy poco para el concreto estructural.

Materiales y equipos

- Prensa de flexión.
- Censor y monitor de carga.
- Balanza.
- Vigas de concreto prismáticas.
- Regla metálica.
- Flexómetro.

Procedimiento

- Para la realización del ensayo primero se extrajo las vigas del lugar de curado.
- Se limpio la viga prismática y se midió dejando 1” en cada extremo, de igual modo se midió la altura, ancho y se marcó el centro de la viga.
- Posterior se colocó la viga sobre los rodillos, haciendo contacto entre la viga y los rodillos de aplicación de carga.
- Finalmente se procedió a ensayar la viga prismática con una carga constante hasta que se logró su rotura.
- Para el cálculo de resistencia a la flexión se tuvo en cuenta si es que la rotura se encontraba dentro centro y si esto no sucedía se rechazaba el ensayo.

La fórmula que se utilizó para estimar la resistencia a la flexión MR en el punto medio es la que se detalla a continuación:

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Donde:

Mr: Módulo de rotura (kg/cm²).

P: Carga máxima de rotura (kg).

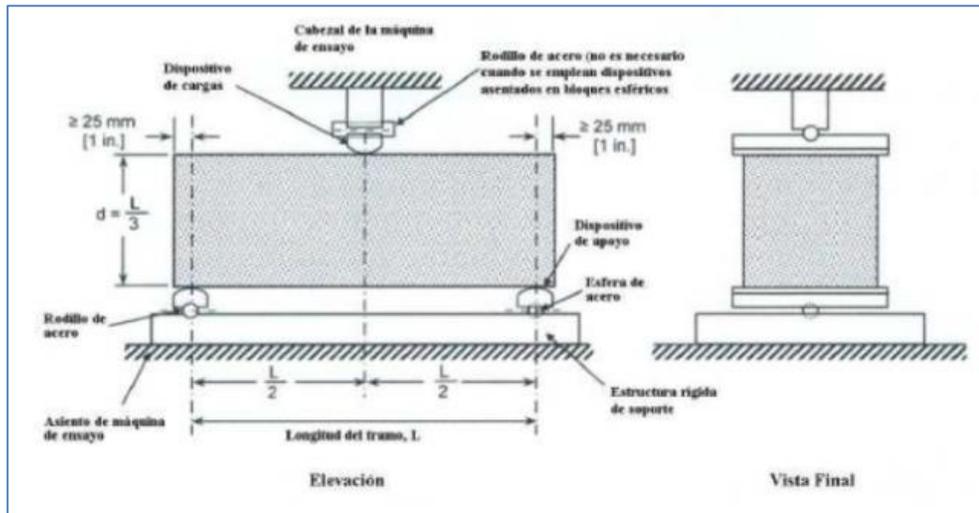
L: Longitud del tramo (cm).

b: Ancho promedio de la viga en la sección de falla (cm).

h: Altura promedio de la viga en la sección de falla (cm).

Figura 2

Diagrama de un dispositivo adecuado para la prueba de flexión del concreto por el método de carga en el punto medio



Nota. La figura nos indica las distancias que serán calculadas para realizar un correcto ensayo a flexión del concreto en vigas prismáticas.

Según ASTM C293. Carga en el punto medio. Toda la carga se aplica en el centro de la luz. En consecuencia, el módulo de rotura de este ensayo será mayor a comparación del ensayo en la que se aplica la carga en los puntos tercios. La tensión máxima está presente sólo en el centro de la viga. (NRMCA, 2020)

2.4.1.8. Ensayo a tracción (ASTM C-496/NTP 339.084)

La función de este ensayo se determina en aplicar la fuerza de compresión a lo largo de un espécimen o probeta cilíndrica de concreto hasta el punto en que este falle por la longitud de su diámetro. Esta carga impulsa esfuerzos de tensión en el plano donde se aplica y esfuerzos a la compresión en el área donde la carga es aplicada. Por consiguiente, la falla

de tracción sucede antes que la falla de compresión. (Huerta Campos, 2016)

La fórmula para estimar la resistencia a la tracción es la que se detalla a continuación:

$$R_t = \frac{2P}{\pi DL}$$

Donde:

Resistencia a la tracción o tensión indirecta de un cilindro en (kg/m²)

P = Carga máxima aplicada (kg)

L = Longitud promedio de las probetas (cm)

D = Diámetro promedio de las probetas(cm)

Para el desarrollo de la investigación este ensayo se calculó considerando que, la resistencia a la compresión simple se establece mediante la realización de un ensayo de laboratorio, en tal sentido la resistencia a la tracción suele expresarse en función de ésta, existiendo una variedad de modelos matemáticos propuestos que han permitido expresar la resistencia la tracción como una función de la resistencia a la compresión simple. Por lo tanto, el modelo matemático que tomamos para el cálculo correspondiente fue el siguiente:

$$f_{ti} = \alpha * f_c^\beta$$

Siendo:

f_{ti} = resistencia del hormigón a la tracción indirecta;

f_c = resistencia del hormigón a la compresión simple;

α y β son parámetros del modelo determinados sobre una base experimental.

En esta ecuación, (American Concrete Institute ACI, 2008) recomienda un valor de 6 para α (f_{ti} y f_c en psi) y aproximadamente igual a 0,50 (f_{ti} y f_c en MPa); el mismo código establece un valor de β igual a $\frac{1}{2}$. Por su parte (Comité Europeo del hormigón CEB) recomienda 1,43 (f_{ti} y f_c en psi) y aproximadamente igual a 0,28 (f_{ti} y f_c en MPa), en tanto que, β toma un valor igual a $\frac{2}{3}$ (Benitez Reynoso, 2005).

Finalmente, los cálculos realizados en tracción para nuestra investigación fueron en MPa con las recomendaciones del (American Concrete Institute ACI, 2008) quien toma 0.5 para “ α ” y $\frac{1}{2}$ para “ β ”.

2.5. Aspectos éticos

El desarrollo de esta investigación es autentico, no es réplica de otros estudios, en tal sentido la finalidad es aportar con información adecuada tanto a estudiantes como a ingenieros que están en la industria de la construcción sobre la influencia del poliestireno en el concreto haciendo un concreto mas sostenible y la cual también puede ser una alternativa para construir y reducir costos.

Las normas que se utilizaron para la presente investigación se detallan a continuación:

Normas utilizadas

- NTP 339.185: Contenido de Humedad
- NTP 400.012: Granulometría agregados gruesos y finos.
- NTP 400.017: Peso unitario seco y compactado del agregado.
- NTP 400.021: Peso específico y absorción del agregado grueso.
- NTP 400.022: Peso específico y absorción del agregado fino.
- NTP 339.035/ASTM C-143: Asentamiento del concreto.

- NTP 339.034/ ASTM C-39: Ensayo a compresión.
- NTP 339.079/ASTM C-293: Ensayo a flexión.
- NTP 339.084/ASTM C-496 Ensayo a la tracción.

Para la realización de los ensayos que implica todo el estudio correspondiente, se tuvo la guía, acompañamiento y supervisión de nuestro asesor designado para poder así cumplir con nuestros objetivos. En cuanto a los resultados que se dio en este estudio podemos mencionar que son reales y seguros.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultados de los ensayos del agregado fino y grueso

Para la realización de la caracterización de los agregados se utilizó material de la cantera “Los Mellizos” el cual está ubicada en el distrito de Huanchaco.

3.1.1. Resultado de caracterización del agregado fino

Para los ensayos de la caracterización del agregado fino se siguieron los procedimientos que establece la NTP que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 9

Resultados de las características físicas del agregado fino

Ensayo	Norma	Resultado	Parámetros
Granulometría (MF)	NTP. 400.012 / ASTM C136	2.7	2.3 - 3.1
Contenido de humedad (%)	NTP. 339.185 / ASTM C566	1.4	-
P.U.S.S. (kg/m ³)	NTP. 400.017 / ASTM C29	1712	1500 - 1800
P.U.C.S. (kg/m ³)	NTP. 400.017 / ASTM C29	1886	1600 - 1900
Peso específico (kg/m ³)	NTP. 400.022 / ASTM C128	2657	2500 - 2900
Absorción (%)	NTP. 400.022 / ASTM C128	4.9	0.2 - 5.0

Nota. En la tabla se muestran los resultados de la caracterización del agregado fino que fueron realizados según la NTP observado que todos los resultados se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

3.1.2. Resultado de caracterización del agregado grueso

Para los ensayos de la caracterización del agregado grueso se siguieron los procedimientos que establece la NTP que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 10

Resultados de las características físicas del agregado grueso

Ensayo	Norma	Resultado	Parámetros
Tamaño Máximo Nominal (TMN)	NTP 400.012 / ASTM C136	3/4"	-
Contenido de humedad (%)	NTP. 339.185 / ASTM C566	2.8	-
P.U.S.S. (kg/m ³)	NTP. 400.017 / ASTM C29	1556	1500 - 1800
P.U.C.S. (kg/m ³)	NTP. 400.017 / ASTM C29	1739	1600 - 1900
Peso específico (kg/m ³)	NTP. 400.022 / ASTM C127	2525	2500 - 2900
Absorción (%)	NTP. 400.022 / ASTM C127	3.4	0.2 - 5.0

Nota. En la tabla se muestran los resultados de la caracterización del agregado grueso que fueron realizados según NTP obteniendo 3/4” como tamaño máximo nominal, también se observa que las demás características se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

3.2. Resultado del diseño de mezcla para un concreto f'c = 210 kg/cm2

Este procedimiento se realizó siguiendo el método de diseño de concreto recomendado por el ACI (American Concrete Institute). Comité 211.1 para un concreto con resistencia a la compresión f'c=210 kg/cm2.

Tabla 11

Resultados del diseño de mezcla para un concreto $f'c=210$ kg/cm²

Material	Unidad	Cantidad	%	Proporción en peso
Cemento Tipo I	Kg/m ³	367.1	16	1.0
Agua	L/m ³	231.7	10	0.6
Agregado fino	Kg/m ³	604.0	26	1.6
Agregado grueso	Kg/m ³	1124.5	48	3.1
Total		2327.4	Kg/m ³	

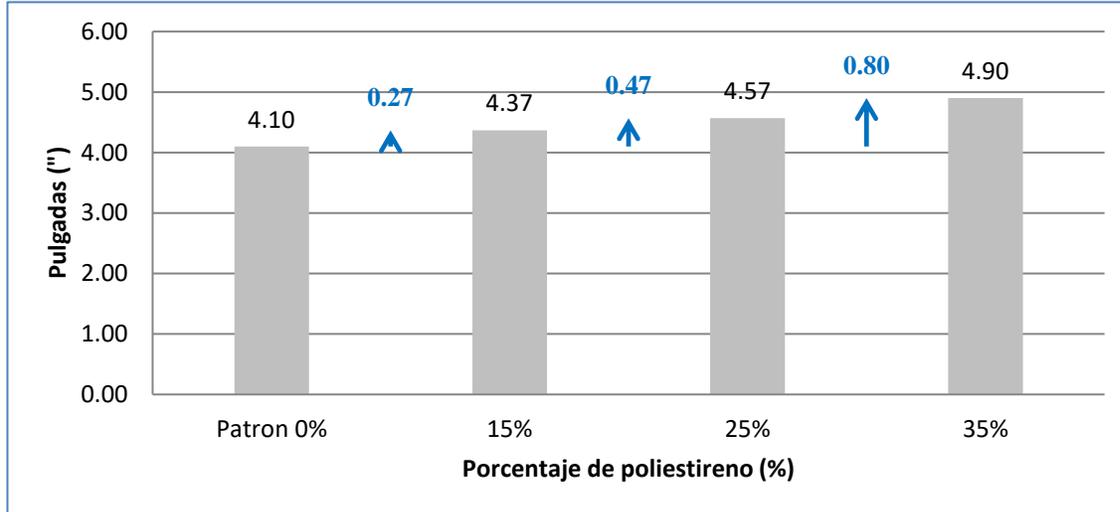
Nota. La tabla nos muestra los materiales con sus proporciones en base al peso del cemento.

3.3. Resultados del asentamiento del concreto (slump)

El ensayo de asentamiento del concreto se realizó siguiendo los procedimientos de la norma NTP 339.035/ ASTM C-143 para el concreto patron y sus modificados a 15%, 25% y 35% de poliestireno en reemplazo del agregado grueso además mencionar que en el diseño de mezcla se consideró un asentamiento - slump de 3” a 4” con una relación de agua/cemento de 0.56. Los detalles de los resultados los podemos encontrar en el Anexo 04 y el resumen de sus resultados lo muestra la figura 2.

Figura 3

Resultados de ensayos de asentamiento del concreto – slump (“)



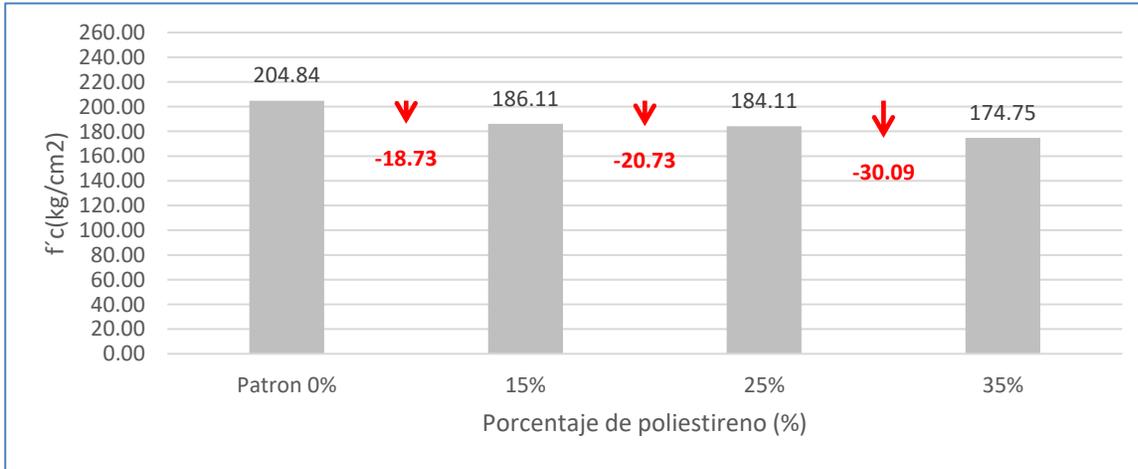
Nota. La figura representa el incremento del slump a medida que se va reemplazando EPS por agregado grueso pasando de una consistencia plástica con 0% de EPS a una consistencia fluida con 35% de EPS.

3.4. Resultados de ensayo de la resistencia a la compresión del concreto (f^c)

Los ensayos de resistencia a la compresión que se realizaron se utilizaron los procedimientos establecidos por la NTP 339.034/ ASTM C39 para las probetas cilíndricas de concreto patron y con adición de perlas de poliestireno 15%, 25% y 35% en reemplazo del agregado grueso, las cuales fueron ensayadas a los 14 y 28 días, obteniendo de esta manera un promedio por cada porcentaje. Los detalles de las pruebas ensayadas a compresión tanto a los 14 días como a los 28 días se encuentran en el Anexo 5.

Figura 4

Resultados de ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días



Nota. La figura nos detalla valores negativos de resistencia en función del resultado del concreto patron a media que se sustituye EPS por agregado grueso

Tabla 12

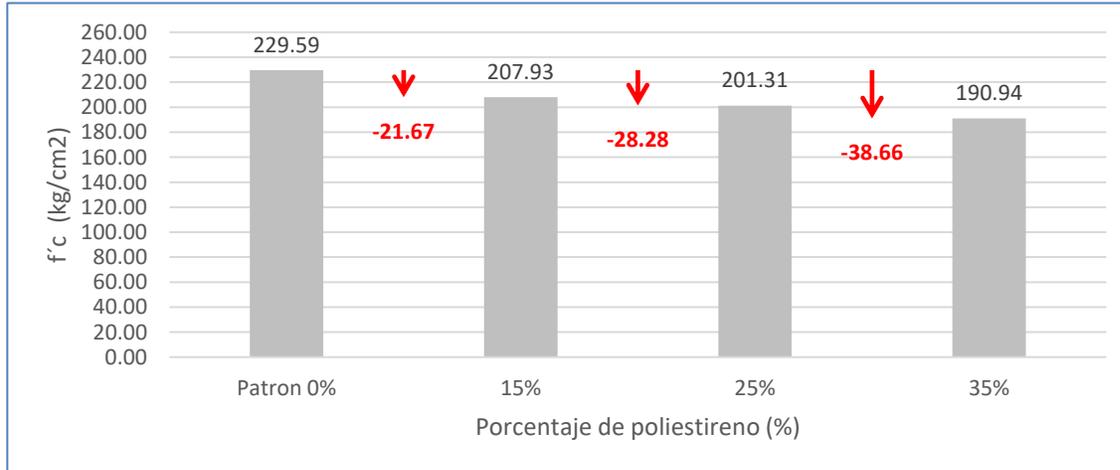
Análisis de varianza resistencia compresión del concreto patron y experimentales a los 14 días

Origen de las variaciones	Suma de los cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre los Grupos	1429.67896	3	476.559653	14.0767801	0.00147895	4.06618055
Dentro de los grupos	270.834467	8	33.8543083			
Total	1700.51343	11				

Nota. En la tabla se muestra que el valor de P es menor que 0.05 nuestro nivel de significancia, además que el valor Fcalculado es mayor al valor de Fcrítico, por lo tanto, existe diferencias significativas entre las resistencias a compresión del concreto y las experimentales a los 14 días.

Figura 5

Resumen de ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días



Nota. La figura nos detalla decrecimientos de resistencia en función del del concreto patron.

Tabla 13

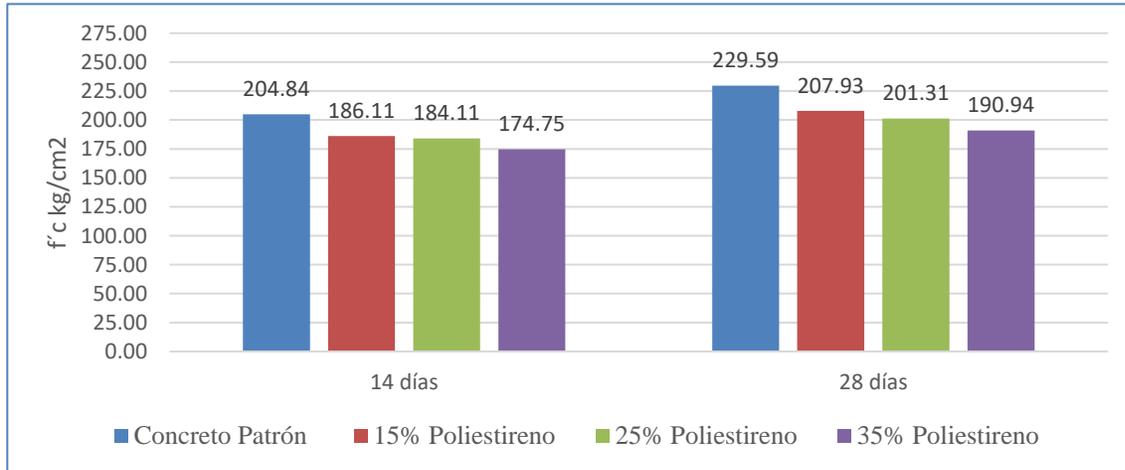
Análisis de varianza resistencia compresión del concreto patron y experimentales a los 28 días

Origen de las variaciones	Suma de los cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre los Grupos	2402.70916	3	800.903053	92.2358444	1.5168E-06	4.06618055
Dentro de los grupos	69.4656667	8	8.68320833			
Total	2472.17483	11				

Nota. En la tabla se muestra que el valor de P es menor que 0.05 nuestro nivel de significancia, además que el valor Fcalculado es mayor al valor de Fcrítico, por lo tanto, existe diferencias significativas entre las resistencias a compresión del concreto patron y las experimentales.

Figura 6

Resumen de resultados del ensayo a la compresión (f^c) 14 y 28 días



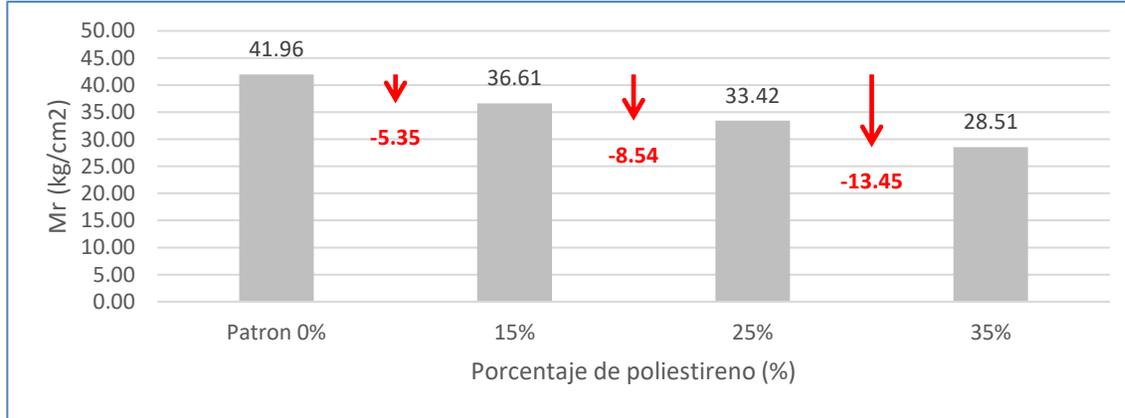
Nota. La figura nos muestra cómo va decayendo la resistencia a compresión (f^c) del concreto en sus ensayos realizados a los 14 y 28 días del concreto patrón y los modificados con poliestireno.

3.5. Resultados de ensayo de la resistencia a la flexión del concreto (Mr)

En los ensayos de resistencia a la flexión (Mr) que se realizaron se utilizaron los procedimientos establecidos por la NTP 339.079/ASTM C293 para las vigas prismáticas del concreto patrón y con adición de perlas de poliestireno 15%, 25% y 35% en reemplazo del agregado grueso quienes fueron ensayadas a los 28 días. Los detalles de los resultados de los ensayos a flexión se encuentran en el Anexo 6 y el resumen se muestra en la figura 6.

Figura 7

Resultados de ensayo de resistencia a la flexión (Mr) a los 28 días



Nota. La figura nos detalla decrecimientos de resistencia a flexión en función del concreto patron.

Tabla 14

Análisis de varianza resistencia a la flexión del concreto patron y experimentales a los 28 días

Origen de las variaciones	Suma de los cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre los Grupos	286.592367	3	95.5307889	25.1184188	0.00020062	4.06618055
Dentro de los grupos	30.4257333	8	3.80321667			
Total	317.0181	11				

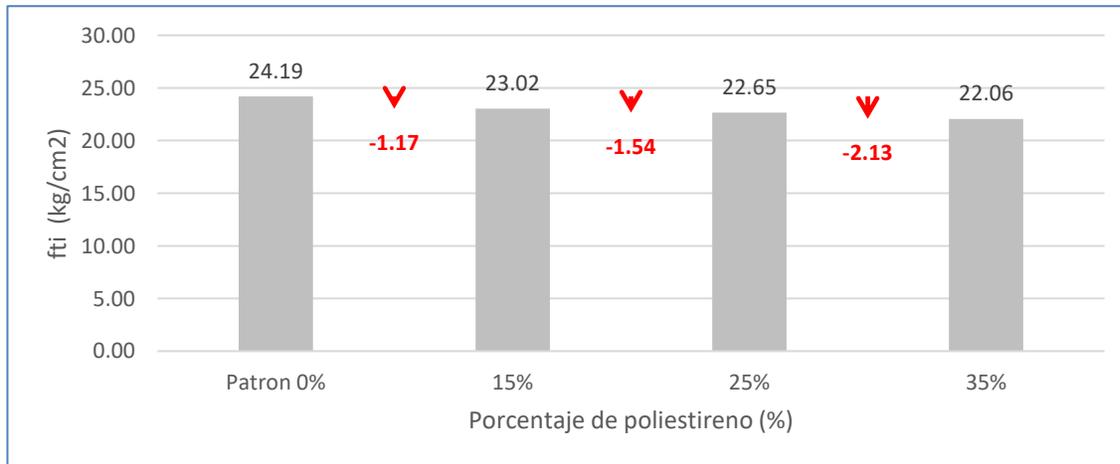
Nota. En la tabla se muestra que el valor de P es menor que 0.05 nuestro nivel de significancia, además que el valor Fcalculado es mayor al valor de Fcrítico, por lo tanto, existe diferencias significativas entre las resistencias a flexión del concreto patron y las experimentales.

3.6. Cálculos de resistencia a tracción del concreto (fti)

Los cálculos de resistencia a la tracción indirecta (fti) que se desarrollaron fue en función de los resultados de la resistencia a compresión (f^c) a la edad de 28 días aplicando la ecuación recomendada por el (American Concrete Institute ACI, 2008). Los detalles de los cálculos se encuentran en el Anexo 7 y el resumen de los resultados se muestran en la figura 7.

Figura 8

Resumen del cálculo resistencia a la tracción (fti) en función a los resultados de la resistencia a la compresión.



Nota. La figura nos detalla el resumen de los resultados de resistencia a la tracción indirecta calculada en base a los f^c alcanzado a los 28 días, además la disminución de resistencia a medida que se incrementa el porcentaje de poliestireno llegando hasta un 2.13 kg/cm² menos de resistencia al 35% de sustitución.

Tabla 15

Análisis de varianza resistencia a la tracción en base a los resultados de la resistencia a compresión a los 28 días

Origen de las variaciones	Suma de los cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre los Grupos	7.26883333	3	2.42294444	89.9329828	1.6729E-06	4.06618055
Dentro de los grupos	0.21553333	8	0.02694167			
Total	7.48436667	11				

Nota. En la tabla se muestra que el valor de P es menor que 0.05 nuestro nivel de significancia, además que el valor Fcalculado es mayor al valor de Fcrítico, por lo tanto, existe diferencias significativas entre las resistencias a tracción del concreto patron y las experimentales a los 28 días.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Para el asentamiento del concreto, Martínez (2022) en su investigación quien reemplazó agregado grueso por perlas de poliestireno, un diseño de 250.00 kg/cm² y una relación de a/c de 0.62 obtuvo un slump de 3 ¼" para el concreto patron y para el modificado al 10% y 20% un slump de 4" y 7" estos datos que al ser comparados con Mondragón (2020) quien en su estudio con un diseño de 210 kg/cm² y sustituciones de poliestireno al agregado grueso en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se afirma el incremento, ya que obtuvo como resultado un asentamiento de 4" para concreto patron y de 4.2", 4.4" y 4.6" par las sustituciones de 5%, 10% y 15% de poliestireno. Por lo cual, en nuestro estudio podemos confirmar lo descrito por los autores ya que nuestros resultados de asentamiento para el concreto patron y porcentajes de 15%, 25% y 35% de perlas poliestireno por agregado grueso también tienen un incremento siendo 4.10", 4.37", 4.57" y 4.90" respectivamente. Por lo que podemos determinar que a mayor porcentaje de perlas de poliestireno el slump o asentamiento aumenta pasando de un concreto plástico a un concreto fluido siendo uno de los factores del aumento de slump la propiedad del poliestireno, ya que es un material hidrofugo.

Para la resistencia a compresión, Martínez (2022) en su estudio sobre la influencia de poliestireno en las propiedades del concreto estructural con diseño f'c=250 kg/cm² y modificado con dosificaciones de 10% y 20% de perlas de poliestireno en función del agregado grueso determinó que el 10% de sustitución fue el más optimo ya que obtuvo resultados de 293.67 kg/cm² para el concreto patron, 268.33kg/cm² para el modificado al 10% y 206.67 kg/cm² para el modificado al 20% mientras que Mondragón (2020) en su estudio con sustituciones de 5%, 10%, 15% de poliestireno en reemplazo del agregado grueso concluyó que 5% y 10% cumplen con su

diseño de 210 Kg/cm² siendo sus resultados de 221.04kg/cm² para el concreto patron, 217.21kg/cm² para el modificado al 5%, 210.83kg/cm² para el modificado al 10% y 184kg/cm² para el modificado al 15%, a su vez Tinoco, A. (2019) en su investigación con sustitución parcial en volumen del agregado grueso en 10%, 20%, 30% por partículas de Tecnopor para un diseño de f'c=280 Kg/cm² obtuvo que el 10% y 20% cumplen con su diseño planteado siendo sus resultados de 294.44kg/cm² para el concreto patron, 290.45kg/cm² para el modificado al 10%, 281.10kg/cm² para modificado al 20% y 269.54kg/cm² para el modificado al 30%. Por consiguiente, vemos que lo descrito por los autores en su mayoría cumplen con su diseño planteado hasta el 20% de sustitución de perlas de poliestireno por agregado grueso, pero no reflejan aumento de resistencia por encima de sus resultados del concreto patron en ninguno de sus porcentajes de sustitución el cual en nuestro estudio también obtuvimos disminución de resistencia y los porcentajes de sustitución no cumplen con el diseño planteado siendo nuestros resultados para un diseño de f'c=210kg/cm² y sustituciones de 15%, 25% y 35% de perlas de poliestireno por agregado grueso de 229.59kg/cm² para el concreto patron, 207.93kg/cm² para el modificado al 15%, 201.31kg/cm² para el modificado al 25% y 190.94kg/cm² para el modificado al 35%.

Para la resistencia a flexión Martínez (2022) quien determinó disminuciones de resistencia a medida que se reemplaza el poliestireno por agregado grueso siendo sus resultados promedio de 35.46 kg/cm² para el concreto patron, 31.83 kg/cm² y 31.50 kg/cm² para los modificados al 10% y 20%. En tanto Mondragón (2020) en su estudio si determinó un ligero incremento de resistencia cuando reemplaza 5% de perlas de poliestireno al agregado grueso siendo sus resultados de 58.12 Kg/cm² para el concreto patron, para los modificados al 5%, 10% y 15% fueron de 59.86 kg/cm², 56.08 kg/cm² y 53.94 kg/cm² respectivamente. Por consiguiente, en nuestro estudio podemos

confirmar lo de Martínez (2022) ya que nuestros resultados de resistencia a la flexión (M_r), obtenido a los 28 días para el concreto patron fue de 41.96 kg/cm², para el modificado al 15% de 36.61kg/cm², para el modificado de 25% de 33.42kg/cm² y el modificado al 35% de 28.51kg/cm².

En caso de la resistencia a la tracción Mondragón (2020), quien al evaluar la influencia del poliestireno en las propiedades físico – mecánicas del concreto para una resistencia $f'c=210$ kg/cm² obtuvo resultados para el concreto patron de 17.36 kg/cm², para los modificados al 5%, 10% y 15% poliestireno por agregado grueso fueron de 19.14 kg/cm², 16.62 kg/cm² y 14.28 kg/cm² observándose un ligero incremento de resistencia al sustituir 5% de EPS. Por el contrario, Villareal & Toro (2019) quien analizo las propiedades físico-mecánicas entre un hormigón alivianado con poliestireno expandido y un hormigón de peso normal reemplazando poliestireno por agregado fino en porcentajes de 20%, 30%, 40% y 50% y con un diseño $f'c= 240$ kg/cm², no obtiene ningún aumento de resistencia puesto que sus dosificaciones empiezan a partir de 20% y sus resultados fueron de 34.63kg/cm² para el concreto patron, 29.52kg/cm² para el modificado al 20%, 27.51kg/cm² para el modificado al 30%, 24.40kg/cm² para el modificado al 40% y 21.94kg/cm² para el modificado al 21.94%. por consiguiente, en nuestro estudio podemos coincidir con Mondragón (2020) ya que a partir del 10% de sustitución encuentra disminución de resistencia y afirmar lo de Villareal & Toro (2019) que en todos sus porcentajes disminuye su resistencia a la tracción siendo nuestros resultados calculados de (f_{ti}) para el concreto patron de 24.19kg/cm², para el modificado al 15% de 23.02kg/cm², para el modificado al 25% de 22.65Kg/cm² y el modificado al 35% de 22.06kg/cm².

4.1.1. Limitaciones

Dentro de las limitaciones que se tuvo en la investigación tenemos las siguientes:

- Carencia de antecedentes internacionales sobre investigaciones referentes a sustituciones perlas de poliestireno por agregado grueso y su influencia a las propiedades mecánicas del concreto.
- Falta de realización de ensayos de resistencia a tracción por parte de los laboratorios en la ciudad de Trujillo, ya que no es muy comercial y lo llevan siempre al cálculo.

4.1.2. Implicancias

Dentro de las implicancias podemos mencionar las siguientes:

- En base a los resultados de los cálculos que se realizaron para determinar la resistencia a la tracción simple del concreto, implicó la revisión del modelo matemático que se aplicaría para obtener la misma.
- La mayoría de tesis nacionales revisadas muestran resultados de resistencia a la flexión en base a la norma ASTM C78/NTP 339.078 quien determina que el ensayo se realiza con cargas en los puntos tercios, por tal motivo implicó la revisión de normas para nuestro caso que es aplicada la carga en el punto medio que corresponde a ASTM C293/NTP 339.079

4.2. Conclusiones

Después de hacer un análisis a los resultados obtenidos, se observó que la sustitución de distintos porcentajes de agregado grueso por perlas de poliestireno, afecta negativamente y de manera gradual a las propiedades mecánicas del concreto en su resistencia a la edad de 28 días. En base a lo expuesto se determina los siguiente:

- Se elaboro un diseño de mezcla para una resistencia de $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ empleando el método ACI 211.
- Se determino el porcentaje adecuado de perlas de poliestireno por agregado grueso, siendo el 15% el más cercano al diseño con 207.93 kg/cm^2 , pero ninguno de los porcentajes cumple con el diseño establecido $f'c=210\text{kg/cm}^2$.
- Los ensayos realizados al concreto patron y concreto modificado en estado fresco para el diseño de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ determinaron que la sustitución de ésta influye directamente en la trabajabilidad del concreto experimental puesto que la mezcla se vuelve más fluida aumentando el asentamiento de 4.10" hasta 4.90"
- Los ensayos a la resistencia a compresión para un diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días alcanzo resultados de 229.59kg/cm^2 para el concreto patron y para la modificado al 15% de perlas de poliestireno por agregado grueso 207.93kg/cm^2 presentando una disminución de resistencia de 21.67 kg/cm^2 respecto al patron, para el modificado al 25% se obtuvo 201.31kg/cm^2 esto representa una disminución de resistencia de 28.28kg/cm^2 respecto al resultado del concreto patron y el modificado al 35% arrojo resultados de 190.94kg/cm^2 con una disminución de resistencia significativa de 38.66kg/cm^2 . El cual se determina que la resistencia del concreto modificado en sus diversos porcentajes de sustitución no incrementa la resistencia a compresión de diseño $f'c=210\text{kg/cm}^2$.
- La resistencia a la flexión (M_r) a los 28 días alcanzó resultados de 41.96kg/cm^2 para el concreto patron, para el modificado al 15% presento una resistencia menor llegando a los 36.61kg/cm^2 , para el modificado al 25% disminuyo a 33.42kg/cm^2 y

para el modificado al 35% la resistencia decae hasta 28.51kg/cm².

- Los cálculos que se realizaron para la resistencia a la tracción (fti) en función a los resultados promedio de la resistencia a la compresión a los 28 días nos arrojaron 24.19 kg/cm² para el concreto patron, para el modificado al 15% una resistencia de 23.02 kg/cm², para el modificado al 25% una resistencia de 22.65 kg/cm² y para el modificado al 35% una resistencia de 22.06 kg/cm².

4.3. Recomendaciones

- Los concretos que son reemplazados en diferentes proporciones por perlas de poliestireno son una alternativa que se puede usar en elementos no estructurales como veredas, solados, falso piso, contrapiso, zanjas de cimentación, sobrecimientos u otros elementos que no soporten cargas importantes, siendo además una alternativa de concreto estructural en construcciones pequeñas, sin grandes luces o proyectos de vivienda social.
- En estructuras con cargas importantes no es recomendable por el momento utilizar concreto con perlas de poliestireno ya que no se han demostrado estudios de comportamiento de acero y concreto con poliestireno en diferentes porcentajes.
- Se recomienda la evaluación de nuevas investigaciones en porcentajes menores de poliestireno en reemplazo del agregado grueso a lo indicado en el presente estudio, además de inferir con las diferentes canteras existentes en la ciudad de Trujillo.
- Se recomienda realizar una evaluación a las resistencias que experimentaría al reemplazar perlas de poliestireno no al agregado grueso sino al agregado fino en diferentes porcentajes, de la misma manera utilizando perlas de poliestireno en otros

tamaños y densidades.

- Finalmente, se recomienda realizar estudios sobre las propiedades del poliestireno y su influencia en el concreto, como la capacidad de estas al comportarse como aislantes térmicos, su capacidad acústica, su resistencia al fuego, etc.

Referencias

- Abanto, F. (2001). *Tecnología del Concreto*. San Marcos. <https://aportesingecivil.com/tecnologia-del-concreto-flavio-abanto-castillo/>
- Alvarado, J. (s.f.). *Cracterísticas del concreto - Agregados para el concreto- Granulometría*. <https://www.construaprende.com/docs/trabajos/305-caracteristicas-concreto?start=5>
- Aramayo, G., Buncuya, V., Cahuapé, M., Forgione, F., & Navarrete, A. (2003). *Hormigones con Agregados Livianos* [Archivo PDF]. www.fceia.unr.edu.ar/materialescivil/Monografias/03.01.03-Hormigones%20con%20Agregados%20Livianos.PDF
- Avalos, K. (2020). *Influencia del superplastificante y poliestireno expandido en un concreto ligero en losas sobre, conductividad acústica, asentamiento y compresión* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_8686dd3d91d0ebb3eda14a6ab60dbf2e
- Benitez Reynoso, A. (2005). *Relación resitencia a la tracción - resistencia a la compresion simple en el hormigon* [Archivo PDF]. <https://jornadasaie.org.ar/jornadas-aie-antiores/2010/contenidos/trabajos/tema-o/035.pdf>
- Chaiña, N., & Larino, R. (2021). *Influencia del poliestireno expandido en la resistencia a la compresión, densidad y aislamiento térmico en unidades de albañilería de concreto en muros portantes en Tacna, 2021* [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional de la UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2161>

- Chuquizapon, K., & Ibañez, C. (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*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la UPN. <https://hdl.handle.net/11537/24149>
- Cofre Alvarado, A. (2003). *Bovedillas de EPS (Poliestireno Expandido): Una Alternativa para la Construcción de Losas Prefabricadas* [Tesis de Licenciatura, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/bmfcic675b/sources/bmfcic675b.pdf>
- Eddy, H. (13 de 04 de 2011). *Notas de Concretos*. <https://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/concreto-recien-mezclado.html>
- ElDiario.es (4 de marzo de 2019). *El cemento: el material más destructivo de la tierra*. https://www.eldiario.es/internacional/theguardian/cemento-material-destructivo-tierra_1_1675968.html
- Elera, F., & Maldonado, R. (2021). *Adoquines de concreto liviano incorporando poliestireno para veredas y áreas recreativas Jaén – 2020* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Jaen]. Repositorio Institucional de la UNJ. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/406>
- Enriquez, V., & Orbegoso, J. (2020). *Diseño de un concreto celular con la aplicación de perlas poliestireno para mejorar la resistencia a compresión. Tarapoto, 2020* [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional de la UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/54623>
- Erasso, D., Quimbay, C., & Méndez, M. (2021). *Uso poliestireno expandido como agregado al concreto* [Tesis de Licenciatura, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional de la UCC. <http://hdl.handle.net/20.500.12494/43638>

- Garay, L., & Quispe, C. (2016). *Estudio del concreto elaborado en los vaciados de techos de vivienda en Lima y Evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante* [Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7625>
- García, J. (2013). Cálculo del tamaño de muestra en investigación en educación médica. *Investigación en Educación Médica*, 2(8), 217-224. <https://www.elsevier.es/es-revista-investigacion-educacion-medica-343-pdf-S2007505713727157>
- Gomez, J. (2016). El protocolo de investigación III: La población de estudio. *Metodología de la investigación*, 63(2), 201-206. <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, C. (2014). *Metodología de la investigación (6ª edición)* [Archivo PDF]. <https://perio.unlp.edu.ar/catedras/wp-content/uploads/sites/151/2021/08/Hernandez-Sampieri.-Metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Huerta Campos, C. (2 de enero de 2016). *Ensayo a la tracción por compresión diametral de Probetas de Concreto*. <https://civilgeeks.com/2016/01/02/ensayo-a-la-traccion-por-compresion-diametral-de-probetas-de-concreto/>
- Lapa, J. (2020). *Efecto del poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo* [Tesis de Licenciatura, Universidad Continental]. Repositorio Institucional - Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7710>
- Lituma Vicuña, M., & Zhunio Cardenas, B. (2015). *Influencia de las Perlas de Poliestireno Expandido (EPS) en el Peso y en la Resistencia a Compresión del Hormigón* [Tesis de

- Licenciatura, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23112>
- Martinez, A. (2022). *Influencia de perlas de poliestireno expandido en las propiedades del concreto estructural f^c=250kg/cm², San Martín de Porres – Lima 2022* [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional de la UCV.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/98239>
- Mehta, K. (2001). *Reducir el impacto ambiental del hormigón*.
<https://doczz.es/doc/6185556/reducir-el-impacto-ambiental-del-hormig%C3%B3n---u>
- Mobasher, B. (2008). *EE.UU. - Industria de la construcción de hormigón - Materiales a base de cemento e infraestructura civil*.
https://www.researchgate.net/publication/289380931_USA_-_Concrete_construction_industry_-_Cement_based_materials_and_civil_infrastructure
- Mondragón, E. (2020). *Influencia de la fibra de poliestireno en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para una resistencia de 210 y 280 kg/cm²* [Tesis de Licenciatura, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional de la USS.
<https://hdl.handle.net/20.500.12802/8883>
- Murillo, W. (2008). *La investigación científica*. <https://www.monografias.com/trabajos15/investigacion/investigacion#:~:text=Es%20la%20actividad%20de%20b%C3%BAqueda%20que%20se%20caracteriza,o%20emp%C3%ADrico-t%C3%A9cnicos%2C%20y%20se%20desarrolla%20mediante%20un%20proceso.>
- Nawy, E. (1988). *Concreto Reforzado*. Melo S.A.

NRMCA. (04 de 2020). *Resistencia a flexión del concreto [Archivo PDF]*.

<https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP16es.pdf>

Pasquel, E. (1998). *Temas de Tecnología del Concreto en el Perú*. Pasquel Consultores.

<https://www.ingcivilfree.org/2021/03/topicos-de-la-tecnologia-del-concreto.html>

Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Aci Perú.

https://www.academia.edu/43750881/Naturaleza_y_materiales_del_concreto_Enrique_Rivva_L%C3%B3pez

Silvestre A. (2015). *Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales* [Tesis de Licenciatura, Universidad Libre]. Repositorio Institucional de la UN. <https://hdl.handle.net/10901/17131>

Tinoco, A. (2019). *Efecto de la sustitución del agregado grueso por Tecnopor en la densidad y resistencia del concreto* [Tesis de Licenciatura, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional de la USP. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/11413>

Villareal, & Toro. (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 Licenciatura, Pontificia Universidad Católica de Ecuador]. Repositorio Institucional de la PUCE. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/17665>

Anexos

Anexo 01. Panel fotográfico



Ilustración 1 Cantera Huanchaco “Los Mellizos” – Panamericana Norte



Ilustración 2. Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso



Ilustración 3. Ensayo de contenido de humedad del agregado fino

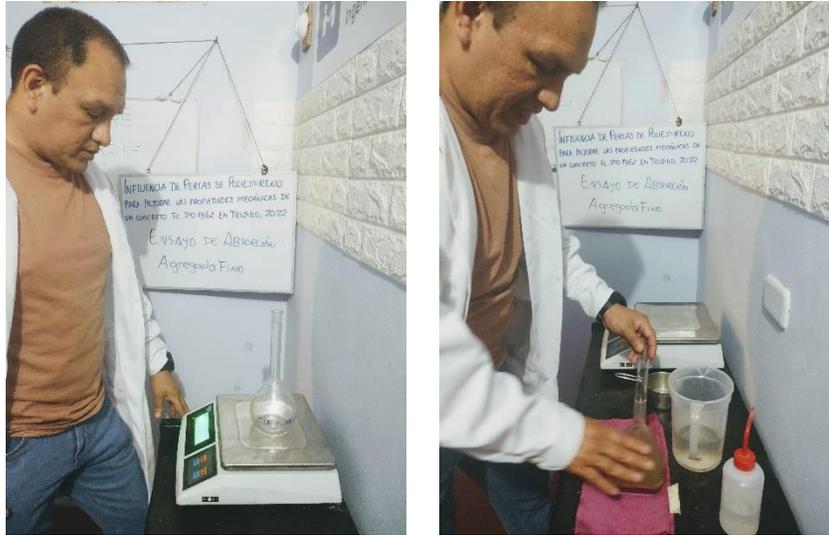


Ilustración 4. Ensayo de absorción de los agregados



Ilustración 5. Ensayo de granulometría del agregado fino



Ilustración 6. Ensayo de granulometría del agregado grueso



Ilustración 7. Ensayo de peso unitario compactado seco PUCS – agregado grueso



Ilustración 8. Ensayo de peso unitario compactado seco PUCS – agregado fino



Ilustración 9. Ensayo de peso unitario suelto seco PUSS – agregado fino



Ilustración 10. Ensayo de peso unitario suelto seco PUSS – agregado grueso



Ilustración 11. Materiales para el diseño de mezcla



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

INFORME

PROYECTO : INFLUENCIA DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO F^c = 210 kg/cm² EN TRUJILLO, 2023

SOLICITANTE : ASTO CAMPOS, JAMER ORLANDO
DIAZ VILLEGAS, GABY MARCELA

PROPIEDADES DE PERLAS DE POLIESTIRENO

Densidad. - 17 Kg/m³.

Diámetro. - 3-7 mm.

Presentación. - Sacos ½ m³ - 500 litros. 8,5 Kg/Unidad aprox.

Conductividad. - 0,031 W/(m.K).

Temperatura limite. - 80 – 100 °C

Absorción de agua. - < 5 % (en volumen).


ing. Jorge Barrantes Villanueva
REPRESENTANTE LEGAL
CIP N° 197384
GRUPO IMG

Ilustración 12. Ficha técnica del poliestireno expandido



Ilustración 13. Preparación de mezcla de concreto



Ilustración 14. Ensayo de cono de Abrams



Ilustración 15. Preparación de probetas cilíndricas 15cm x 30cm



Ilustración 16. Preparación vigas prismáticas



Ilustración 17. Probetas cilíndricas para sus ensayos respectivos



Ilustración 18. Ensayos a compresión de las probetas cilíndricas



Ilustración 19. Ensayos a compresión de las probetas cilíndricas



Ilustración 20. Ensayos a flexión de las vigas prismáticas



Ilustración 21. Ensayos a flexión de las vigas prismáticas

Anexo 02. Detalle de resultados de caracterización de agregados

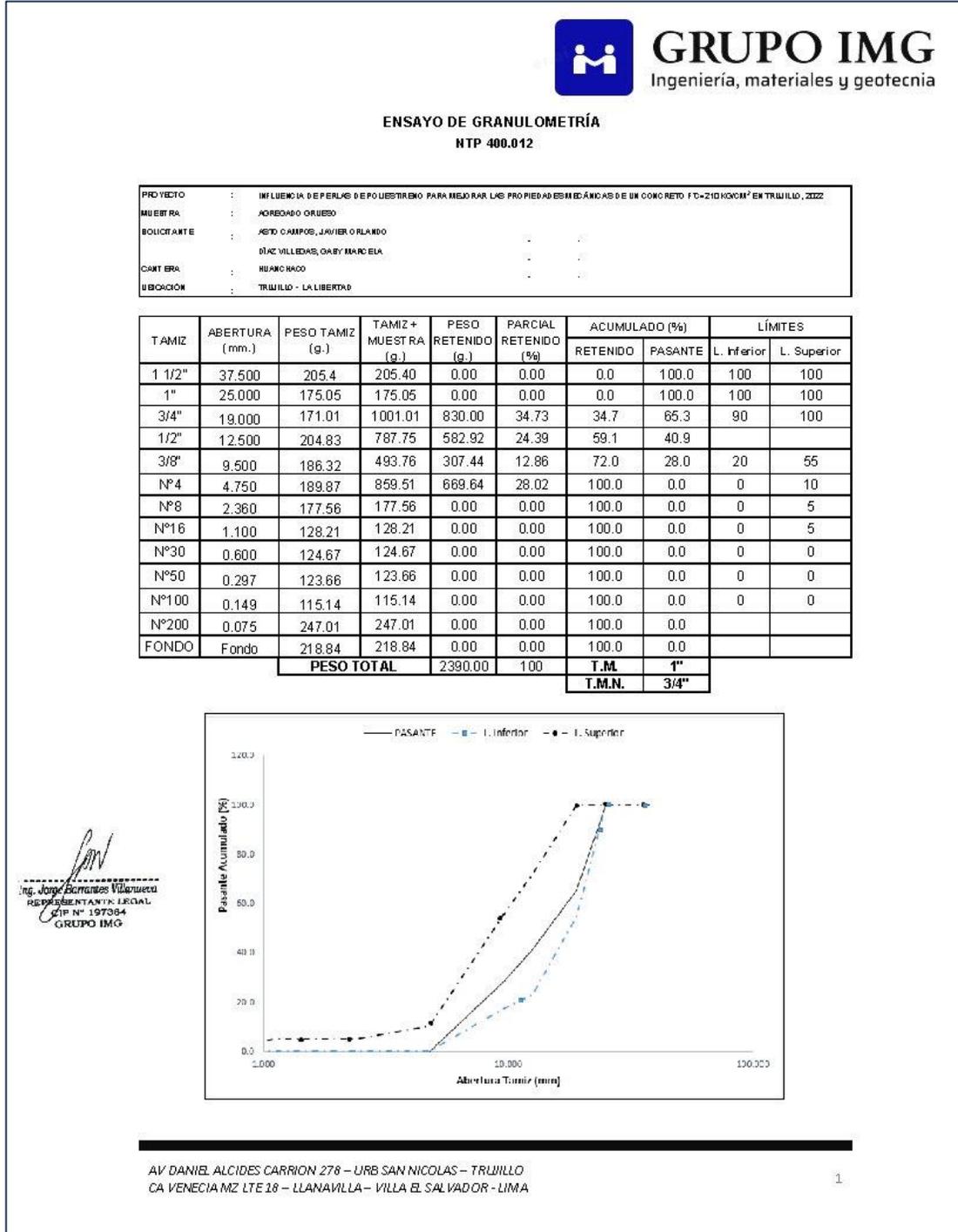


Ilustración 22. Detalle de ensayo granulométrico al agregado grueso



ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO

Nº P. 400.021 / ABIM C127

PROYECTO	:	INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F’C=210 KG/CM2 EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADO GRUESO
SOLICITANTE	:	ASTO CAMPOS, JAVIER ORLANDO
	:	DÍAZ VILLEGAS, GABY MARCO ELA
CANTERA	:	MIANO RACO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
B = Peso de la muestra SSS	g	425.61	422.76	424.82
C = Peso de la muestra SSS en el agua	g	263.58	261.43	260.34
Peso de bandeja	g	86.00	86.00	86.00
Peso de bandeja + Muestra seca	g	326.67	324.28	322.49
A = Peso de la muestra secada en el horno	g	412.67	410.28	408.49
Peso específico de masa SSS	kg/m ³	2626.74	2620.47	2582.81
Peso específico aparente	kg/m ³	5177.84	5159.59	5188.90
Peso específico de masa	kg/m ³	2547	2543	2484
Promedio del peso específico de masa	kg/m ³	2525		
Peso específico de masa:	2525	kg/m³		


Ing. Jorge Escamote Vilaverde
REPRESENTANTE LEGAL
CÓD. Nº 197284
GRUPO IMG

Ilustración 23. Detalle de ensayo peso específico del agregado grueso



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

M.P. 489.021 / ABTM C127

PROYECTO	:	INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM ² EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	ADREDO ORIBEO
BOGOTANTE	:	ASTO CAMPOS, JAVIER ORLANDO DÍAZ VILLEGAS, GABY MARCELA
CANTERA	:	RUMORIPACO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
B = Peso de la muestra SSS	kg	425.61	422.76	424.82
A = Peso de la muestra secada en el horno	kg	412.67	410.28	408.49
Porcentaje de absorción (%)	%	3.1	3.0	4.0
Promedio	%	3.4		
Absorción:	3.4	%		

JAV
Ing. Jorge Escamoteo Villaverde
REPRESENTANTE LEGAL
CIP N° 197384
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENEZIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

3

Ilustración 24. Detalle de ensayo de absorción del agregado grueso



ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO

NT.F. 400.017 / ASTM C29

PROYECTO	: INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM ² EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO
BOICITANTE	: AYO CAMPOS, JAVIER ORLANDO
	: DÍAZ VILLEGAS, OSBY MARCELA
CANTERA	: HUANCA HANO
UBICACIÓN	: TRUJILLO - LA LIBERTAD

PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	1.2	1.2	1.2
Altura del molde	m	0.15	0.15	0.15
Diametro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m ³	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	kg	17.595	17.842	17.648
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1546	1570	1551
Promedio	kg/m ³	1556		
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	1556	kg/m³		

Jov
Ing. Jorge Barrantes Velásquez
REGISTRANTE LEGAL
CIP N° 107384
GRUPO IMG

Ilustración 25. Detalle de ensayo peso unitario seco suelto PUSS del agregado grueso



ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO

NT.P. 400.017 / ASTM C28

PROYECTO	: INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	: ACREGADO GRUESO
BOUCITANTE	: AETO CAMPOS, JAVIER ORLANDO DÍAZ VILLEGAS, GABRIEL MARCELO
CANTERA	: HUANO BACO
UBICACIÓN	: TRUJILLO - LA LIBERTAD

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	1.2	1.2	1.2
Altura del molde	m	0.15	0.15	0.15
Diametro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m ³	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	kg	19.514	19.768	19.621
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m³	1727	1751	1737
Promedio	kg/m³	1739		
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	1739	kg/m³		


Ing. José Durand Villegas
REPRESENTANTE LEGAL
CIP N° 197384
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR – LIMA

5

Ilustración 26. Detalle de ensayo peso unitario compactado seco PUCS del agregado grueso



ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 828.126 / ASTM C688

PROYECTO	:	INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM ² EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADO GRUESO
BOICITANTE	:	ASTO CAMPOS, JAVIERO ROLANDO DÍAZ VILLEGAS, GABRIEL MARCO ELA
CANTERA	:	HUANOCAO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	70.51	71.64	70.18
Peso de la muestra natural	g	131.62	138.51	135.69
Peso de muestra seca + Tara	g	199.14	206.25	201.58
Contenido de humedad	%	2.3	2.9	3.3
Promedio	%	2.8		
Contenido de humedad:	2.8	%		

Jorge
ing. Jorge Acarries Villanueva
REPRESENTANTE LEGAL
CIP N° 197384
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

6

Ilustración 27. Detalle de ensayo contenido de humedad del agregado grueso

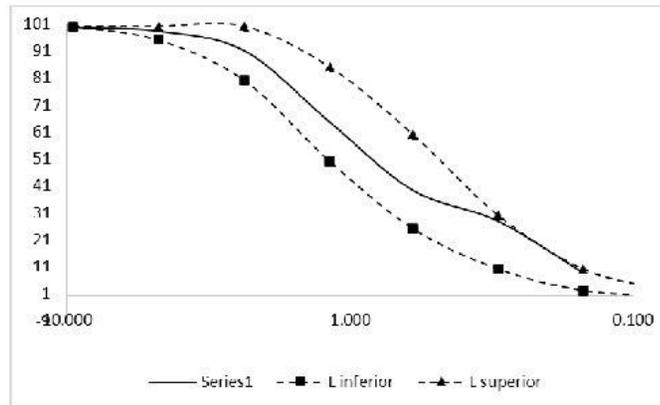


GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA
NTP 400.012

PROYECTO :	INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM ² EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA :	AGREGADO FINO
SOLICITANTE :	ASTO CAMPOS, JAVIER ORLANDO
CLIENTE :	DÍAZ VILLEGAS, GARY MARCELA
CANTERA :	BLANCA RAZO
UBICACIÓN :	TRUJILLO - LA UBERTE

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)	
						RETENIDO	PASANTE
3/8"	9.500	186.32	190.45	4.13	0	0	100
Nº4	4.750	189.87	203.75	13.88	1	2	98
Nº8	2.360	177.56	251.48	73.92	7	9	91
Nº16	1.180	128.21	399.67	271.46	26	35	65
Nº30	0.600	124.67	385.04	260.37	25	61	39
Nº50	0.300	123.66	241.51	117.85	11	72	28
Nº100	0.150	115.14	311.86	196.72	19	91	9
Nº200	0.075	247.01	259.15	12.14	1	92	8
FONDO		218.84	296.51	77.67	8	100	0
PESO TOTAL				1028.14		100	
				M. FINURA		2.71	



Jorge
Ing. Jorge Bustamante Villanueva
REPRESENTANTE LEGAL
CIP N° 197384
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 - URB SAN NICOLAS - TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

Ilustración 28. Detalle de ensayo granulométrico del agregado fino



ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO
NTP: 40.0.022 / ASTM C128

PROYECTO	:	INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADO FINO
SOLICITANTE	:	ASTO CAMPOS, JAVIERO BLANCO
	:	DÍAZ VILLEGAS, GABRIELA
CANTERA	:	HUANUCO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Volumen de agua en la fiola	cm ³	500	500	500
Peso de la fiola (limpio y seco)	g	159.39	159.39	159.39
B = Peso de la fiola + Agua	g	628.4	639.7	627.3
Peso de la fiola + Peso muestra SSS	g	610.24	612.54	613.29
C = Peso de la fiola + Peso muestra SSS + Agua	g	921.46	922.27	921.68
Peso del agua (5-4)	g	311.22	309.73	308.39
Peso de recipiente	g	115.62	115.67	114.85
Recipiente + Muestra seca	g	543.51	544.91	546.31
A = Peso de la muestra secada al horno	g	431.25	432.11	431.46
S = Peso de la muestra SSS (4-2)	g	450.85	453.15	453.9
Peso específico de masa SSS	kg/m ³	2857	2657	2845
Peso específico aparente	kg/m ³	3121	2890	3148
Peso específico de masa	kg/m ³	2733	2533	2705
Promedio peso específico de masa	kg/m ³	2657		
Peso específico de masa:	2657	kg/m³		


Ing. Jorge Barrios Villanueva
REGISTRANTE LEGAL
SEP N° 137384
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENEZIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

8

Ilustración 29. Detalle de ensayo peso específico del agregado fino



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
NTP: 400.022 / ASTM C128

PROYECTO	:	INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F’C=210 KG/CM ² EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADO FINO
SOLICITANTE	:	ASTO CAMPOS, JAVIER O RIANDO DÍAZ VILLEGAS, GABRIEL MARCELA
CANTERA	:	HUANCAICO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
Peso de la muestra SSS (4-2)	g	450.85	453.15	453.9
Peso de la muestra secada al horno	g	431.25	432.11	431.46
Porcentaje de absorción (%)	%	4.5	4.9	5.2
Promedio	%	4.9		
Absorción:	4.9	%		



ing. Jorge Sarmiento Villanueva
REGISTRO EN PLANTE LEGAL
SEP N° 197384
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

9

Ilustración 30. Detalle de ensayo de absorción del agregado fino



ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO SUELTO DE AGREGADO FINO

NTP: 400.017 / ASTM C29

PROYECTO	:	INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO F’C=210 KG/CM ² EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADO FINO
BOCICANTE	:	ASTO CAMPOS, JAVIER O BLANCO DÍAZ VILLEGAS, GABRIEL MARCELA
CANTERA	:	HUANCABACO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

PESO UNITARIO SECO SUELTO DE AGREGADO FINO

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	1.202	1.202	1.202
Altura del molde	m	0.15	0.15	0.15
Diametro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m ³	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	kg	19.684	19.425	18.964
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1743	1719	1675
Promedio	kg/m ³	1712		
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1712		


Ing. Jorge Escamante Villanueva
REPRESENTANTE LEGAL
CIP N° 197384
GRUPO IMG

Ilustración 31. Detalle de ensayo peso unitario seco suelto PUSS del agregado fino



ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

NTP: 400.017 / ASTM C29

PROYECTO	:	INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, F’C=210 KG/CM ² EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADO FINO
BOLCITANTE	:	ASTO CAMPOS, JAVIER O BLANCO
	:	DÍAZ VILLEGAS, GABY MARCELA
CANTERA	:	HUANCAICO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	1.202	1.202	1.202
Altura del molde	m	0.15	0.15	0.15
Diametro del molde	m	0.3	0.3	0.3
Radio del molde	m	0.15	0.15	0.15
Volumen del molde	m ³	0.01060	0.01060	0.01060
Peso de molde + Muestra	kg	20.658	21.154	21.794
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m³	1835	1882	1942
Promedio	kg/m³	1886		
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	1886	kg/m³		


Ing. Jorge Barrantes Villanueva
REPRESENTANTE LEGAL
CUIP N° 197384
GRUPO IMG

Ilustración 32. Detalle de ensayo peso unitario compactado seco PUCS del agregado fino



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO
NTP 358.125 / ASTM C566

PROYECTO	:	INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F ^c =210 KG/CM ² EN TRUJILLO, 2022
MUESTRA	:	AGREGADO FINO
SOLICITANTE	:	ASTO CAMPOS, JAVIER O RIANDO DÍAZ VILLEGAS, GABRIEL MARCELA
CANTERA	:	HUANCAHUACO
UBICACIÓN	:	TRUJILLO - LA LIBERTAD

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	72.68	75.15	74.13
Peso de la muestra natural	g	142.94	140.12	140.48
Peso de muestra seca + Tara	g	213.52	213.46	212.58
Contenido de humedad	%	1.5	1.3	1.5
Promedio	%	1.4		
Contenido de humedad:	1.4	%		

JAV
Ing. Jorge Barrientes Villanueva
REG. PROF. INGEN. LEGAL
CIP N° 1597364
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR – LIMA

12

Ilustración 33. Detalle de ensayo contenido de humedad del agregado fino

Anexo 03. Detalle de procedimiento de diseño de mezcla para un concreto f'c=210Kg/cm2 según ACI 211



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

DISEÑO DE MEZCLA - ACI

DATOS PREVIOS - CARACTERIZACIÓN

CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO FINO			Parámetros
Ensayo	Norma	Resultado	
Granulometría (MF)	NTP. 400.012 / ASTM C136	2.71	2.3 - 3.1
Contenido de humedad (%)	NTP. 339.185 / ASTM C566	1.4	-
P.U.S.S. (kg/m³)	NTP. 400.017 / ASTM C29	1712	1500 - 1800
P.U.C.S. (kg/m³)	NTP. 400.017 / ASTM C29	1886	1600 - 1900
Peso específico (kg/m³)	NTP. 400.022 / ASTM C128	2657	2500 - 2900
Absorción (%)	NTP. 400.022 / ASTM C128	4.9	0.2 - 5.0

CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO GRUESO			Parámetros
Ensayo	Norma	Resultado	
Tamaño Máximo Nominal (TMN)	NTP 400.012 / ASTM C136	3/4"	-
Contenido de humedad (%)	NTP. 339.185 / ASTM C566	2.8	-
P.U.S.S. (kg/m³)	NTP. 400.017 / ASTM C29	1556	1500 - 1800
P.U.C.S. (kg/m³)	NTP. 400.017 / ASTM C29	1739	1600 - 1900
Peso específico (kg/m³)	NTP. 400.021 / ASTM C127	2525	2500 - 2900
Absorción (%)	NTP. 400.021 / ASTM C127	3.4	0.2 - 5.0

f'c (kg/cm²)	f'cr (kg/cm²)
< 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
> 350	f'c + 99

0) f'c requerida

f'c =	210	kg/cm²
f'cr =	294	kg/cm²

1) TMN del agregado
TMN =

2) Asentamiento requerido
SLUMP = ASTM C143 (TABLAS)

3) Volumen unitario de agua
Agua = l/m³ (TABLAS)



Ing. Jorge Fuentes Villanueva
REGISTRANTE EN EL C.O.P.
CIP N° 197384
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 - URB SAN NICOLAS - TRUJILLO
CA VENEZIA MZ LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

13

Ilustración 34. Diseño de mezcla para un concreto f'c=210 kg/cm2



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

4) Contenido de aire

Aire atrapado = % (TABLAS)

5) Relación agua/cemento

$f'c$ (28 días)	$r a/c$
250	0.62
294	x
300	0.55

(TABLAS)

$r a/c = 0.56$ relación a/c de diseño

6) Factor cemento

Cantidad de cemento = 367.1 kg
FC = 8.6

7) Volumen absoluto de la pasta (TIPO I: Pacasmayo)

Peso específico de cemento: g/cm^3 kg/m^3

Cemento: 0.118 m^3
Agua: 0.205 m^3
Aire: 0.02 m^3
 m^3

8) Volumen absoluto del agregado grueso:

0.657 m^3

M.F, Agr. Fino	2.6	2.71	2.8
	0.64	x	0.62

x= 0.629 m^3

Contenido del Agregado Grueso = 1093.59 kg/m^3
Volumen del Agregado Grueso = 0.433 m^3

Volumen (cemento, agua, aire, A.G.) = 0.776 m^3

Volumen del Agregado Fino = 0.224 m^3
Contenido del Agregado Fino = 595.55 kg/m^3
Volumen Total = 1.000 OK

Ing. José Bustos Villanueva
REPRESENTANTE LEGAL
CIP N° 197384
GRUPO IMG

Ilustración 35. Diseño de mezcla para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

9) Corrección de agua

Aporte de agua de los agregados:

$$(m3) = (M_a(Kg)) / (P_a(Kg/m3) @)$$

Peso húmedo:	Agregado húmedo = Diseño Seco (1+ Contenido de Humedad)/100
---------------------	---

Agregado Fino =	604.0	kg/m ³
Agregado Grueso =	1124.5	kg/m ³

Agua efectiva: vacíos por llenar

Agregado Fino =	20.54	l/m ³
Agregado Grueso =	6.16	l/m ³
Agua =	205	l/m ³

Agua Efectiva =	231.7	l/m³
------------------------	--------------	------------------------

10) Valores de diseño seco

Material	Unidad	Cantidad
Cemento Tipo I	kg/m ³	367
Agua	l/m ³	205
Agregado Fino	kg/m ³	596
Agregado Grueso	kg/m ³	1094

11) Valores corregidos

CEMENTO MS	Unidad	Cantidad	%	Proporcion en peso	volumen m3
Cemento Tipo I	kg/m ³	367.1	16	1.0	0.1
Agua	l/m ³	231.7	10	0.6	0.2
Agregado Fino	kg/m ³	604.0	26	1.6	0.2
Agregado Grueso	kg/m ³	1124.5	48	3.1	0.4
T total =		2327.4	kg/m ³		

Peso Esp. Agua	1000	kg/m ³	R a/c	0.63
----------------	------	-------------------	-------	------

ing. Jorge Durantes Villaneda
REPRESENTANTE LEGAL
CIP N° 197384
GRUPO IMG

Ilustración 36. Diseño de mezcla para un concreto f'c=210 kg/cm2

Anexo 04. Resultados de ensayo de asentamiento del concreto – slump (’)



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

DETERMINACION DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO
NTP-339.036/AS/IM C.143

PROYECTO : INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F’C= 210 KG/CM2 EN TRUJILLO, 2022

SOLICITANTE : ASTO CAMPOS, JAVIER ORLANDO / DÍAZ VILLEGAS, GABRIEL MARCELO

MATERIAL : PROBIETAS DE CONCRETO 210 kg/cm³

N° DE PRUEBA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MUESTREO	SLUMP (mm)	SLUMP (mm)		TEMP (°C)
				PRIM	SEG	
1.00	PATRON	28/02/2023	4.1	4.10	10.41	22.6
2.00	PATRON	28/02/2023	4.0	4.10	10.16	
3.00	PATRON	28/02/2023	4.2	4.10	10.67	

OBSERVACIONES:



Ing. Jony Durantes Villanueva
RESPONSABLE TÉCNICO
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

1

Ilustración 37. Resultados de slump para muestras patron



DETERMINACION DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO
NTP 338.085/AS TM C143

PROYECTO : INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F'c= 210 KG/CM² EN TRUJILLO, 2022

SOLICITANTE : ASEO CAMPOS, JAMER ORLANDO / DÍAZ VILLEGAS, GABRIEL MARCELA

MATERIAL : PROBETAS DE CONCRETO 210 kg/cm² CON 15% PERLAS DE POLIESTIRENO

N° DE PROBETA	DESARROLLO	FECHA DE MUESTREO	SLUMP INICIAL	SLUMP PROM	SLUMP PROM	SLUMP PROM	TEMP (°C)
1.00	15% PERLAS DE POLIESTIRENO	26.02.2023	4.4	4.37	11.18	11.09	22.8
2.00	15% PERLAS DE POLIESTIRENO	26.02.2023	4.5		11.43		
3.00	15% PERLAS DE POLIESTIRENO	26.02.2023	4.2		10.67		

DETERMINACIONES

[Firma]
Ing. Jony Zambrano Llacua
REG. PROF. Nº 1397384
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENEZIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

2

Ilustración 38. Resultados slump para muestras con 15% de perlas de poliestireno



DETERMINACION DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO
NTP 339.035/AS TM C143

PROYECTO : INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F’C= 210 KG/CM² TRUJILLO, 2022

SOLICITANTE : ASTO CAMPOS, JAVIER ORLANDO / DÍAZ VILLEGAS, GABRIEL MARCELA

MATERIAL : PRO BETAS DE CONCRETO 210 kg/cm² CON 25% PERLAS DE POLIESTIRENO

Nº DE PROBETA	DESCRIPCION	FECHA DE MUESTRO	SLUMP (mm)	SLUMP (mm)	SLUMP (mm)	TEMP. (°C)
1.00	25% PERLAS DE POLIESTIRENO	16/3/2023	4.6	11.68	11.68	23.1
2.00	25% PERLAS DE POLIESTIRENO	16/3/2023	4.5	11.43	4.57	
3.00	25% PERLAS DE POLIESTIRENO	16/3/2023	4.6	11.68	11.68	

Observaciones:

JMV
Ing. Jorge Barrios Villanueva
RESPONSABLE LOCAL
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

Ilustración 39. Resultados de slump para muestras con 25% de perlas de poliestireno



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

DETERMINACION DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO
NTP-339.035/AS/ TM C-143

PROYECTO : INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARAMEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN TRUJILLO, 2022
SOLICITANTE : ASTO CAMPOS, JAVIER O RILANDO / DÍAZ VILLEGAS, GABY MARCELA
MATERIAL : PROBETAS DE CONCRETO 210 kg/m³ CON 3% PERLAS DE POLIESTIRENO

N° DE PROBETA	DESCRIPCION	FECHA DE MUESTRO	SLUMP (M.S)	SLUMP (PROM)	SLUMP (M)	SLUMP (PROM)	TEMP (°C)
1.00	35% PERLAS DE POLIESTIRENO	1/03/2023	4.9	4.90	12.46	12.46	23.6
2.00	35% PERLAS DE POLIESTIRENO	1/03/2023	4.8	4.80	12.19	12.46	
3.00	35% PERLAS DE POLIESTIRENO	1/03/2023	5.0		12.70		

OBSERVACIONES:

[Firma]
Ing. Jorge Antonio Villalobos
REVISOR LEGAL
CIP N° 197394
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

4

Ilustración 40. Resultados de slump para muestras con 35% de perlas de poliestireno

Anexo 05. Resultados de ensayos de resistencia a compresión probetas cilíndricas



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
ASTM C - 39

PROYECTO : INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 TRUJILLO, 2022

SOLICITANTE : ASTO CAMPOS, JAVIER ORLANDO / DÍAZ VILLEGAS, GABY MARCELA

MATERIAL : PROBETAS DE CONCRETO 210 kg/cm² - 14 DÍAS DE CURADO

Nº DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE FUNDIDO	FECHA DE CURADO	TIPO	EDAD (DÍAS)	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)	CARGA (N)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA (MP)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)	% CISTEMO
1.00	PATRON	26/02/2023	12/03/2023	CILINDRICA	14.00	307.00	148.00	345,230.00	17,438.87	19.80	201.91	210	98.15
2.00	PATRON	26/02/2023	12/03/2023	CILINDRICA	14.00	309.00	150.00	350,078.00	17,671.50	19.81	202.01	210	96.19
3.00	PATRON	26/02/2023	12/03/2023	CILINDRICA	14.00	308.00	148.00	355,330.00	17,303.40	20.66	210.61	210	100.23

RESERVAZIONALEL

Las probetas se ensayaron con una carga de compresión a ambos lados para la correcta aplicación del ensayo
La ubicación de ensayo fue de 5.31x18



Ing. Jorge Domínguez Villanueva
RESPONSABLE TÉCNICO
C.I. Nº 197394
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

Ilustración 41. Resultados de ensayos f'c a los 14 días – muestras patron



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
ASTM C - 39

PROYECTO : INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F^c= 210 KG/CM² EN TRUJILLO, 2022

SOLICITANTE : ASEO CAMPOS, JAVIER ORLANDO / DÍAZ VILLEGAS, GABRIEL MARCELA

MATERIAL : PROBETAS DE CONCRETO 210 kg/cm² - 14 DÍAS DE CURADO

Nº DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE PROBETA	TIPO PROBETA	EDAD EN DÍAS	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)	CARGA (N)	ÁREA (mm ²)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	FUERZA (kg/cm ²)	% DESTRUIDO
1.00	15% PERLAS POLIESTIRENO	26/02/2023	12/03/2023	CLINDRICA	14.00	309.00	149.00	325,940.00	17,203.40	18.94	193.14	210	91.97
2.00	15% PERLAS POLIESTIRENO	26/02/2023	12/03/2023	CLINDRICA	14.00	309.40	149.00	300,980.00	17,439.67	17.24	179.85	210	83.74
3.00	15% PERLAS POLIESTIRENO	26/02/2023	12/03/2023	CLINDRICA	14.00	309.50	147.00	315,160.00	16,971.71	18.57	189.36	210	90.17

CONCLUSIONES:
Las probetas se ensayaron con dinámicas de impacto en ambos lados para la correcta elección de la zona.
La edad de ensayo fue de 14 días.
La resistencia a compresión fue de 189.36 MPa en promedio.

[Firma]
Ing. Jairo Bustamante Villanueva
REGISTRANTE LEGAL
CIP N° 197384
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

6

Ilustración 42. Resultados de ensayos f^c a los 14 días – muestras con 15% de EPS



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
ASTM C - 39

PROYECTO : INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F^c= 210 KG/CM² EN TRUJILLO, 2022

SOLICITANTE : ASTO CAMPOS, JAMER ORLANDO / DÍAZ VILLEGAS, GABRIEL MARCELA

MATERIAL : PROBETAS DE CONCRETO 210 kg/cm² - 14 DÍAS DE CURADO

NÚMERO PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE COLADO	FECHA DE ROTURA	TIPO PROBETA	EDAD (DÍAS)	LUBRIFICACIÓN (mm)	DIÁMETRO (mm)	CARGA (N)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MP	RESISTENCIA (kg/cm ²)	FUERZA (kg/cm ²)	% RESUMIDO
1.00	35% PERLAS POLIESTIRENO	16/03/2023	16/03/2023	CLINDRICA	14.00	308.00	147.00	286.010.000	16.871.71	17.28	177.26	210	84.41
2.00	35% PERLAS POLIESTIRENO	16/03/2023	16/03/2023	CLINDRICA	14.00	308.00	160.00	286.110.000	17.871.50	16.59	168.14	210	80.54
3.00	35% PERLAS POLIESTIRENO	16/03/2023	16/03/2023	CLINDRICA	14.00	306.00	148.00	300.080.000	17.203.40	17.44	177.88	210	84.70

COMENTARIOS:
Las probetas se ensayaron con un índice de humedad en ambos lados para la correcta ejecución de los ensayos
La fecha de ensayo fue el 16/03/2023

Jorge Barral
Ing. Jorge Barral Villanueva
RESPONSABLE TÉCNICO
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

8

Ilustración 44. Resultados de ensayos f^c a los 14 días – muestras con 35% de EPS



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

J. Díaz Villegas
Ing. Jorge Barrutius Villanueva
RESPONSABLE TÉCNICO
GRUPO IMG

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
ASTM C - 39

PROYECTO : INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 EN TRUJILLO, 2022

SOLICITANTE : ASTO CAMPOS, JAMIER ORLANDO / DÍAZ VILLEGAS, GABY MARCELA

MATERIAL : PROBETAS DE CONCRETO 210 kg/cm² - 28 DÍAS DE CURADO

Nº DE PRUEBA	DESCRIPCIÓN	REGIÓN DE VOLCANO	FECHA DE ROTURA	TIPO PROBETA	EDAD DÍAS	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)	CARGA N	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MPa	RESISTENCIA (kg/cm ²)	F'c DISEÑO (kg/cm ²)	% DISEÑO
1.00	PATRON	28/02/2023	28/03/2023	CILINDRICA	28.00	308.00	150.00	397,980.00	17,671.50	22.52	228.65	210	103.36
2.00	PATRON	28/02/2023	28/03/2023	CILINDRICA	28.00	307.00	149.00	396,830.00	17,436.67	22.76	232.07	210	110.51
3.00	PATRON	28/02/2023	28/03/2023	CILINDRICA	28.00	308.00	151.00	398,700.00	17,907.91	22.27	227.06	210	108.12

CONCLUSIONES:

Las probetas se destruyeron con un índice de resistencia al menos igual para la correcta fabricación de las probetas.

La resistencia de ensayo fue de 210 MPa.

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 - URB SAN NICOLAS - TRUJILLO
CA VENEZIA MZ LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

9

Ilustración 45. Resultados de ensayos f'c a los 28 días – muestras patron



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
ASTM C - 39

PROYECTO : INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARAMEDIRAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 TRUJILLO, 2022

SOLICITANTE : ASTO CAMPOS, JAIMER ORLANDO /DÍAZ VALLEGAS, GABRIEL MARCELA

MATERIAL : PROBETAS DE CONCRETO 210 kg/cm² - 28 DIAS DE CURADO

N° DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE FUNDIDO		FECHA DE ROTURA	TPD PROBETA	EDAD DIAS	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)	CARGA N	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA		F'c OBTENIDO	
		28.02.2023	28.03.2023								MPB	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	%
1.00	15% PERLAS POLIESTIRENO	28.02.2023	28.03.2023	CLINDRICA	28.00	28.00	309.00	149.00	365,280.00	17,438.67	20.38	207.77	210	98.94
2.00	15% PERLAS POLIESTIRENO	28.02.2023	28.03.2023	CLINDRICA	28.00	28.00	307.00	148.00	363,150.00	17,209.40	20.43	209.33	210	99.68
3.00	15% PERLAS POLIESTIRENO	28.02.2023	28.03.2023	CLINDRICA	28.00	28.00	310.00	150.00	368,180.00	17,871.50	20.27	208.88	210	98.42

CONCLUSIONES:

Las probetas se ensayaron con similares en ambos lados para la correcta ubicación del ensayo
La velocidad de ensayo fue de 5.3 mm/s

JMV
Ing. Jairo Bermúdez Villanueva
RESPONSABLE TÉCNICO
GRUPO IMG

Ilustración 46. Resultados de ensayos f'c a los 28 días – muestras con 15% de EPS



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
ASTM C - 39

PROYECTO : INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F'c= 210 KG/CM2 EN TRUJILLO, 2022
SOLICITANTE : ASTO CAMPOS, JAVIER ORLANDO / DÍAZ VILLEGAS, GABRIEL MARCELA
MATERIAL : PROBETAS DE CONCRETO 210 kg/cm² - 28 DÍAS DE CURADO

NÚMERO PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MUESTRO	FECHA DE PROBETA	TIPO PROBETA	EDAD DÍAS	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	CARGA N	AREA (mm ²)	RESISTENCIA MPa	RESISTENCIA (kg/cm ²)	F'CDISEÑO (kg/cm ²)	SUSTENTADO %
1.00	25% PERLAS POLIESTIRENO	24/03/2023	30/03/2023	CILINDRICA	28.00	309.00	148.00	340,420.00	17,203.40	18.86	203.66	210	96.93
2.00	25% PERLAS POLIESTIRENO	24/03/2023	30/03/2023	CILINDRICA	28.00	310.00	147.00	340,410.00	16,971.71	20.06	204.63	210	97.39
3.00	25% PERLAS POLIESTIRENO	24/03/2023	30/03/2023	CILINDRICA	28.00	307.00	150.00	339,400.00	17,671.60	19.21	196.66	210	93.26

CONCLUSIONES:

Las probetas se ensayaron con alta tasa de registro en ambos lados para la correlación de esfuerzos
La resistencia de ensayo fue de 5.314 MPa

Javier Orlando Asto Campos
Ing. Javier Orlandos Villanueva
REPRESENTANTE LEGAL
CIP N° 19708
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

Ilustración 47. Resultados de ensayos f'c a los 28 días – muestras con 25% de EPS



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
ASTM C - 39

PROYECTO : INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F^c= 210 KG/CM² EN TRUJILLO, 2022

SOLICITANTE : ASTO CAMPOS, JAMER ORLANDO / DÍAZ VILLEGAS, GABRIEL MARCELA

MATERIAL : PROBETAS DE CONCRETO 210 kg/cm² - 28 DÍAS DE CURADO

Nº DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE FUNDIDO	FECHA DE ACTUADA	TIPO PRUEBA	EDAD DMS	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)	CARGA (N)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MPa	RESISTENCIA (kg/cm ²)	F ^c DESIADO (kg/cm ²)	N.º OBTENIDO
1.00	35 % PERLAS POLIESTIRENO	24/03/2023	30/03/2023	CILINDRICA	2800	309.00	149.00	325,110.00	17,438.67	18,666	190.13	210	90.54
2.00	35 % PERLAS POLIESTIRENO	24/03/2023	30/03/2023	CILINDRICA	2800	308.00	149.00	330,410.00	17,438.67	18,996	193.23	210	92.01
3.00	35 % PERLAS POLIESTIRENO	24/03/2023	30/03/2023	CILINDRICA	2800	307.00	151.00	332,710.00	17,907.91	18,598	189.46	211	90.22

COMENTARIOS:
Las probetas se ensayaron con humedades de recuento en ambos lados para la correcta elección del ensayo.
La actividad de ensayo fue de 5.3 MPa.

Jam
Ing. Jorge Barraltes Villanueva
RESPONSABLE LEGAL
CIP Nº 10100
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR – LIMA

12

Ilustración 48. Resultados de ensayos f^c a los 28 días – muestras con 35% de EPS



GRUPO IMG
Ingeniería, materiales y geotecnia

ENSAYO DE FLEXION
ASTM C - 283 / NTP 338.079

INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F’C= 210 KG/CM² EN TRUJILLO, 2022

PROYECTO: ASTO CAMPOS, JAVIER ORLANDO
SOLICITANTE: DÍAZ VILLEGAS GABY MARCELA
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
MUESTRA: VIGAS 15% PERLAS DE POLIESTIRENO - 28 DIAS

FECHA DE ELABORACION: 28/02/2023
FECHA DE ENSAYO: 28/03/2023

MUESTRA	ANCHO mm	ALTURA mm	SPAW mm	AREA mm ²	CARGA kg	CARGA N	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA Kg/Cm ²
1	152	151	450	22952	1800.25	17654.33	3.44	35.06
2	151	150	450	22650	1852.35	18185.26	3.61	36.80
3	152	150	450	22800	1923.56	18863.58	3.72	37.97
PROMEDIO					1858.72	18227.72	3.59	36.61

[Firma]
Ing. Jorge Barrios Villano
Resolución N° 197384
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

18

Ilustración 50. Resultados de ensayos MR a los 28 días – muestras con 15% de EPS



ENSAYO DE FLEXION
ASTM C - 288 / NTP 338.078

INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F’C= 210 KG/CM² EN TRUJILLO, 2022
ASTO CAMPOS, JAVIER ORLANDO
DÍAZ VILLEGAS, GABY MARICELA
TRUJILLO - LA LIBERTAD
VIGAS 25% PERLAS DE POLIESTIRENO - 28 DIAS

FECHA DE ELABORACION 02/03/2023
FECHA DE ENSAYO 30/03/2023

MUESTRA	ANCHO mm	ALTURA mm	SPAN1 mm	AREA mm ²	CARGA kg	CARGA N	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA Kg/cm ²
1	152	151	450	22952	1680.42	16479.21	3.21	32.73
2	151	150	450	22650	1710.21	16771.35	3.33	33.88
3	152	150	450	22800	1700.14	16672.59	3.29	33.56
PROMEDIO								
					1696.92	16641.05	3.28	33.42

[Firma]
Ing. Jorge Barrios Villanueva
RESPONSABLE LEGAL
RUP N° 197304
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRION 278 – URB SAN NICOLAS – TRUJILLO
CA VENECIA MZ LTE 18 – LLANAVILLA – VILLA EL SALVADOR - LIMA

19

Ilustración 51. Resultados de ensayos MR a los 28 días – muestras con 25% de EPS



ENSAYO DE FLEJON									
ASTM C - 288 / NTP 338.078									
INFLUENCIA DE PERLAS DE POLIESTIRENO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO F’C= 210 KG/CM ² EN TRUJILLO, 2022									
ASTO CAMPOS, JAVIER ORLANDO									
DÍAZ VILLEGAS, GABY MARCELA									
TRUJILLO - LA LIBERTAD									
VIGAS 35% PERLAS DE POLIESTIRENO - 28 DIAS									
FECHA DE ELABORACION					FECHA DE ENSAYO				
02/03/2023					30/03/2023				
PROYECTO:									
SOLICITANTE:									
UBICACIÓN:									
MUESTRA:									
MUESTRA	ANCHO	ALTURA	SPAW	AREA	CARGA	CARGA	RESISTENCIA	RESISTENCIA	RESISTENCIA
	mm	mm	mm	mm ²	kg	N	Mpa	kg/cm ²	
1	152	151	450	22952	145823	14500.28	2.79	28.40	
2	151	150	450	22650	146325	14349.51	2.85	29.07	
3	152	150	450	22800	142156	13940.67	2.75	28.06	
PROMEDIO					147.68	14196.82	2.80	28.51	

JMV
Ing. Jorge Bourantes Villanueva
REGISTRANTE LEGAL
CIP Nº 10741
GRUPO IMG

Ilustración 52. Resultados de ensayos MR a los 28 días – muestras con 35% de EPS

Anexo 7. Resultados de cálculos de resistencia a la tracción en base a los resultados de la resistencia a compresión a los 28 días

Tabla 16

Resultados calculo resistencia a tracción a los 28 días probetas patron

Diseño	Edad (días)	f ^c alcanzado (kg/cm ²)	ACI fti Mpa	fti kg/cm ²	Porcentaje (%)	Promedio fti (Kg/cm ²)	Promedio (%)
P01-Patron	28	229.65	2.37	24.20	10.54%		
P02-Patron	28	232.07	2.39	24.32	10.48%	24.19	10.54%
P03-Patron	28	227.06	2.36	24.06	10.60%		

Tabla 17

Resultados calculo resistencia a tracción a los 28 días probetas con 15% de poliestireno

Diseño	Edad (días)	f ^c alcanzado (kg/cm ²)	ACI fti Mpa	fti kg/cm ²	Porcentaje (%)	Promedio fti (Kg/cm ²)	Promedio (%)
P01-15% P	28	207.77	2.26	23.01	11.08%		
P02-15% P	28	209.33	2.27	23.10	11.04%	23.02	11.07%
P03-15% P	28	206.68	2.25	22.95	11.11%		

Tabla 18

Resultados calculo resistencia a tracción a los 28 días probetas con 25% de poliestireno

Diseño	Edad (días)	f ^c alcanzado (kg/cm ²)	ACI fti Mpa	fti kg/cm ²	Porcentaje (%)	Promedio fti (Kg/cm ²)	Promedio (%)
P01-25% P	28	203.56	2.23	22.78	11.19%		
P02-25% P	28	204.53	2.24	22.83	11.16%	22.65	11.25%
P03-25% P	28	195.85	2.19	22.34	11.41%		

Tabla 19

Resultados calculo resistencia a tracción a los 28 días probetas con 35% de poliestireno

Diseño	Edad (días)	f ^c alcanzado (kg/cm ²)	ACI fti Mpa	fti kg/cm ²	Porcentaje (%)	Promedio fti (Kg/cm ²)	Promedio (%)
P01-35% P	28	190.13	2.16	22.02	11.58%		
P02-35% P	28	193.23	2.18	22.19	11.49%	22.06	11.56%
P03-35% P	28	189.45	2.16	21.98	11.60%		

Anexo 8. Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias de los concretos patrón y experimentales f’c=210 kg/cm². (ANOVA)

Resumen de datos obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días

% Poliestireno	REPETICIÓN	RESISTENCIA f’c =(Kg/cm ²)
		14 días
Patrón	1	201.91
	2	202.01
	3	210.61
15.00%	1	193.14
	2	175.85
	3	189.36
25.00%	1	181.86
	2	185.77
	3	184.71
35.00%	1	177.25
	2	169.14
	3	177.88

Datos para el análisis de ANOVA para el ensayo de resistencia a la compresión a 14 días

% Poliestireno	REPETICIONES			ΣYi	Yi, prom	REPETICIONES			(Σyi) ²
	1	2	3			(1) ²	(2) ²	(3) ²	
0	201.91	202.01	210.61	614.53	204.84	40767.65	40808.04	44356.57	377647.121
15	193.14	175.85	189.36	558.35	186.12	37303.06	30923.22	35857.21	311754.723
25	181.86	185.77	184.71	552.34	184.11	33073.06	34510.49	34117.78	305079.476
35	177.25	169.14	177.88	524.27	174.76	31417.56	28608.34	31641.29	274859.033
				2249.49		142561.33			254710.658

Cálculo del término de corrección

$$C = \frac{Y^2}{N} = \frac{(201.91+202.01+210.61 \dots \dots 177.88)^2}{3 \times 4} = 421683.77$$

Cálculo de la suma de totales cuadrados

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - C = (201.91^2 + 202.01^2 \dots \dots 177.88^2) - 421683.77 = 1700.51$$

Cálculo de la suma de cuadrados debido a los tratamientos

$$SS_{TRAT} = \frac{\sum_{i=1}^a Y_i^2}{n} - C = \frac{204.84^2 + 186.12^2 \dots \dots 174.76^2}{3} - 421683.77 = 1429.679$$

Cálculo de la suma de cuadrados debido al error

$$SS_E = SS_T - SS_{TRAT} = 1700.51 - 1429.679 = 270.83$$

Cálculo de la media de la suma de cuadrados debido a los tratamientos

$$MS_{TRAT} = \frac{SS_{TRAT}}{a-1} = \frac{1429.679}{4-1} = 476.55965$$

Cálculo de la media de la suma de cuadrados debido al error

$$MS_E = \frac{SS_E}{(N-a)} = \frac{270.83}{(12-4)} = 33.854308$$

Cálculo de la función Fo

$$F_o = \frac{MS_{TRAT}}{MS_E} = \frac{476.55965}{33.854308} = 14.07678$$

Resumen de datos de estadísticos

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0	3	614.53	204.843333	24.9433333
15	3	558.35	186.116667	82.6254333
25	3	552.34	184.113333	4.08903333
35	3	524.27	174.756667	23.7594333

Análisis de Varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1429.67896	3	476.559653	14.0767801	0.00147895	4.06618055
Dentro de los grupos	270.834467	8	33.8543083			
Total	1700.51343	11				

Resumen de datos obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días

% Poliestireno	REPETICIÓN	RESISTENCIA f'c= (Kg/cm ²)
		28 Dias
Patrón	1	229.65
	2	232.07
	3	227.06
15.00%	1	207.77
	2	209.33
	3	206.68
25.00%	1	203.56
	2	204.53
	3	195.85
35.00%	1	190.13
	2	193.23
	3	189.45

Datos para el análisis de ANOVA para el ensayo de resistencia a la compresión a 28 días

% Poliestireno	REPETICIONES			ΣYi	Yi, prom	REPETICIONES			(Σyi) ²
	1	2	3			(1) ²	(2) ²	(3) ²	
0	229.65	232.07	227.06	688.78	229.59	52739.12	53856.48	51556.24	474417.888
15	207.77	209.33	206.68	623.78	207.93	43168.37	43819.05	42716.62	389101.488
25	203.56	204.53	195.85	603.94	201.31	41436.67	41832.52	38357.22	364743.524
35	190.13	193.23	189.45	572.81	190.94	36149.42	37337.83	35891.30	328111.296
				2489.31		173493.59			1556374.2

Cálculo del término de corrección

$$C = \frac{Y^2}{N} = \frac{(229.65+232.07+227.06\dots\dots\dots 189.45)^2}{3 \times 4} = 516388.69$$

Cálculo de la suma de totales cuadrados

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - C = (229.65^2 + 232.07^2 \dots\dots 189.45^2) - 516388.69 = 2472.17$$

Cálculo de la suma de cuadrados debido a los tratamientos

$$SS_{TRAT} = \frac{\sum_{i=1}^a Y_i^2}{n} - C = \frac{688.78^2 + 623.78^2 \dots\dots 573.81^2}{3} - 516388.69 = 2402.7092$$

Cálculo de la suma de cuadrados debido al error

$$SS_E = SS_T - SS_{TRAT} = 2472.17 - 2402.7092 = 69.47$$

Cálculo de la media de la suma de cuadrados debido a los tratamientos

$$MS_{TRAT} = \frac{SS_{TRAT}}{a - 1} = \frac{2402.7092}{4 - 1} = 800.90305$$

Cálculo de la media de la suma de cuadrados debido al error

$$MS_E = \frac{SS_E}{(N-a)} = \frac{69.47}{(12 \times 4)} = 8.6832083$$

Cálculo de la función Fo

$$F_o = \frac{MS_{TRAT}}{MS_E} = \frac{800.90305}{8.6832083} = 92.235844$$

Resumen de datos de estadísticos

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0	3	688.78	229.593333	6.27743333
15	3	623.78	207.926667	1.77403333
25	3	603.94	201.313333	22.6212333
35	3	572.81	190.936667	4.06013333

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2402.70916	3	800.903053	92.2358444	1.5168E-06	4.06618055
Dentro de los grupos	69.4656667	8	8.68320833			
Total	2472.17483	11				

Resumen de datos obtenidos del ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días

% Poliestireno	REPETICIÓN	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN Mr=(Kg/cm ²)
Patrón	1	38.71
	2	45.7
	3	41.46
15.00%	1	35.06
	2	36.80
	3	37.97
25.00%	1	32.73
	2	33.98
	3	33.56
35.00%	1	28.4
	2	29.07
	3	28.06

Datos para el análisis de ANOVA para el ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días

% Poliestireno	REPETICIONES			ΣYi	Yi, prom	REPETICIONES			(Σyi) ²
	1	2	3			(1) ²	(2) ²	(3) ²	
0	38.71	45.7	41.46	125.87	41.96	1498.46	2088.49	1718.93	15843.2569
15	35.06	36.8	37.97	109.83	36.61	1229.20	1354.24	1441.72	12062.6289
25	32.73	33.98	33.56	100.27	33.42	1071.25	1154.64	1126.27	10054.0729
35	28.4	29.07	28.06	85.53	28.51	806.56	845.06	787.36	7315.3809
				421.50		4605.48			45275.3396

Cálculo del término de corrección

$$C = \frac{Y^2}{N} = \frac{(38.71+45.7+41.46+35.06+\dots+28.06)^2}{3 \times 4} = 14805.188$$

Cálculo de la suma de totales cuadrados

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - C = (38.71^2 + 45.7^2 \dots \dots 28.06^2) - 14805.188 = 317.02$$

Cálculo de la suma de cuadrados debido a los tratamientos

$$SS_{TRAT} = \frac{\sum_{i=1}^a Y_i^2}{n} - C = \frac{125.81^2 + 109.83^2 \dots \dots 85.53^2}{3} - 14805.188 = 286.59237$$

Cálculo de la suma de cuadrados debido al error

$$SS_E = SS_T - SS_{TRAT} = 317.02 - 286.59237 = 30.43$$

Cálculo de la media de la suma de cuadrados debido a los tratamientos

$$MS_{TRAT} = \frac{SS_{TRAT}}{a - 1} = \frac{286.59237}{4 - 1} = 95.530789$$

Cálculo de la media de la suma de cuadrados debido al error

$$MS_E = \frac{SS_E}{(N-a)} = \frac{30.43}{(12-4)} = 3.8032167$$

Cálculo de la función Fo

$$F_o = \frac{MS_{TRAT}}{MS_E} = \frac{95.530789}{3.8032167} = 25.118419$$

Resumen de datos de estadísticos

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0	3	125.87	41.9566667	12.4000333
15	3	109.83	36.61	2.1441
25	3	100.27	33.4233333	0.40463333
35	3	85.53	28.51	0.2641

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	286.592367	3	95.5307889	25.1184188	0.00020062	4.06618055
Dentro de los grupos	30.4257333	8	3.80321667			
Total	317.0181	11				

Resumen de datos obtenidos del ensayo de resistencia a la tracción a los 28 días

% Poliestireno	REPETICIÓN	TRACCIÓN f _i =(kg/cm ²)
Patrón	1	24.20
	2	24.32
	3	24.06
15.00%	1	23.01
	2	23.10
	3	22.95
25.00%	1	22.78
	2	22.83
	3	22.34
35.00%	1	22.02
	2	22.19
	3	21.98

Datos para el análisis de ANOVA para el ensayo de resistencia a la tracción a los 28 días

% Poliestireno	REPETICIONES			ΣY _i	Y _i , prom	REPETICIONES			(Σy _i) ²
	1	2	3			(1) ²	(2) ²	(3) ²	
0	24.2	24.32	24.06	72.58	24.19	585.64	591.46	578.88	5267.8564
15	23.01	23.1	22.95	69.06	23.02	529.46	533.61	526.70	4769.2836
25	22.78	22.83	22.34	67.95	22.65	518.93	521.21	499.08	4617.2025
35	22.02	22.19	21.98	66.19	22.06	484.88	492.40	483.12	4381.1161
				275.78		2118.91			19035.4586

Cálculo del término de corrección

$$C = \frac{Y^2}{N} = \frac{(24.20+24.32+24.06+23.01+\dots+21.98)^2}{3 \times 4} = 6337.884$$

Cálculo de la suma de totales cuadrados

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - C = (24.20^2 + 24.32^2 \dots \dots 24.06^2) - 6337.884 = 7.48$$

Cálculo de la suma de cuadrados debido a los tratamientos

$$SS_{TRAT} = \frac{\sum_{i=1}^a Y_i^2}{n} - C = \frac{72.58^2 + 69.06^2 \dots \dots 66.19^2}{3} - 6337.884 = 7.2688333$$

Cálculo de la suma de cuadrados debido al error

$$SS_E = SS_T - SS_{TRAT} = 7.48 - 7.2688333 = 0.22$$

Cálculo de la media de la suma de cuadrados debido a los tratamientos

$$MS_{TRAT} = \frac{SS_{TRAT}}{a - 1} = \frac{7.2688333}{4 - 1} = 2.4229444$$

Cálculo de la media de la suma de cuadrados debido al error

$$MS_E = \frac{SS_E}{(N-a)} = \frac{0.22}{(12-4)} = 0.0269417$$

Cálculo de la función Fo

$$F_o = \frac{MS_{TRAT}}{MS_E} = \frac{2.4229444}{0.0269417} = 89.932983$$

Resumen de datos de estadísticos

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0	3	72.58	24.1933333	0.01693333
15	3	69.06	23.02	0.0057
25	3	67.95	22.65	0.0727
35	3	66.19	22.0633333	0.01243333

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7.26883333	3	2.42294444	89.9329828	1.6729E-06	4.06618055
Dentro de los grupos	0.21553333	8	0.02694167			
Total	7.48436667	11				