

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Efecto en la resistencia a la compresión  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ ,  
sustituyendo el cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD.**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil**

**Asesor:**

Moncada Saucedo Segundo

**Autor:**

Trujillo Guerra Masías Vitalio

Huaraz – Perú

2020

### Palabras clave

Tema	Resistencia del concreto
Especialidad	Tecnología del concreto

### Keywords

Subject	Concrete strength
Specialty	Concrete technology

<b>Línea de investigación</b>	Construcción y Gestión de la Construcción
<b>Área</b>	Ingeniería y Tecnología
<b>Subarea</b>	Ingeniería Civil
<b>Disciplina</b>	Ingeniería de la Construcción

Título de la investigación

**Efecto en la resistencia a la Compresión  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ,  
sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD.**

## Resumen

La presente investigación ha tenido por propósito determinar el efecto de la sustitución de cemento en 6%, 12% y 15% por polietileno expandido de alta densidad (PEAD) en la resistencia a la compresión en un concreto  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ , para ello se utilizó la metodología con un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, la población y muestra fueron 36 probetas de concreto patrón y experimental, para ello se inició con la caracterización del PEAD y los agregados naturales utilizados para el diseño de mezcla del concreto, luego se determinó la resistencia a la compresión de las probetas utilizando para el procesamiento de la información la técnica de la observación; los procesos se realizaron teniendo en cuenta las normas establecidas por el American Concrete Instituto (ACI), de lo cual se obtuvo como resultados las resistencias a la compresión promedio del concreto patrón fue de  $214,37\text{kg/cm}^2$  para un  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y para los concretos experimentales se obtuvo  $239,40\text{kg/cm}^2$ ,  $242,87\text{kg/cm}^2$  y  $230,07\text{kg/cm}^2$  para la sustitución de cemento en 6%, 12% y 15% respectivamente para una edad de 28 días, lo que represento un porcentaje de 114%, 115.65% y 109.56% para los porcentajes de sustitución de cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD respectivamente. Como conclusión se obtuvo que la sustitución de cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD influye de forma positiva en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

## Abstract

The present work has aim determined the effect of the substitution of cement in 6%, 12% and 15% by high density expanded polyethylene (HDPE) in the compressive strength in a concrete  $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$ , For this, the methodology with a type of applied research and an experimental research design was used, the population and sample were 36 test tubes of standard and experimental concrete, for this it began with the characterization of the HDPE and the natural aggregates used for the design of concrete mixture, then the resistance to compression of the specimens was determined using the observation technique for information processing; The processes were carried out taking into account the standards established by the American Concrete Institute (ACI), from which the results were obtained, the average compressive strength of the standard concrete was  $214.37\text{kg}/\text{cm}^2$  for an  $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$  and for the experimental concretes,  $239.40\text{kg}/\text{cm}^2$ ,  $242.87\text{kg}/\text{cm}^2$  and  $230.07\text{kg}/\text{cm}^2$  were obtained for the substitution of cement in 6%, 12% and 15% respectively for an age of 28 days, which represents a percentage of 114%, 115.65% and 109.56% for the percentages of cement substitution in 6%, 12% and 15% by HDPE respectively. As a conclusion, it was obtained that the substitution of 6%, 12% and 15% cement by HDPE positively influences the compressive strength of concrete  $f'c = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ .

Índice	
<b>Palabras clave</b> .....	<b>i</b>
<b>Título de la investigación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>iii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>iv</b>
<b>Índice</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>vii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. METODOLOGÍA</b> .....	<b>15</b>
<b>III. RESULTADOS</b> .....	<b>18</b>
<b>IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>28</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>31</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>33</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>34</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>36</b>
<b>ANEXOS Y APÉNDICE</b> .....	<b>37</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de DBCA para las resistencias de las probetas.....	16
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de investigación.....	17
Tabla 3. Ensayos realizados al PEAD y a los agregados naturales.....	19
Tabla 4. Relación de agregados naturales y cantidad de cada elemento .....	20
Tabla 5. Resistencia a la compresión de las probetas con concreto patrón y experimental.....	21
Tabla 6. Resistencia a la compresión promedio de las probetas de concreto patrón y experimental.....	22
Tabla 7. Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error <sup>a,b</sup> .....	26
Tabla 8. Pruebas de efectos inter – sujetos .....	26
Tabla 9. Comparación por parejas del porcentaje de sustitución del cemento por PEAD .....	27

## Índice de figuras

Figura 1. Resistencia a la compresión promedio de las probetas respecto al tiempo de curado .....	23
Figura 2. Resistencia promedio de las probetas patrón y experimental con sustitución del cemento por PEAD.....	24
Figura 3. Seleccionando el material PEAD envase de suero.....	72
Figura 4. Planta Procesadora PEAD de Tarica lugar triturar envase de suero. ....	72
Figura 5. Recolección PEAD plástico de alta densidad envase de suero.....	73
Figura 6. PEAD envase de suero se hace un retiro de etiqueta luego lavado posterior triturado en partículas. ....	73
Figura 7. Lavado PEAD envase suero con agua limpia sin ningún detergente y/o limpiador.....	74
Figura 8. Acopio de PEAD envase de suero y secado al aire libre.....	74
Figura 9. Acopio del PEAD envase de suero en un saco para su posterior uso en el diseño de mezcla. ....	75
Figura 10. Muestra de los agregados en la cantera Tacllan–Huaraz-Ancash.....	76
Figura 11. Agregados Grueso y Fino llevados a laboratorio de la Universidad San Pedro. U.S.P.....	76
Figura 12. Muestra de los agregados en el laboratorio posteriormente se iniciara a sus estudios correspondientes. ....	77
Figura 13. Muestra de Agregado Fino y Agregado Grueso para el contenido de humedad.....	77

Figura 14. Peso agregado grueso, tazón N°.16 = 963g. para el contenido de humedad. .....	78
Figura 15. Peso agregado grueso, tazón N°.18 = 964g. para el contenido de humedad. .....	78
Figura 16. Peso agregado fino, tazón N°.26 = 914.5g. para el contenido de humedad. .....	79
Figura 17. Peso agregado fino, tazón N°.49 = 981.5g. para el contenido de humedad. .....	79
Figura 18. Muestra de agregado fino tazón N°.26, N°.49 y Agregado grueso tazón N°.16, N°.18 puesta en horno para su secado durante 24 horas. ....	80
Figura 19. Muestra de agregado fino tazón N°.26, N°.49 y Agregado grueso tazón N°.16, N°.18 retiro del horno después de 24 horas para su posterior peso. ....	80
Figura 20. Toma de datos en hoja contenido de humedad agregado fino seco tazón N°.26, N°.49 y Agregado grueso seco tazón N°.16, N°.18. ....	81
Figura 21. Agregado grueso cuarteado para la granulometría. ....	81
Figura 22. Peso de los agregados fino para la dosificación correspondiente. ....	82
Figura 23. Agregado grueso a su posterior pesado para la dosificación correspondiente. .....	82
Figura 24. Abriendo el cemento para el pesado y dosificación correspondiente.....	83
Figura 25. Llenado de agua limpia para la mezcla fuera de algún químico dañino... 83	
Figura 26. Pasando las probetas con gasolina para que no se pegue la mezcla. ....	84
Figura 27. Baseado de agregado grueso a la mezcladora para su dosificación correspondiente. ....	84

Figura 28. Realizando la mezcla tanto patrón y con PEAD en los diferentes porcentajes. ....	85
Figura 29. : Realizando la mezcla tanto patrón y con PEAD en los diferentes porcentajes y observando la imagen se realizó el SLUMP.....	85
Figura 30. Posteriormente se llena la mezcla a las probetas que correspondan a los porcentajes de PEAD.....	86
Figura 31. Posteriormente al llenado de la mezcla se procede al varillado.....	86
Figura 32. Probetas culminadas tanto patrón y los porcentajes de PEAD 6%, 12% y 15%.....	87
Figura 33. Probetas culminadas tanto patrón y los porcentajes de PEAD 6%,12% Y 15% son cubiertas con bolsa contra los imprevistos del clima. ....	87
Figura 34. Posterior al curado secado al aire libre, 12 testigos 3 de cada uno para rotura a los 14 días.....	88
Figura 35. Posterior al curado secado al aire libre, 12 testigos 3 de cada uno para rotura a los 28 días.....	88
Figura 36. Las probetas a los 7, 14 y 28 días después de pasar la máquina compresión para una resistencia 210 KG/CM2. ....	89
Figura 37. Posterior a la ruptura del probeta patrón visualización de la presión de maquina ejercida. ....	89
Figura 38. Posterior a la ruptura del probeta patrón visualización de la presión de maquina ejercida. ....	90
Figura 39. Posterior a la ruptura del probeta patrón visualización de la presión de maquina ejercida. ....	90

Figura 40. Posterior a la ruptura del probeta 7 días visualización de la presión de maquina ejercida. ....	91
Figura 41. Posterior a la ruptura del probeta 7 días visualización de la presión de maquina ejercida. ....	91
Figura 42. Posterior a la ruptura del probeta 7 días visualización de la presión de maquina ejercida. ....	92
Figura 43. Posterior a la ruptura del probeta 7 días visualización de la presión de maquina ejercida. ....	92
Figura 44. Posterior a la ruptura del probeta 7 días visualización de la presión de maquina ejercida. ....	93
Figura 45. Posterior a la ruptura del probeta 7 días visualización de la presión de maquina ejercida. ....	93
Figura 46. Posterior a la ruptura del probeta patrón 14 días visualización de la presión de maquina ejercida.....	94
Figura 47. Posterior a la ruptura del probeta patrón 14 días visualización de la presión de maquina ejercida.....	94
Figura 48. Posterior a la ruptura del probeta patrón 14 días visualización de la presión de maquina ejercida.....	95

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se busca la mejor tecnología para satisfacer las demandas de la construcción de tener altas resistencias de los elementos estructurales y no estructurales, además de bajar el costo de elaboración de dichos concretos, es por ello que a nivel mundial se realiza diferentes ensayos en la mezcla de concreto para elaborar elemento cada vez más resistentes y eficientes, además de disminuir en lo posible los agregados naturales, en ese sentido aparecen distintos residuos agroindustriales que transformados en cenizas sirven con sustituto de un porcentaje del cemento, también distintos residuos de vidrio, residuos de polvo de llanta, virutas de acero galvanizado y distintos tipos de plásticos tales como el polietileno extendido de alta densidad (PEAD), estos elementos que sustituyen al cemento o a los agregados naturales se usa para concretos que son utilizado en la elaboración de distintas obras de ingeniería lo cual lo hace importante el estudio de las propiedades mecánicas del concreto experimental, es por ello que en el presente trabajo de investigación se realizó el estudio del efecto en las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión de un concreto convencional  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , sustituyendo el cemento en 6%, 12% y 15% por polietileno extendido de alta densidad (PEAD).

A continuación se realiza el estudio de los antecedentes, los cuales son importantes para realizar un análisis de los trabajos llevados a cabo por algunos investigadores, es por ello que se tiene a investigadores en el ámbito internacional, nacional y local, luego se realiza la fundamentación científica y la descripción de la realidad problemática que se presenta en el trabajo de investigación

Según Punitha et al., (2020), en su artículo de investigación titulado *Investigación experimental de hormigón que incorpora residuos plásticos de HDPE y metacaolín*, en dicho trabajo de investigación los investigadores tuvieron por objetivo investigar el uso de residuos plásticos de metacaolín y HDPE con varios porcentajes

en hormigón con la finalidad que el hormigón sea económico con las propiedades deseadas y para reducir el consumo de agregados naturales, los cuales son no renovables, para ello utilizaron una metodología con un diseño experimental, en la cual se manipulo la variable de plástico de polietileno de alta densidad (PEAD), utilizando para ello la adición de PEAD en 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% respecto a la masa del agregado fino, además de 10% de metacaolín también respecto a la masa del agregado fino, con lo cual obtuvieron como resultado que el hormigón con un 10% de metacaolín y un 15% de polvo de plástico PEAD da mejores resultados en las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión si se compara con el hormigón convencional, y concluyeron que la resistencia a la tracción dividida del hormigón muestra hasta un 80% y un 90% de reemplazo con un 10% de metacaolín y polvo de plástico HDPE al 5% respectivamente.

También Según Bravo & Carrasco (2019), en su trabajo de investigación titulado *Elaboración de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de polietileno HDPE*, los investigadores tuvieron por objetivo determinar cómo influye la adición de fibras de PEAD, en la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para luego elaborar concretos, para ello utilizo una metodologia de tipo de diseño aplicada, un diseño experimental, para ello utilizaron fibras de plástico PEAD, y lo adicionaron en 0,03%, 0,06% y 0,09% respecto a la mezcla expresada en masa, para ello utilizaron 108 probetas con los porcentajes de adición y el concreto patrón, el porcentaje de las resistencias que obtuvieron a los 7, 14 y 278 días de curado fueron de 4,91%, 11, 19% y 11,62% de aumento a la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón de un concreto convencional  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , por lo que llegaron a la conclusión que la adición de PEAD respecto a la masa de la mezcla aumenta la propiedad mecánica de la resistencia a la compresión de un concreto patrón.

También Parra (2019), en su trabajo de investigación titulado *Aplicación del plástico reciclable en la mezcla de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para verificar su*

*influencia en la resistencia a compresión*, en su trabajo de investigación tuvo por propósito general, determinar el efecto de sustituir el agregado grueso por residuos de plástico triturado en la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ , para ello utilizo una metodología que consistió en un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental en su categoría pre – experimental, para obtener los resultados el investigador de la resistencia a la compresión en 6%, 12% y 18% como sustitución del agregado grueso, de lo cual obtuvo una resistencia de  $205,07\text{kg/cm}^2$ ,  $197,81\text{ kg/cm}^2$  y  $190,61\text{ kg/cm}^2$  respectivamente para las sustituciones citadas, de lo que llego a la conclusión que al sustituir residuos de plástico triturado disminuye la propiedad mecánica como la resistencia a la compresión de un concreto convencional.

Según Carhuapoma (2018), en su trabajo de investigación titulado *Efecto de las fibras de polipropileno para concretos de resistencias a la compresión de  $210\text{kg/cm}^2$  y  $280\text{kg/cm}^2$ , elaborados con agregados de la cantera de Cochamarca – Pasco*, en dicho trabajo de investigación tuvo como objetivo general determinar el efecto que tienen de las fibras de polipropileno al adicionar en el concreto convencional con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c= 280\text{ kg/cm}^2$ , para ello lo elaboró con agregados naturales provenientes de la cantera de Cochamarca, para ello utilizo la metodología que involucra un tipo de investigación aplicada y un diseño experimental, para lo cual trabajo con las dosificaciones de cada agregado que trabajó según la Norma DIN para TM de agregado grueso 1 ½”, trabajando con una relación para el concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  de Arena/Piedra (63/37) y para concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  de Arena/Piedra (58/42). Que la adición de las fibras de polipropileno al diseño de concreto de resistencia a la compresión  $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$  y  $280\text{ kg/cm}^2$ , de lo que pudo concluir que para a la combinación y la dosificación adecuada, incrementan la propiedad mecánica de la resistencia a la compresión del concreto en estudio para la aplicación en las obras civiles.

En ese mismo sentido según Léctor & Villarreal (2017), en su trabajo de investigación titulado *Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de nuevo Chimbote*, en dicho trabajo de investigación tuvieron por objetivo general elaborar concreto convencional adicionando materiales plásticos reciclados triturado tal como el polietileno expandido de alta densidad (PET), para lo cual aplicaron una metodología con un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, con ello y la correcta aplicación de las normativas vigentes obtuvieron como resultados la resistencia del concreto de diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al reemplazar el para las mezclas de concreto con 5%, 10% y 15% de adición de plástico reciclado para un tiempo de fraguado de 28 días, la resistencia promedio fue de para el concreto experimental del 5% fue de  $183,76 \text{ kg/cm}^2$ , para el concreto experimental del 10% fue de  $145,74 \text{ kg/cm}^2$ , para el concreto experimental del 15% fue de  $111,30 \text{ kg/cm}^2$  y para el concreto patrón obtuvieron una resistencia a la compresión promedio de  $215,19 \text{ kg/cm}^2$  para ello se determinó el porcentaje de disminución de 14,61%, de 32,28% y de 48,28% para las resistencia a la compresión de los concretos experimentales respecto a la resistencia del concreto patrón, de lo que llegaron a la conclusión que la adición del plástico reciclado afecta negativamente en la resistencia a la compresión de un concreto convencional de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Según Reyna (2016), en su trabajo de investigación titulado *Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo*, en el cual tuvo por objetivo general determinar la utilización de los residuos de plástico PET, así como el papel y bagazo de caña de azúcar como un sustituto del agregado grueso para la elaboración de un concreto ecoamigable con el medio ambiente y también que sea de bajo costo que pueda ser utilizado para la construcción de viviendas, la metodología que utilizó fue un tipo de investigación aplicada y un diseño experimental, para lograr su objetivo utilizó una población y muestra de 27 probetas de concreto sustituyendo el 5%, 10% y 20% de residuos en masa de agregado grueso,

ello le llevo a obtener una resistencia a la compresión de 459,26 kg/cm<sup>2</sup> con un diseño de mezcla de sustitución de 5% de agregado grueso por residuos de PET, papel y bagazo de caña de azúcar. Llegando a la conclusión que es factible elaborar concretos con sustitución de residuos de plástico PET.

También según Zavala (2015), en su trabajo de investigación *Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado*, en dicho trabajo de investigación tuvo por objetivo general realizar un diseño de un concreto utilizando residuos de plástico reciclado y con ello desarrollar el diseño de morteros hidráulicos, para la industria de la construcción, que sean utilizados en los diseños arquitectónico, para ello utilizo una metodología de tipo de investigación aplicada, con un diseño de investigación experimental, con lo que obtuvo por resultados que los elementos diseñados a base de cemento y PET en proporción 1.0:0.50, tiene un peso específico de 1,22g/cm<sup>3</sup>; que es entre un 15% y 20%, menor que los creados con agregados naturales extraídos de las canteras, con ello obtuvo también que la resistencia a la compresión del concreto diseñado fue de 62,66kg/cm<sup>2</sup>, el cual es un 40,00% menor a la resistencia del diseño de un concreto elaborado a base de agregados naturales, llegando a la conclusión que es factible elaborar concretos a base de plástico residual para la utilización en arquitectura.

Y por último según Astopilco (2015), en su trabajo de investigación titulado *Comparación de las propiedades físico mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca, 2015*, en dicho trabajo de investigación tuvo como finalidad principal realizar una comparación entre las principales propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería como son los ladrillos de concreto que lo elaboro a través de la inclusión de residuos plásticos de PVC, para ello utilizo una metodología con un diseño experimental, con lo que obtuvo los resultados de la resistencia a la compresión promedio de una reducción de 7,89% para ladrillos de concreto con 50% de PVC y una disminución de

6,85% para ladrillos de concreto con 100% de PVC, también observo que para el ensayo de módulo de rotura de los ladrillos de concreto con 50% de PVC presentaron mayor capacidad de resistencia a flexión de lo cual obtuvo una resistencia a la flexión promedio de 142,06 kg/cm<sup>2</sup>, con lo que pudo concluir que es factible elaborar ladrillo de concreto para obras que no requieran alta resistencia a la compresión, tales como cercos perimétricos, u otras obras de construcción.

En este apartado se definieron las teorías relacionadas al tema, tales como las variables, y además de la realidad problemática por lo que se abordó el trabajo de investigación, es por ello que según Serrano & Pérez (2010), afirmaron que para mezclas consistentes se debe utilizar, ciertos elementos tales como, el cemento hidráulico, agua, triturado y Arena, lo cual coincide con la norma ASTM, 1994 y en algunas ocasiones, dependiendo de la resistencia del concreto se le agrega otros compuestos que reemplazan a algunos elementos tales como aditivos, que dotan de propiedades que ayudan a las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla de concreto convencional o experimental, lo cual puede convertirlo a un concreto de alto desempeño, en ese sentido según Sánchez (2001) afirmo que la máxima fuerza que se aplica a una determinada área de contacto se le denomina resistencia a la compresión, esta fuerza se le aplica a concretos y morteros y su geometría puede ser cilíndrico y paralelepípedo donde se aplica la carga axial, donde las unidades de medida son los megapascales o sus equivalentes de acuerdo sea el sistema de unidades de trabajo.

También Sánchez (2001), afirmo que existe el concreto hidráulico, el cual es el resultado de la mezcla homogénea de las dosis óptimas de cemento, agua, agregado fino, agregado grueso, aditivos, entre otros, con el objetivo de cumplir las distintas obras que cada día requiere un concreto de alto desempeño y a bajo costo, entre las principales obras de ingeniería utilizados es la instalación de pavimentos, pisos, banquetas, etc. Este tipo de concreto es bastante demandado por sus características de durabilidad, trabajabilidad, impermeabilidad y resistencia, además de sus propiedades

mecánicas, destacando la alta resistencia a la compresión, sin embargo, el indicador del módulo de ruptura es fundamental para la instalación de pavimentos, en el cual es necesario y fundamental que se mezcle o adicionen materiales como la grava y la piedra que son extraídos del subsuelo, en muchos casos llamadas canteras de agregados estos elementos reaccionan químicamente con el cemento Portland que en conjunto forman una pasta cementante que es muy utilizado en las construcción desde pavimentos hasta estructuras de alto rendimiento.

En ese sentido según Serrano & Pérez (2010) afirmaron que hay dos indicadores que se debe tener presente para la caracterización de la resistencia de un elemento de concreto, ya sea cilíndrica o paralelepípedo, estos ensayos que se le debe realizar son la resistencia a la compresión o resistencia a la rotura, el cual es una propiedad mecánica que identificara a la unidad estudiada y la propiedad físico mecánicas es el módulo de elasticidad de la unidad estudiada; estos ensayos deben realizarse respetando los días de curado o hidratación del concreto elaborado, estos días de fraguado pueden ser a los 7, 14 y 28 días después de la elaboración del concreto; para ello se han estandarizado los procedimientos y han sido publicados en la norma ASTM C469 que rige y guía el proceder, además de indicar las dimensiones que debe tener la probeta de concreto patrón y experimental y la fuerza que se le debe imprimir a dicha unidad de análisis y llevarlo al extremo de que presente fallas o roturas en dicho proceso de evaluación directa con dicha prueba destructiva.

Según Bautista & Parra (2010), afirmaron que es importante los controles de calidad durante todo el proceso de la elaboración del concreto convencional, destacando la calidad de los agregados naturales como el agregado grueso, agregado fino, cemento, entre otros elementos, luego se debe tener en consideración la resistencia del concreto que se desea elaborar para determinar la relación agua/cemento que pueda responder a un correcto slump y el requerimiento de la obra en donde se utilizara dicho concreto; además se debe tener en cuenta los distintos estados en la elaboración del concreto, es por ello que para el concreto fresco se tiene

una composición en donde el concreto es un producto semilíquido conteniendo todos los elementos como los agregados, el agua y el cemento Portland, es allí en donde se agrega al molde la pasta cementante y con el paso del tiempo se va fraguando y tomando la condición de rigidez que se puede utilizar en distintas obras civiles, cabe indicar que esta etapa es fundamental pues se hidrata al concreto para evitar las fracturas y así pueda convertirse en una unidad que soporte los cambios de temperatura y climas extremos del ambiente.

En ese mismo sentido Serrano & Ferreira (2009), afirmaron que el concreto endurecido presenta propiedades tales como la propiedad mecánica que se caracteriza principalmente por la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería que se ha elaborado a base de agregados naturales, agua, cemento y aditivos, esta prueba de calidad se realiza para identificar el diseño teórico del concreto y su aplicación en la obra, es por ello que esta prueba determina su aceptación o rechazo de este tipo de concreto, y generalmente se determina por la fuerza que puede soportar en una determinada área sin que se fracture la unidad de concreto, para lo cual hace que esta determinación de la resistencia a la compresión sea utilizada para medir el índice de calidad del concreto, el concreto que cumpla satisfactoriamente dicho ensayo, es utilizado para soportar cambios bruscos de temperatura, además se tiene otras propiedades tales como la trabajabilidad del concreto y la absorción total de esta unidad de concreto estudiada, es así como esta unidad de concreto es capaz de tener sostenibilidad y duración a estos agentes externos por más extremos que sean.

Además también la unidad de concreto debe tener módulo de elasticidad, la cual es un factor importante que se relaciona directamente con el esfuerzo y la deformación que se genera al aplicar o someter dicho concreto a un corte constante y que al ejercer presión en una determinada área se modela una curva y es medida o tabulada en donde se encuentra el punto de inflexión de tal lugar geométrico, es por ello que se debe realizar un estudio detallado de las condiciones que se presentan en el diseño de mezcla, tales como la resistencia a la compresión, la tensión del trabajo, la

forma y tiempo de curado y el grado de humedad, también se dice que el módulo de concreto se caracteriza pues presenta la proporcionalidad directa entre la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad, además cabe indicar que la fuerza o tensión de trabajo presenta una proporcionalidad inversa con el módulo de elasticidad del concreto estudiado.

Según NTP 400.011:2008 (2018), afirmo que los agregados son extraídos de la superficie terrestre y que presentan características distintas dependiendo si es agregado fino o agregado grueso, estos agregados pueden presentarse de forma natural o forzada artificialmente que deben ser parte de la mezcla para la elaboración de concretos convencionales, también afirmo que estos elementos son producto del paso del tiempo y su impacto en el desintegramiento de diferentes rocas por causas naturales o por manipulación mecánica que se da a través de la trituración de las rocas, estos agregados se le puede nombrar como agregados de trituración, en ambos casos se dice que los agregados son no renovables y se agotan por una indiscriminada explotación, además de la mezcla adecuada de estos dos tipos de agregados se obtiene agregados de acuerdo al requerimiento del tipo de mezcla y diseño característico que se desea lograr para una obra en específico o de acuerdo al uso que se presenta.

Es por ello que los agregados que son más empleados en la elaboración de concretos provienen de la desintegración o trituración de algunas rocas ígneas, de las rocas sedimentarias y también de las rocas metamórficas, estas rocas son las encargadas de proporcionar todos los agregados que se utiliza en las obras civiles y lo que se busca es que las características los agregados sean similares a la de los agregados naturales o de trituración tales como las propiedades mecánicas y propiedades físicas, cabe indicar también que actualmente con toda la tecnología existente se está produciendo agregados de forma artificial, destacando el agregado artificial perlita y el agregado artificial denominado vermiculita, siendo tratadas a través de espumas volcánicas, además con el propósito de cumplir las normas vigentes para el análisis y características de las construcciones tales como el reglamento

nacional de edificaciones y la ASTM los cuales indican los ensayos que se deben realizar a los distintos agregados, destacando la granulometría, su peso específico aparente, el porcentaje de absorción, el contenido orgánico, entre otros ensayos.

El ensayo de granulometría es el proceso de clasificar o separar a los distintos tipos de agregados por distintos tipos de tamices, en la cual se realiza procesos secuenciales que inicia por el tamiz #4, este tamiz es el filtro para que se diferencie entre un agregado fino y un agregado grueso, si el agregado natural o artificial pasa por este tamiz se considera agregado fino y en ese mismo sentido al agregado que es retenido se le considera agregado grueso, saber diferenciar entre estos agregados disminuye el costo de la obra, pues al tener mayor agregado grueso se utiliza menor volumen para el concreto elaborado, otros ensayos realizados a los agregados es el peso específico aparente que se obtiene al retirar toda el agua libre del agregado natural o artificial, teniendo también el ensayo de absorción del concreto que se lleva a cabo al someter al concreto elaborado a una hidratación y se mide la cantidad de agua que es capaz de absorber en los poros de las partículas del concreto, este factor es de suma importancia pues afecta directamente a la resistencia a la compresión del concreto elaborado además afecta el tiempo de duración o uso del concreto y se ve afectada la relación agua/cemento del concreto diseñado.

Las densidades aparentes de los agregados naturales o artificiales es importante pues relaciona el peso necesario para un volumen determinado de dicho agregado, en lo cual se destacan los espacios huecos que se presentan al tratar de ocupar el volumen seleccionado, este parámetro varía de acuerdo a la compactación del agregado y el diámetro de las partículas que se están analizando, este parámetro es afectado por la densidad ya sea suelta o compactada, estos valores deben ser utilizados para una correcta dosificación de los elementos que componen la mezcla que sirve para el diseño del concreto, otros ensayos necesarios son el contenido de humedad, el cual se determina por la cantidad de agua que tiene el agregado respecto a la cantidad de sólidos secos presentes en dicho material, entre otras características, estos ensayos son

necesarios pues determinan las características físicas y químicas de los agregados con lo que se puede realizar estudios y operaciones que aumenten la resistencia a la compresión, las propiedades físicas del concreto elaborado, y así poder reducir los costos de elaboración, y poder realizar obras en menor tiempo debido al fraguado o tiempo de curado.

Para definir al plástico de alta densidad (PEAD) se puede citar a Faber (2009), quien afirmó que este tipo de plástico es elaborado a temperaturas no mayores a los 70°C y a base de etileno, también presenta una estructura lineal, y un tipo cristalino, presenta una densidad promedio similar al del agua, esta densidad es de 950kg/m<sup>3</sup>, es trabajable y muy versátil, lo que lo hace comercialmente común para todo tipo de industria, además dentro de sus principales usos se encuentra en la fabricación de estructuras fuerte, tales como en bolsas plásticas, botellas de medicamentos o sueros, cuerdas o aparejos de pesca artesanal e industrial, otra característica fundamental es que soporta altas temperaturas de vapor humedo especialmente las temperaturas de autoclave para la desinfección de los productos, lo cual lo hace muy útil para la fabricación de distintas tuberías para cual tipo de industria, tales como minería, agricultura, construcción, entre otras; por su utilidad también puede ser utilizado en la elaboración de distintos productos en combinación de otros elementos, también cabe indicar que presentan un valor de transmitancia que depende directamente del espesor del PEAD, pero puede ir de 0% a 40% según sea el caso.

Según Roca (2005), afirmó que para la caracterización del PEAD se deben realizar distintos ensayos que permitan identificar características tales como la permeabilidad que es afectada por el espesor del PEAD, la densidad promedio y la temperatura en la cual se ha realizado la medición del ensayo, también absorbe una mínima humedad por tener características de naturaleza no polar, además se tiene características de solventes alifáticos, y de compuestos aromático, la permeabilidad es referente a los aceites y grasas, y por último se debe tener presente que este material es permeable a ciertos elementos como los aromas de alcanfor, hierbabuena entre otras

fragancias y aceites comerciales, es por ello que se debe analizar el PEAD de acuerdo a su tipo de tensión que se presenta en el elemento que lo hacen especialmente, y se le conoce como homopolímero.

También dentro de sus propiedades químicas más relevantes se presenta la reactividad a los reactivos del tipo inorgánico los cuales pueden ser ácidos inorgánicos y algunos veces la alcalinidad es elevada respecto a los productos de características similares, también se realiza un ataque agresivo de disolventes que afectan directamente en las características tales como el ablandamiento del producto así como el abultamiento o hinchazón, que en muchas veces llega a la disociación total o disolución, además presentan polímeros con características cristalinas que le dotan de mayor resistencia si se compara con un material amorfo de similares características químicas, además presenta un aumento de la resistencia de las estructuras en donde también aumenta el peso molecular del elemento, es por ello que es beneficioso sustituir o adicionar en compuestos de mezclas o diseño que ayuda a las características físicas y mecánicas del elemento y por último el ensayo para determinar este comportamiento está dado por la fuerza que se aplica a una determinada área de contacto y el módulo de elasticidad del elemento estudiado para sus características físicas y mecánicas.

De lo anteriormente estudiado se aborda la realidad problemática en el ámbito internacional, específicamente en las grandes construcciones internacionales se sustituyen o adicionan cemento con aditivos que buscan incrementar o decrementar la resistencia a la compresión del concreto, sin embargo, con la finalidad de estudiar el comportamiento del concreto en función de su resistencia a la compresión y de buscar nuevas formas de diseño de concreto que reduzca los costos, se han sustituido el cemento con materiales orgánicos (cenizas de plantas,) e inorgánicos (cauchos y plásticos), en porcentajes que van desde 3% hasta 20%. Estos estudios han sido tratados en laboratorios y se ha determinado sus capacidades en cuanto a fuerza de compresión con resultados diferentes para porcentajes diferentes y sustituciones

diferentes. Se han desarrollado diversos diseños de concreto con la finalidad de obtener diversas magnitudes de resistencias para diversas aplicaciones, las cuales dieron como resultado al concreto ciclópeo y concreto armado. Asimismo, para obtener diversos valores de resistencia a la compresión se han utilizado mezclas sustituyendo cemento por materiales tales como plásticos de botellas, cauchos de llantas, etc.

A nivel nacional, se han encontrado diseños de concreto con sustitución de diversos tipos de materiales en sustitución de cemento o agregado, adición de cuerpos orgánicos e inorgánicos con resultados menores al FC convencional, la determinación de las resistencias del concreto ante la sustitución de porcentajes de cantidades en peso de cemento se ha estudiado con la finalidad de dar al concreto uso menor a los concretos estructurales. La sustitución de plástico de alta densidad en el concreto en porcentajes es un tipo de diseño de concreto que se han aplicado escasamente, no existen antecedentes sobre este tipo de estudio, si existen con cenizas de materiales similares con diversos resultados, por lo tanto, la determinación de la resistencia a la compresión del concreto ha constituido una necesidad de cálculo.

Además es necesario indicar que a nivel internacional y nacional son pocas las investigaciones realizadas en diseños de concreto armado o ciclópeo con plásticos de alta densidad tales como tubos de PVC, galones de combustibles, etc., problemática caracterizada por la falta de conocimientos e información sobre el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto ha motivado al investigador por conocer la variabilidad de la fuerza de compresión al adicionar plástico de alta densidad, así como ver y estudiar sus aplicaciones, dado que el plástico es fácil de obtener y que constituye un elemento de contaminación ambiental en la zona.

A nivel local, se han realizado estudios de sustitución de cemento con cuerpos orgánicos propios de la zona (caucho, plástico de botellas, etc.), sin embargo, no

existen investigaciones realizadas con plásticos de alta densidad. La sustitución porcentual de plástico de alta densidad al concreto por cemento involucra el cálculo de la resistencia a la compresión con la finalidad de satisfacer las demandas de calidad en construcciones en donde se pueda utilizar el concreto con un menor Fuerza de compresión.

Por lo tanto, este proyecto de investigación se realizó para determinar comparativamente la resistencia a la compresión de cada una de las mezclas de concreto con sustituciones de plástico de alta densidad en los porcentajes indicados de cemento y plástico, el análisis comparativo también implica la comparación con la resistencia a compresión del concreto sin sustitución de plástico para una fuerza de compresión de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

Es por ello que el trabajo de investigación se justificó a nivel científico el presente trabajo de investigación va a alcanzar los conocimientos teóricos respecto a la fuerza de compresión del concreto cuando se le adiciona plástico de alta densidad, y de esta manera se pueden aplicar a construcciones en función de la fuerza de compresión obtenida. La presente investigación será de mucha utilidad para las investigaciones futuras, debido a que no se cuenta con mucha información sobre la incorporación del relave minero al concreto permeable en nuestro medio.

A nivel **social** el presente trabajo de investigación mejorara las condiciones de la ciudad al sustituir agregado por PEAD, es por ello que beneficiara a la sociedad desde el punto de vista del ornato de la ciudad y la utilización del plástico para usos en distintas obras de la ciudad de Huaraz.

A nivel económico el presente trabajo de investigación la adición de plástico de alta densidad podría aminorar el costo del concreto, en ese sentido se va a beneficiar a los futuros usuarios, a los constructores y a la sociedad en su conjunto. La utilización

de concreto con adición de plástico de alta densidad se puede aplicar a ciertos procesos de la construcción va a contribuir con la reducción de los costos ya que este tipo de concreto será más económico que el concreto tradicional.

De lo anterior se planteó el siguiente problema ¿Cuál es el efecto de sustituir el cemento en 6%,12% y 15% por PEAD en la resistencia a la compresión  $f^c=210\text{kg/cm}^2$ ?, de lo cual se formuló la hipótesis de que la sustitución de cemento en 6%, 12%, y 15% por PEAD aumenta la resistencia a la compresión  $f^c=210\text{kg/cm}^2$ , para ello se tuvo como objetivo general Determinar el efecto de sustituir el cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD en la resistencia a la compresión  $f^c=210\text{kg/cm}^2$  de lo cual se desprendieron los objetivos específicos de Caracterizar las propiedades físico y química de los agregados, así como del material PEAD fragmentado, Diseñar la mezcla para el concreto  $f^c=210\text{kg/cm}^2$  patrón, y del concreto experimental sustituyendo el cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD, Determinar la resistencia a compresión del concreto patrón y experimental sustituyendo en 6%,12 y 15% por PEAD a los 7, 14 y 28 días de curado y evaluar el efecto de sustituir el cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD en la resistencia a la compresión  $f^c=210\text{kg/cm}^2$ .

## **II. METODOLOGÍA**

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

El tipo de investigación lo definieron los autores Hernández, Fernández & Baptista (2014), como básica y aplicada, dentro de la cual la investigación de tipo aplicada es la utilización de las teorías y fundamentos de una determinada materia para la solución de un problema real, es por ello que el presente trabajo de investigación fue del tipo de investigación aplicada, porque se hizo uso de las tecnologías existentes

en la determinación de la resistencia a la compresión del concreto al sustituir cemento por fragmento de plástico extendido de alta densidad.

Según Carrasco (2013), definió al diseño de investigación como las etapas secuenciales que se llevan a cabo para obtener resultados verificables y que además el investigador debe manipular las variables para diseños experimentales, es por ello que el presente trabajo de investigación tuvo un diseño de investigación experimental, para el análisis de los resultados se realizó a través de un diseño en bloque completamente al azar, con la comparación de un patrón.

Tabla 1. Tabla de DBCA para las resistencias de las probetas

Tiempo de edad	Sustitución de cemento por PEAD			
	0%	6%	12%	15%
7 días	R11	R12	R13	R14
	R11	R12	R13	R14
	R11	R12	R13	R14
14 días	R21	R22	R23	R24
	R21	R22	R23	R24
	R21	R22	R23	R24
28 días	R31	R32	R33	R34
	R31	R32	R33	R34
	R31	R32	R33	R34

Fuente: Elaboración propia, basada en el método del proyecto

## 2.2. Población, muestra y muestreo

Según Hernández, Fernández & Baptista (2014), definieron a la población como el conjunto de las características de la unidad de análisis que pertenece al objeto de estudio, además dichos elementos deben ser finitos o infinitos y que presente similitudes entre ellos. Es por ello que la población del presente trabajo de investigación tuvo como población de estudio a un conjunto probetas elaborados con sustitución de cemento en 0%, 6%, 12% y 15% por PEAD.

Según Tamayo & Tamayo (2006), definieron a la muestra como el conjunto particular de elementos que se ha extraído de la población y que representa adecuadamente todas las características relevantes de la población para la investigación., es por ello que en el presente trabajo de investigación se utilizó como muestra lo que indica el reglamento NTP 334.051-2006 donde señala que se debe preparar (3) o más muestras para cada periodo de ensayo, teniendo en cuenta que los periodos de ensayos son a 7, 14, y 28 días de fraguado.

Para tener representatividad y que el estudio sea fiable, se tuvo una muestra de 36 unidades de probetas que fueron elaborados teniendo en cuenta la mezcla, en la cual las primeras 9 probetas no serán sustituido el cemento por PEAD, 9 probetas serán sustituido el cemento en 6% por PEAD, 9 probetas fueron sustituido el cemento en 12% por PEAD y las 9 últimas probetas se realizaron la sustitución del 15% el cemento por PEAD. Todo esto se especificó en la tabla 1. Para ello, se realizó un muestreo por conveniencia, para tener representatividad de los ladrillos de concreto en la rotura de la compresión de todos los ladrillos estudiados.

### 2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas e instrumentos de investigación que se utilizaron para la recolección de los datos que permitieron determinar el efecto que tiene la sustitución de cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD en la resistencia del concreto. Estas técnicas e instrumentos que se utilizaron para lograr ese objetivo, lo cual se especifica en la Tabla 2.

Tabla 2. Técnicas e instrumentos de investigación

Variable	Técnica	Instrumentos	Fuente
PEAD	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica Ver Anexo	Bibliotecas físicas y virtuales

	Observación	Fichas laboratorio	de	Encargado del laboratorio	
Resistencia a la compresión $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ de un concreto	Observación	Formatos laboratorio	de	Encargado del laboratorio	
	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica Ver anexo		Bibliotecas físicas y virtuales	

Fuente: Elaboración propia, basada en el método del proyecto

## 2.4. Procesamiento y análisis de la información

Entiéndase por procesamiento de la información como la aplicación sistemática de las principales operaciones necesarias para entender un conjunto de datos, también maximizar el beneficio de la información que estos datos representan, además el procesamiento de la información principalmente sirve para agrupar los datos con el objetivo de facilitar al investigador el análisis de la información según los objetivos, hipótesis y preguntas de la investigación construidas por medio de datos numéricos que ya están formuladas. Los datos obtenidos de la medición de la evaluación de las resistencias físicas y mecánicas del concreto adicionado con plástico de alta densidad, fueron verificados, registrados, lo cual sirvió para la prueba de hipótesis en el software SPSS v.25.0 for Windows donde se realizó los cálculos matemáticos y estadísticos.

## III. RESULTADOS

### 3.1. Caracterizar las propiedades físico y química de los agregados, así como del material PEAD fragmentado

Para la caracterización del polietileno expandido de alta densidad (PEAD), como sustituyente del cemento en la mezcla del concreto, para lo cual se realizó el análisis granulométrico, encontrando un tamaño máximo nominal de ½” y un módulo de fineza de 7.00, el peso específico aparente del PEAD, lo cual fue de 1,16 y los pesos unitarios suelto y compactado fueron de 252kg/m<sup>3</sup> y 323kg/m<sup>3</sup> respectivamente, además se realizó la caracterización de los agregados naturales que provinieron de la cantera Tacllan, para lo cual se realizó el análisis granulométrico de los agregados naturales, como el agregado grueso, obteniendo el tamaño máximo nominal de ¾”, una humedad de 0,52%, un peso específico aparente 2,71, una absorción de 0,90%, un peso unitario suelto 1482kg/m<sup>3</sup> y un peso unitario compactado 1584kg/m<sup>3</sup>, para el agregado fino se realizó los ensayos granulometría con tamaño máximo nominal #4, módulo de fineza 2,6, una humedad de 3,63%, un peso específico aparente 2,655, una absorción de 1,04%, un peso unitario suelto 1198kg/m<sup>3</sup> y un peso unitario compactado 1584kg/m<sup>3</sup> (ver Anexo 1)

Además se realizó el ensayo de solidos solubles del agregado fino de lo que se obtuvo 0,103%, el ensayo de impurezas orgánicas del agregado fino, dando como resultado el grado 1 dentro de la placa orgánica de colores de Gardner, lo cual significo que el agregado fino es limpio y no tiene impurezas orgánicas lo cual es buena o de excelente calidad de lo que se pudo usar para realizar el diseño de las mezclas y otros tipos como agregados naturales. Estos ensayos realizados a los agregados naturales y el polietileno expandido de alta densidad (PEAD) y los resultados para cada análisis se resumen en la tabla 3.

Tabla 3. Ensayos realizados al PEAD y a los agregados naturales

Tipo de ensayo	Valor reportado del material		
	PEAD	Agregado fino	Agregado grueso
Contenido de humedad	----	3,63%	0,52%
Tamaño máximo nominal	½”	#4	¾”

Módulo de fineza	7.0	2,3	----
Peso específico aparente	1,16	2,655	2,67
Absorción	----	1,04%	0,90%
Peso unitario suelto	252kg/m <sup>3</sup>	1198kg/m <sup>3</sup>	1482kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	323kg/m <sup>3</sup>	1362kg/m <sup>3</sup>	1584kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

### 3.2. Diseñar la mezcla del concreto para $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón, y del concreto experimental sustituyendo el cemento en 6%,12 y 15% por PEAD

Para el diseño de mezcla se analizó todos los elementos que intervienen en la mezcla para elaborar el concreto patrón y experimental, en los cuales se cumplió con los ensayos de calidad de los distintos agregados naturales y aditivos (PEAD) utilizados y para los demás elementos que complementan la mezcla según la norma ACI, entre los ensayos realizados se tuvo a la granulometría, contenido de humedad, peso específico aparente, absorción, peso unitario suelto y peso unitario compactado, entre otros. Para los cálculos del diseño de la mezcla se realizó de acuerdo a la metodología A.C.I, lo cual se llevó a cabo en el en el laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos, en el cual se realizó el diseño de mezcla para una bolsa de cemento, de una resistencia de  $210\text{ kg/cm}^2$  y luego se realizó el concreto patrón y experimental, esto se puede observar en la tabla 3. Para mayor detalle ver anexo 2.

Se determinó que el diseño de mezcla para elaborar las probetas de concreto patrón y experimental con sustitución de cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD, para ello se tuvo en cuenta la relación agua/cemento, agregado fino/cemento, agregado grueso/cemento y PEAD/cemento y la cantidad de agua, agregados naturales y PEAD para la elaboración de las 9 probetas de concreto. Esto se especifica en la tabla 4.

Tabla 4. Relación de agregados naturales y cantidad de cada elemento

Concreto	Relación	Cantidad de cada elemento (9 probetas)
----------	----------	--

	C/C : A/C : AF/C : AG/C : PEAD/C	Cemento (kg)	Agua (l)	Agregado Fino (kg)	Agregado grueso (kg)	PEAD* (kg)
Patrón	1 : 0.55 : 2.93 : 3.22 : ----	16,74	9,18	48,87	53,73	----
Experimental 6%	1 : 0.58 : 3.11 : 3.42 : 0.06	15,75	9,18	48,87	53,73	0,99
Experimental 12%	1 : 0.62 : 3.33 : 3.65 : 0.14	14,76	9,18	48,87	53,73	1,98
Experimental 15%	1 : 0.65 : 3.44 : 3.78 : 0.18	14,22	9,18	48,87	53,73	2,52

(\*) Es el polietileno expandido de alta densidad

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

### 3.3. Determinar la resistencia a compresión del concreto patrón y experimental sustituyendo en 6%, 12% y 15% por PEAD a los 7, 14 y 28 días de curado

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las 36 probetas de concreto, de las cuales 9 probetas fueron de concreto patrón, y 27 probetas fueron experimentales donde 9 fueron con sustitución de cemento en 6% por PEAD, 9 probetas a base de sustitución de cemento en 12% por PEAD y por ultimo 9 probetas experimentales a base de la sustitución de cemento en 15% por PEAD, las resistencias a la compresión de las probetas fueron determinadas a los 7 días, 14 días y 28 días de curado. Tales resistencias se observan en la tabla 5.

Tabla 5. Resistencia a la compresión de las probetas con concreto patrón y experimental

Tiempo de edad	Sustitución de cemento por PEAD			
	0%	6%	12%	15%
	173.7 kg/cm <sup>2</sup> (*)	204,7kg/cm <sup>2</sup> (*)	169,7kg/cm <sup>2</sup> (*)	147,9
7 días	171,0	203,3	171,3	156,2
	176,3	200,2	176,9	182,8
14 días	186,5	216,9	207,0	170,5
	191,3	218,3	210,0	166,1

	187,7	221,4	205,0	165,9
	211,8	245,6	262,0	236,1
28 días	215,2	233,5	231,2	230,4
	216,1	239,1	235,4	223,7

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

Para un mejor análisis se trabajó en base al promedio de las resistencias a la compresión que presentaron las probetas elaboradas a base del concreto patrón y experimental en lo cual se ha sustituido el cemento por PEAD en un porcentaje de 6%, 12% y 15%, esto se consolido en la tabla 6.

Tabla 6. Resistencia a la compresión promedio de las probetas de concreto patrón y experimental

Tiempo de edad	Sustitución de cemento por PEAD			
	0%	6%	12%	15%
7 días	173,67kg/cm <sup>2</sup> (*)	202,73kg/cm <sup>2</sup> (*)	172,63kg/cm <sup>2</sup> (*)	162,30kg/cm <sup>2</sup> (*)
14 días	188,50	218,87	207,33	167,50
28 días	214,37	239,40	242,87	230,07

(\*) Resistencia a la compresión a las condiciones de sustitución y días de curado

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos, en la Tabla 5.

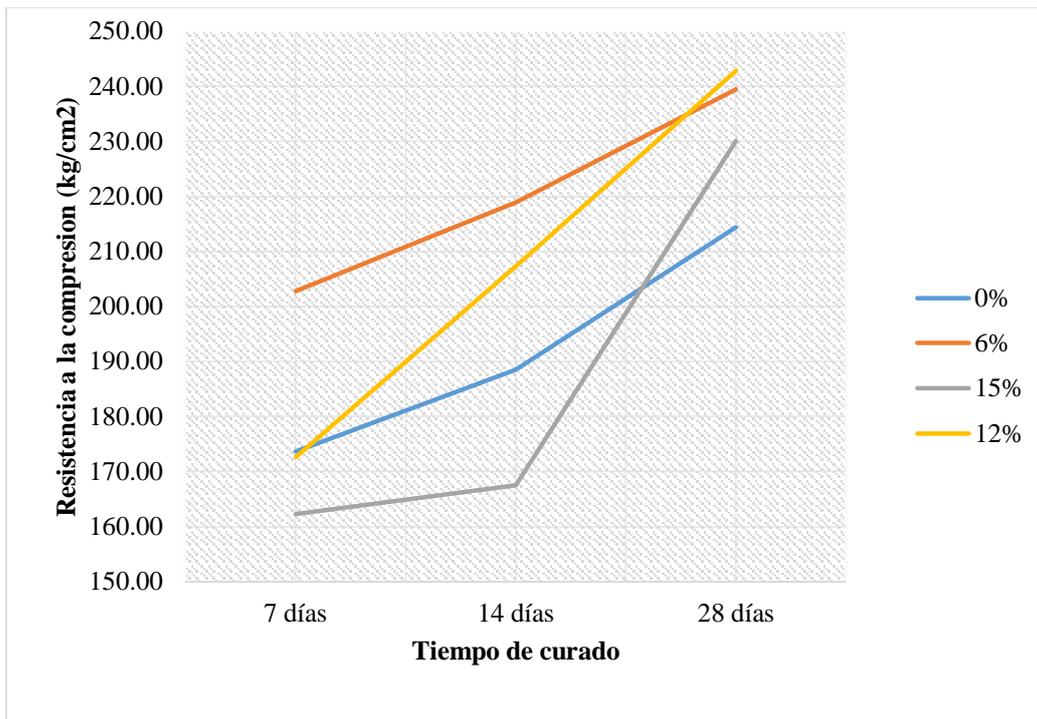


Figura 1. Resistencia a la compresión promedio de las probetas respecto al tiempo de curado

De la figura 1, se puede apreciar el comportamiento de la resistencia promedio de una probeta patrón y experimental. Se puede observar una resistencia máxima promedio de  $242,87\text{kg/cm}^2$  el cual se genera de la probeta experimental con 12% de sustitución de cemento por PEAD a los 28 días de curado y la mínima resistencia a la compresión promedio de  $162,30\text{kg/cm}^2$  cuya resistencia a la compresión pertenece a la probeta elaborada con concreto experimental con una sustitución de 15% de cemento por PEAD a los 7 días de curado. También se puede observar que la sustitución de cemento por PEAD, aumenta la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón a base de cemento, pero al aumentar de 12% se tiene una tendencia a disminuir tal propiedad mecánica, por lo que al sustituir el cemento hasta en un 12% por PEAD presenta una mejor resistencia a la compresión.

En la figura 2, se observa que las resistencias a la compresión más altas los presentan las probetas que se han elaborado a base de concreto experimental en el cual a los 28 días de curado se obtienen los valores más altos y la tendencia a subir de la sustitución de 12% de cemento por PEAD y para una sustitución de 15% de cemento

por PEAD, se presentó el sentido inverso, ósea a disminuir la resistencia a la compresión.

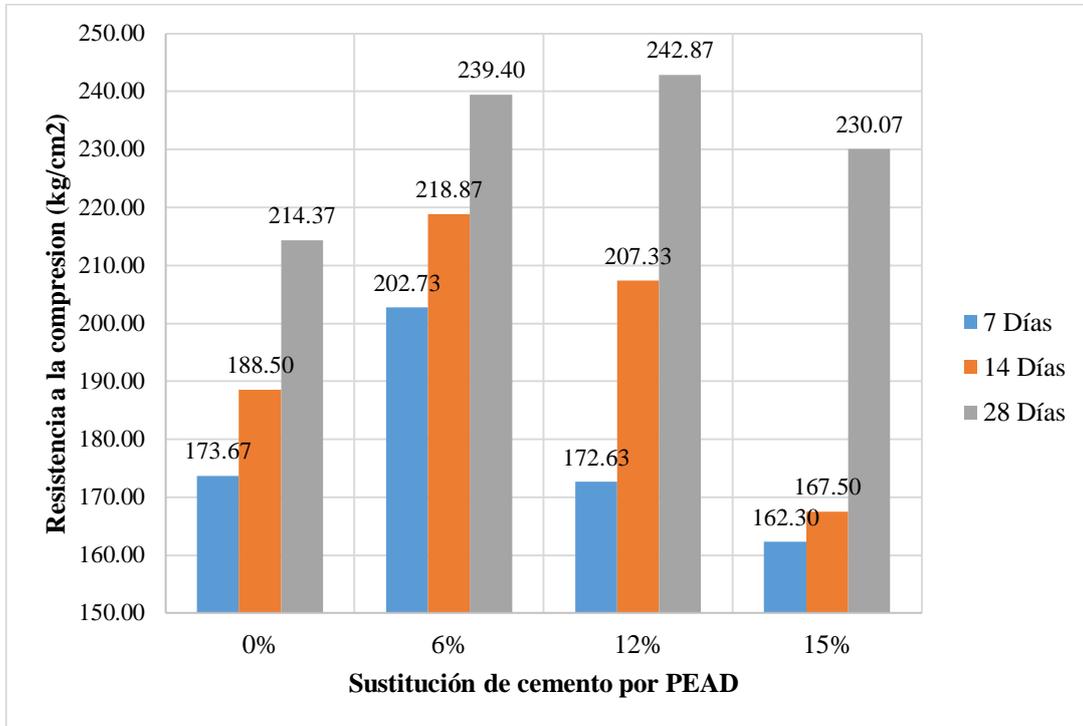


Figura 2. Resistencia promedio de las probetas patrón y experimental con sustitución del cemento por PEAD.

### 3.4. Evaluar el efecto de sustituir el cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD en la resistencia a la compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Para la evaluación del efecto de sustituir cemento por PEAD, se utilizó el software SPSS v.25, del cual se realizó un análisis del diseño en bloque completamente al azar (DBCA), para lo cual se realizó una matriz de las resistencias a la compresión de las probetas que se elaboraron a base de concreto patrón y experimental, como se puede apreciar en el anexo 4. Para ello se planteó un diseño en bloques completamente al azar, en donde los bloques fueron los días de curado y el factor a estudiar fueron los porcentajes de sustitución del cemento por PEAD, para ello se tuvo un modelo lineal general que se detalla a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}; i = 1, 2, 3, 4 \text{ y } j = 1, 2, 3.$$

Donde:

$Y_{ij}$ : Resistencia de la probeta patrón y experimental medido con la sustitución de cemento por PEAD  $i$ , y el tiempo de curado  $j$ .

$\mu$ : Resistencia a la compresión media de la probeta patrón y experimental

$\alpha_i$ : Efecto medio adicional sobre la resistencia media de la probeta patrón y experimental, debido a la sustitución de cemento por PEAD  $i$ .

$\beta_j$ : Efecto medio adicional sobre la resistencia a la compresión media de la probeta patrón y experimental, debido a los días de curado  $j$ .

$\varepsilon_{ij}$ : Error aleatorio atribuible a la medición de la resistencia a la compresión de la probeta  $Y_{ij}$ .

Además se tuvo una prueba de hipótesis para el trabajo de investigación que consistió en la hipótesis nula y alternativa respectivamente:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4;$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j; \text{ para algún } i \neq j$$

Para la prueba de hipótesis, se realizó la prueba del estadístico de Levene, en el cual se obtuvo una significancia de  $0,051 > 0,05$ , para la resistencia de la probeta de concreto que se basa en la media, y una significancia de  $0,454 > 0,05$  para la resistencia de la probeta que se basa en la mediana, al cumplirse esta condición no hay motivos para decir que las medias de las resistencias de la probeta de concreto patrón y experimental son diferentes, de lo cual se afirma que se aprueba la hipótesis nula, esto se observa en la tabla 7.

Tabla 7. Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a,b</sup>

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia de la probeta de concreto	Se basa en la media	5,589	11	24	,051
	Se basa en la mediana	1,026	11	24	,454
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,026	11	5,504	,523
	Se basa en la media recortada	5,015	11	24	,061

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión de la probeta de concreto

b. Diseño: Intersección + Edad + Sustitución + Edad \* Sustitución

Fuente: SPSS v.25

Para ver la significancia estadística del bloque como es el tiempo de curado se obtiene una sig. = 0,000 < 0,05, lo cual indica que estadísticamente se debe tener en cuenta en el diseño de la probeta de concreto patrón y experimental, también para el factor que se refiere a la sustitución del cemento por PEAD, se tuvo una significancia estadística sig. = 0,000 < 0,05 lo que indica que se debe tener en cuenta este factor para realizar el diseño de la probeta de acuerdo a la resistencia a la compresión del adoquín afecta significativamente en la resistencia a la compresión. Esto se puede observar en la tabla 8, en la que se presentan la relación inter – sujetos.

Tabla 8. Pruebas de efectos inter – sujetos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	26806,710 <sup>a</sup>	11	2436,974	39,360	,000
Intersección	1464382,347	1	1464382,347	23651,602	,000
Edad	18071,284	2	9035,642	145,937	,000
Sustitución	6301,383	3	2100,461	33,925	,000
Edad * Sustitución	2434,043	6	405,674	6,552	,000
Error	1485,953	24	61,915		
Total	1492675,010	36			
Total corregido	28292,663	35			

a. R al cuadrado = 0,947 (R al cuadrado ajustada = 0,923)

Fuente: SPSS v.25

En la tabla 9, se realizó la comparación por parejas de la sustitución del cemento por PEAD, de lo cual se observa que la probeta elaborada con concreto patrón tiene diferencias significativas con las probetas elaboradas con el concreto experimental de sustitución en 6% y 12% de cemento por PEAD, pues la significancia es sig. = 0,000 < 0,05, pero no tiene significancia estadística con la probeta experimental que ha sido elaborada con una sustitución del 15% de cemento por PEAD, pues la significancia es sig. = 0,147 > 0,05.

Tabla 9. Comparación por parejas del porcentaje de sustitución del cemento por PEAD

(I) Sustitución de cemento por PEAD	(J) Sustitución de cemento por PEAD	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
0%	6%	-28,156*	3,709	,000	-35,811	-20,500
	12%	-15,433*	3,709	,000	-23,089	-7,778
	15%	5,556	3,709	,147	-2,100	13,211
6%	0%	28,156*	3,709	,000	20,500	35,811
	12%	12,722*	3,709	,002	5,067	20,378
	15%	33,711*	3,709	,000	26,056	41,367
12%	0%	15,433*	3,709	,000	7,778	23,089
	6%	-12,722*	3,709	,002	-20,378	-5,067
	12%	20,989*	3,709	,000	13,333	28,644
15%	0%	-5,556	3,709	,147	-13,211	2,100
	6%	-33,711*	3,709	,000	-41,367	-26,056
	12%	-20,989*	3,709	,000	-28,644	-13,333

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Fuente: SPSS v.25

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En cuanto al efecto que tiene sustituir cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD, se dice que hoy en día las empresas que se dedican a la rama de la ingeniería civil buscan innovar nuevas formas de elaborar estructuras o concretos que presenten mejores características que el concreto patrón, en este sentido se estudia las propiedades mecánicas de los distintos concretos, dentro de las propiedades mecánicas destaca la resistencia a la compresión, la trabajabilidad, entre otros, es por ello que de los resultados obtenidos se puede afirmar que el efecto de la sustitución del cemento 6%, 12% y 15% por polietileno expandido de alta densidad (PEAD) tiene un efecto positivo en el concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , pues dicho aditivo aumenta la resistencia a la compresión, estos resultados fueron comparados con los resultados obtenidos por los investigadores Bravo y Carrasco (2019), en su trabajo de investigación titulado *Elaboración de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de polietileno HDPE*, ellos utilizaron fibras de plástico PEAD, y lo adicionaron en 0,03%, 0,06% y 0,09% respecto a la mezcla expresada en masa, para ello utilizaron, el porcentaje de las resistencias que obtuvieron a los 7, 14 y 278 días de curado fueron de 4,91%, 11, 19% y 11,62% de aumento a la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , por lo que llegaron a la conclusión que la adición de PEAD respecto a la masa de la mezcla aumenta la resistencia a la compresión de un concreto, el cual coincide con la investigación abordada.

En cuanto a la caracterización de los materiales utilizados en el experimento, se realizaron ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos, por ser de vital importancia el análisis y conocer las propiedades de los agregados naturales y el aditivo como es el caso del PEAD en diferentes porcentajes, para ello se realizaron ensayos tales como la granulometría, módulo de fineza, peso unitario suelto, compacto, absorción, entre otros, estas características se realizaron en el trabajo del investigador Zavala (2015), en su trabajo de investigación *Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado*, en dicho trabajo de investigación tuvo por objetivo general realizar un diseño de un concreto

utilizando residuos de plástico reciclado y con ello desarrollar el diseño de morteros hidráulicos, para la industria de la construcción, que sean utilizados en los diseños arquitectónico, con lo que obtuvo por resultados que los elementos diseñados a base de cemento y PET en proporción 1.0:0.50, tiene un peso específico de  $1,22\text{g/cm}^3$ ; que es entre un 15% y 20%, menor que los creados con agregados naturales extraídos de las canteras, para lo cual realizo la caracterización de todos los agregados naturales.

El diseño de la mezcla para elaborar probetas de concreto patrón y experimental al sustituir cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD es de vital importancia, pues la resistencia a la compresión del concreto depende de esta etapa del proceso, es por ello que se realizó el cálculo para elaborar la probeta de concreto patrón y experimental, donde se tuvo en cuenta las posibles pérdidas de los agregados naturales (agregado fino y agregado grueso) y el aditivo PEAD en un porcentaje de 6%, 12% y 15%, lo cual se sustituyó por cemento, además de la cantidad de agua agregada y la relación agua/cemento, agregado fino/cemento, agregado grueso/cemento, PEAD/cemento, este tipo de procedimiento con el método A.C.I., coincidió con el investigador Parra (2019), en su trabajo de investigación titulado *Aplicación del plástico reciclable en la mezcla de concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  para verificar su influencia en la resistencia a compresión*, en su trabajo de investigación tuvo por propósito general, determinar el efecto de sustituir el agregado grueso por residuos de plástico triturado en la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ , para ello utilizo una metodología que consistió en un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental en su categoría pre – experimental, en donde realizo el diseño de mezcla para las diferentes sustituciones.

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las probetas de concreto patrón y experimental elaboradas a partir de sustituir el cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD, de lo cual se observó una resistencia máxima promedio de  $242,87\text{kg/cm}^2$  el cual se genera de la probeta experimental con 12% de sustitución de cemento por PEAD a los 28 días de curado y la mínima resistencia a la compresión

promedio de 162,30kg/cm<sup>2</sup> cuya resistencia a la compresión pertenece a la probeta elaborada con concreto experimental con una sustitución de 15% de cemento por PEAD a los 7 días de curado. También se puede observar que la sustitución de cemento por PEAD, aumenta la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón a base de cemento, pero al aumentar de 12% se tiene una tendencia a disminuir tal propiedad mecánica, por lo que al sustituir el cemento hasta en un 12% por PEAD presenta una mejor resistencia a la compresión, esto no coincidió con los resultados presentados por los investigadores Lécior & Villarreal (2017), en su trabajo de investigación titulado *Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de nuevo Chimbote*, que al reemplazar el para las mezclas de concreto con 5%, 10% y 15% de adición de plástico reciclado para un tiempo de fraguado de 28 días, la resistencia promedio fue de para el concreto experimental del 5% fue de 183,76kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto experimental del 10% fue de 145,74kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto experimental del 15% fue de 111,30kg/cm<sup>2</sup> y para el concreto patrón obtuvieron una resistencia a la compresión promedio de 215,19kg/cm<sup>2</sup> para ello se determinó el porcentaje de disminución de 14,61%, de 32,28% y de 48,28% para las resistencia a la compresión de los concretos experimentales respecto a la resistencia del concreto patrón, de lo que llegaron a la conclusión que la adición del plástico reciclado afecta negativamente en la resistencia a la compresión de un concreto convencional de  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$

Para la evaluación del efecto de sustituir cemento en los porcentajes de 6%, 12% y 15% por PEAD, se utilizó el software SPSS v.25, del cual se realizó un análisis del diseño en bloque completamente al azar (DBCA), para lo cual se realizó una matriz de las resistencias a la compresión de las probetas que se elaboraron a base de concreto patrón y experimental, lo cual es de vital importancia para realizar el diseño de la probeta de concreto experimental que pueda ser utilizada por las empresas del sector, estos resultados coincidieron con los investigadores Punitha et al., (2020), en su artículo de investigación titulado *Investigación experimental de hormigón que incorpora residuos plásticos de HDPE y metacaolín*, lo cual utilizaron para ello la

adición de PEAD en 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% respecto a la masa del agregado fino, además de 10% de metacaolín, concluyeron que la resistencia a la tracción dividida del hormigón muestra hasta un 80% y un 90% de reemplazo con un 10% de metacaolín y polvo de plástico HDPE al 5% respectivamente.

## V. CONCLUSIONES

La sustitución de cemento en los porcentajes de 6%, 12% y 15% por PEAD, tiene un efecto positivo en las propiedades mecánicas de una probeta de concreto, para lo cual se analizó la resistencia a la compresión de las probetas experimentales y patrón, generando así mecanismos de elaboración de concretos con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para diferentes obras de ingeniería.

En la caracterización de los materiales que ingresan en el diseño de mezcla para el concreto patrón y experimental se llevó a cabo diferentes ensayos de lo que resulto que el PEAD y los agregados naturales cumplen con las normas NTP y ASTM y pueden ser utilizados de una forma racional en la elaboración de concretos.

El diseño de mezcla calculo todos los componentes necesarios para elaborar concretos de acuerdo al método A.C.I. para lo cual se tuvo para el patrón una relación de agua/cemento de 0,55 y este valor aumento a 0.58, 0.62, 0.65 para los concretos experimentales de un porcentaje de sustitución de cemento en 6%, 12% y 15% respectivamente, para la relación de agregado fino/cemento fue de 2.93 y este valor aumento a 3.11, 3.33, 3.44 para los concretos experimentales de un porcentaje de sustitución de cemento en 6%, 12% y 15% respectivamente, para la relación agregado grueso/cemento fue de 3.22 y este valor aumento a 3.22, 3.42, 3.65 para los concretos experimentales de un porcentaje de sustitución de cemento en 6%, 12% y 15% respectivamente y la relación PEAD/cemento fue de 0.06, 0.14 y 0.18 para los concretos experimentales con sustitución de cemento en 6%, 12% y 15% respectivamente.

La resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días en promedio fue de  $214,37\text{kg/cm}^2$  para un  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  y para los concretos experimentales se tuvo una resistencia a la compresión promedio de  $239,40\text{kg/cm}^2$ ,  $242,87\text{kg/cm}^2$  y  $230,07\text{kg/cm}^2$  para la sustitución de cemento en 6%, 12% y 15% respectivamente para una edad de 28 días.

El efecto que se obtuvo al sustituir el cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD aumenta dicha propiedad mecánica como es la resistencia a la compresión del concreto experimental, la cual se vio reflejada en un porcentaje de 114%, 115.65% y 109.56% para los porcentajes de sustitución de cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD respectivamente, esta medida de la resistencia a la compresión se realizó a los 28 días de curado, además la significancia que tiene la sustitución del cemento por PEAD fue de  $\text{sig.} = 0,000 < 0,05$ , lo cual se debe tener en cuenta para el diseño de la resistencia a la compresión para el diseño de la mezcla.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Con el propósito de mejorar los estudios de diseños de mezclas para elaborar concretos experimentales que sean de utilidad para la constructora se recomienda:

Aplicar este tipo de sustitución para otros ensayos lo cual involucra nuevas caracterizaciones de los elementos involucrados en el diseño del concreto, realizando mejoramiento técnico y mejorando las propiedades mecánicas de los elementos estructurales, para convertirlo en concreto de alto desempeño y así fabricar elementos más resistentes y a bajo costo.

Ensayar distintas sustituciones que estén en el intervalo de 6% al 14%, para los cuales pueden ser 6%, 8%, 10%, 12% y 14%, además de mezclar el polietileno expandido de alta densidad (PEAD) con otros elementos que presenten propiedades puzolánicas y así poder tener estudiar otras características físicas del concreto experimental elaborado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Astopilco, A. (2015). *Comparación de las propiedades físico mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca, 2015*. (Tesis de pregrado), Universidad Privada del Norte. Recuperado de

Bravo, I., & Carrasco, K (2019). *Elaboración de Concreto  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$  con Adición de Polietileno HDPE*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Jaén, Jaén, Perú. Recuperado de [http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/196/Bravo\\_MIA\\_Carrasco\\_LKR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/196/Bravo_MIA_Carrasco_LKR.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Carrasco, S. (2013). *Metodología de la investigación científica (6ª edición)*. Lima: San Marcos.

Carhuapoma, W. (2018). *Efecto de las fibras de polipropileno para concretos de resistencias a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, elaborados con agregados de la cantera de Cochamarca – Pasco*. . (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Perú. Recuperado de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/332>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Editorial: McGraw Hill Education, México, sexta edición compressed.

Léctor, M. & Villarreal, E. (2017). *Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de nuevo Chimbote*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa. Recuperado de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2799>

Normas NTP 400.037 Agregados. Requisitos.

NTP 400.012 Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino.

Parra, C. (2019). *Aplicación del plástico reciclable en la mezcla de concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> para verificar su influencia en la resistencia a compresión*. (Tesis de pregrado), Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38389/Parra\\_NCK.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38389/Parra_NCK.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Punitha, V., Sakthieswaran, N., & Babu, O. G. (2020). *Experimental investigation of concrete incorporating HDPE plastic waste and metakaolin*. *Materials Today: Proceedings*. (Artículo Científico), materials Today: Proceedings, 2020. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320347568>

Sánchez de Guzmán, Diego (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Quinta edición. Bhandra editores S.A. Ltda.

Zavala, G. J. (2015). *Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado*. (Tesis de pregrado), Escuela especializada en ingeniería ITCA – FEPADE. El Salvador.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a Dios, a mis padres  
Por todo el apoyo que me brindaron en mi  
Carrera profesional, a todos mis docentes  
y asesores de la Universidad San Pedro por  
inclulcarme valores y etica professional.

## ANEXOS Y APÉNDICE

### Anexo 1. Ensayos para caracterizar el polietileno expandido de alta densidad (PEAD)



## PESO ESPECIFICO

(PEAD)

SOLICITA: **Bach. TRUJILLO GUERRA, Masías Vitalio.**  
TESIS: "Efecto en la Resistencia a la Compresion  $f_c=210$  Kg/Cm<sup>2</sup>, Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"  
LUGAR : HUARAZ  
CANTERA : \_\_\_\_\_  
MATERIAL : PEAD  
FECHA: 15/03/2020

PESO DE MATERIAL	20.8	gramos
VOL. DESPLAZAMIENTO	18	gramos Cm <sup>3</sup>

PESO ESPECIFICO	$D= P/V = 20,8/18$
-----------------	--------------------

PESO ESPECIFICO PEAD	1.16
----------------------	------

OBSERVACIONES:

  
  
UNIVERSIDAD DEL PERU - UPEL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA EN  
CONSTRUCCION  
Ing. Jesus Espinoza Sandoval  
C.P. 70751  
JEPG

## PESOS UNITARIOS PEAD

**SOLICITA :** Bach. TRUJILLO GUERRA, Masías Vitalio.  
**TESIS :** "Efecto en la Resistencia a la Compresion  $f_c=210 \text{ Kg/Cm}^2$ . Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** -----  
**MATERIAL :** PEAD  
**FECHA :** 15/03/2020

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	4100	4150	4105
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	680	730	685
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	245	263	247
Peso unitario prom.	262 Kg/m <sup>3</sup>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	4310	4315	4325
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	890	895	905
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	321	322	326
Peso unitario prom.	323 Kg/m <sup>3</sup>		



INSTITUCIÓN EDUCATIVA SUPERIOR  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 ASESORÍA DE INGENIERÍA  
 YERSONGUA, HUÁNUCO  
 Ing. Jenaro Esteban Estrella Sánchez  
 C.I. 70707  
 IRIEPEI

Anexo 2. Ensayo de los agregados naturales



**ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA**

**SOLICITA :** Bach. TRUJILLO GUERRA, Masias Vitalio.  
**TESIS :** \*Efecto en la Resistencia a la Compresion  $f'c=210 \text{ Kg/Cm}^2$ , Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD\*  
**LUGAR :** HUARAZ  
**FECHA :** 15/03/2020 **CANTERA :** TACLLAN **MATERIAL :** AGREGADO GRUESO

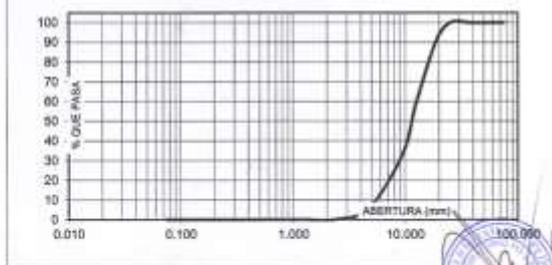
PESO SECO INICIAL	6432
PESO SECO LAVADO	6432.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0.00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No					
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.50	0.50	0.50	100.00
3/4"	19.000	985.00	8.78	8.78	91.22
1/2"	12.500	2044.50	31.79	40.57	59.43
3/8"	9.500	1668.50	25.94	66.51	33.49
N° 4	4.750	1778.00	27.61	94.12	5.88
N° 8	2.360	378.00	5.88	100.00	0.00
N° 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		6432.00	100.00		

TAMARO MAXIMO NOMINAL : 3/4"

HUMEDAD : 0.62%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 VICERRECTORADO  
 VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES  
 Y DESARROLLO TECNOLÓGICO  
 Y TRANSFERENCIA DE  
 TECNOLOGÍA  
 Ing. Elmer Masias Arriola  
 CIP: 114264  
 IAPC



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA**

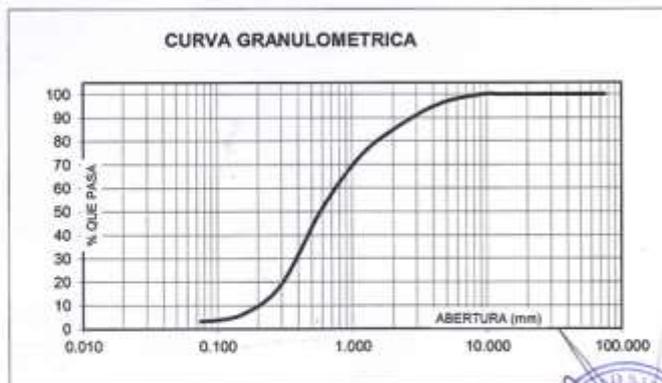
**SOLICITA :** Bach. TRUJILLO GUERRA, Masias Vitalio.  
**TESIS :** "Efecto en la Resistencia a la Compresion  $f_c=210 \text{ Kg/Cm}^2$ , Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**FECHA :** 15/03/2020 **CANTERA ?** TACLLAN **MATERIAL :** AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	= 1524
PESO SECO LAVADO	1476.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	48.00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	53.00	3.48	3.48	96.52
N° 8	2.360	138.00	9.06	12.53	87.47
N° 16	1.180	201.00	13.19	25.72	74.28
N° 30	0.800	344.00	22.57	48.29	51.71
N° 50	0.300	495.00	32.48	80.77	19.23
N° 100	0.150	201.00	13.19	93.96	6.04
N° 200	0.075	44.00	2.89	96.85	3.15
PLATO		48.00	3.15	100.00	0.00
TOTAL		1524.00	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 4  
 MODULO DE FINEZA : 2.6  
 HUMEDAD : 3.63%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FI - TEL. - HUARAZ  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 GEOTECNIA  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

**CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS	: "Efecto en la Resistencia a la Compresion $f_c=210$ Kg/Cm2, Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"				
SOLICITA	: Bach. TRUJILLO GUERRA, Masías Vitalio.				
DISTRITO	: HUARAZ	HECHO EN		: USP -HUARAZ	
PROVINCIA	: HUARAZ	FECHA		: 15/03/2020	
PROG (KM.)	:	ASESOR			
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA	:				
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO				
PROF. (m)	:				
AGREGADO GRUESO					
N° TARRO		16	18		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1039.5	1140.0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1034.0	1136.0		
PESO DE AGUA	(g)	5.50	4.00		
PESO DEL TARRO	(g)	181.00	184.5		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	872.10	971.5		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.63	0.41		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)				0.52
AGREGADO FINO					
N° TARRO		26	40		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	914.5	981.5		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	899.2	952.0		
PESO DE AGUA	(g)	25.30	29.50		
PESO DEL TARRO	(g)	170.00	163.6		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	719.20	788.4		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	3.52	3.7		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)				3.63



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUAZAZ  
INSTITUTO TECNICO  
DE INVESTIGACION Y DESARROLLO  
VIA EL ESTERIL 1111  
Ing. Elizabeth Masías Ambrosini  
CIP: 118544  
JEFE

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO FINO**

**SOLICITA** : Bach. TRUJILLO GUERRA, Masias Vitaldo.  
**TESIS** : "Efecto en la Resistencia a la Compresion  $f_c=210$  Kg/Cm<sup>2</sup>, Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"  
**LUGAR** : HUARAZ  
**CANTERA** : TACLLAN  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO  
**FECHA** : 15/03/2020

A	: Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	300.0		
B	: Peso de frasco+ agua	670.7		
C = A + B	: Peso frasco + agua +material	970.7		
D	: Peso de material+agua en el frasco	857.7		
E = C - D	: Volumen de masa+volumen de vacio	113.0		
F	: Peso Material seco en horno	296.9		
G= E- (A - F)	: Volumen de masa	109.9		
<b>ABSORCION (%) :</b> $((A-F)/F) \times 100$		1.04		
<b>ABS. PROM. (%) :</b>		1.04		

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E  
P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E  
P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

**PROMEDIO**

2.63		
2.65		
2.70		

**PROMEDIO**  
P.e. Bulk (Base Seca)  
P.e. Bulk (Base Saturada)  
P.e. Aparente (Base Seca)

2.63
2.65
2.70



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
PUJAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA DE SANEAMIENTO  
PROF. DR. TRUJILLO GUERRA, MASIAS VITALDO  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 110544  
USP

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO GRUESO**

**SOLICITA** : Bach. TRUJILLO GUERRA, Masias Vitalio.  
**TESIS** : "Efecto en la Resistencia a la Compresion  $P_c=210$  Kg/Cm<sup>2</sup>, Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"  
**LUGAR** : HUARAZ  
**CANTERA** : TACLLAN  
**MATERIAL** : AGREGADO GRUESO  
**FECHA** : 15/03/2020

**A** : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
**B** : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)  
**C = A - B** : Volumen de masa + volumen de vacios  
**D** : Peso de material seco en el horno  
**E = C - (A - D)** : Volumen de masa

**ABSORCION (%)** :  $((A-D)/D) \times 100$   
**ABS. PROM. (%)** :

**P.e. Bulk (Base Seca)** = D/C  
**P.e. Bulk (Base Saturada)** = A/C  
**P.e. Aparente (Base Seca)** = D/E

1049.0	1102.0	1101.0
655.0	689.5	688.0
394.0	412.5	413.0
1040.0	1092.0	1091.0
385.0	402.5	403.0
0.87	0.92	0.92
0.90		

PROMEDIO		
2.64	2.65	2.64
2.66	2.67	2.67
2.70	2.71	2.71

**PROMEDIO**

**P.e. Bulk (Base Seca)**  
**P.e. Bulk (Base Saturada)**  
**P.e. Aparente (Base Seca)**

2.64
2.67
2.71



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PLAZA - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
 Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS  
 HUARAZ  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 118644  
 JEFE

### PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. TRUJILLO GUERRA, Masías Vitalio.  
**TESIS :** "Efecto en la Resistencia a la Compresión  $f'_c=210$  Kg/Cm<sup>2</sup>, Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** TACLLAN  
**MATERIAL :** AGREGADO FINO  
**FECHA :** 15/03/2020

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	6745	6740	6755
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	3325	3320	3335
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1198	1196	1201
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1198 Kg/m<sup>3</sup></b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7215	7190	7195
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	3795	3770	3775
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1367	1358	1360
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1362 Kg/m<sup>3</sup></b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PISA - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE INVESTIGACION DE MATERIALES  
 Y CONSTRUCCION  
  
 Ing. Elizabeth Maza Ambruso  
 CIP: 119544  
 JEFE

### PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. TRUJILLO GUERRA, Masías Vitalio.  
**TESIS :** "Efecto en la Resistencia a la Compresion  $f'_c=210$  Kg/Cm2, Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** TACLLAN  
**MATERIAL :** AGREGADO FINO  
**FECHA :** 15/03/2020

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	6745	6740	6755
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	3325	3320	3335
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1198	1196	1201
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1198 Kg/m3</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7215	7190	7195
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	3795	3770	3775
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1367	1358	1360
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1362 Kg/m3</b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PUNO - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE INVESTIGACION DE MATERIALES  
 Y CONSTRUCCION  
  
 Ing. Elizabeth Maza Ambruso  
 CIP: 119544  
 JEFE

### PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. TRUJILLO GUERRA, Masías Vitalio.  
**TESIS :** "Efecto en la Resistencia a la Compresion  $f_c=210$  Kg/Cm<sup>2</sup>, Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANERA :** TACLLAN  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO  
**FECHA :** 15/03/2020

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19180	19130	19150
Peso de molde	5310	5310	5310
Peso de muestra	13870	13820	13840
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1485	1479	1482
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1482 Kg/m<sup>3</sup></b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20105	20070	20135
Peso de molde	5310	5310	5310
Peso de muestra	14795	14760	14825
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1584	1580	1587
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1584 Kg/m<sup>3</sup></b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PEÑAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA Y  
 CIENCIAS DE LOS MATERIALES  
  
**Ing. Elizabeth Masa Ambrosini**  
 DIF: 116544  
 JEFE

## ENSAYO DE SALES SOLUBLES

**SOLICITA :** Bach. TRUJILLO GUERRA, Masías Vitalio.  
**TESIS :** "Efecto en la Resistencia a la Compresión  $f_c=210 \text{ Kg/Cm}^2$ , Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**FECHA :** 15/03/2020    **CANTERA**    **TACLLAN**    **MATERIA:**    **AGREGADO FINO**

**DATOS:**    **AGREGADO FINO CANTERA TACLLAN**

AGREGADOS	PIEDRA	ARENA	PIEDRA	ARENA	PIEDRA	ARENA	PIEDRA	ARENA
CAPSULA N°		2		34		47		
PESO DE CAPSULA+SAL		168.5		161.7		168.3		
PESO DE CAPSULAS		168.4		161.6		168.2		
SALES SOLUBLES		0.1	0	0.1	0	0.1	0	0
VOLUMEN DE SALES		100		100		80		
% DE SALES SOLUBLES		0.10		0.10		0.11		
% SOLUBLES INTEGRALES								
% PROMEDIO						0.103		


  
**Ing. Jesús Carlos Sandoval Morales**  
 CIVIL 77701  
 HUANAZ

### Anexo 3. Diseño de mezcla para una probeta patrón y experimental

#### I. RESULTADOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

Ensayos de calidad a los agregados utilizados para las diferentes mezclas (granulometría, peso unitario suelto y compactado, peso específico, porcentaje de absorción).

Para la elaboración de los ensayos a los agregados se necesitaron los equipos del laboratorio de mecánica de suelos de la universidad san pedro, para obtener los datos correctos que permiten conocer si los agregados utilizados en las mezclas son los idóneos.

A continuación se muestran los tipos de ensayos con sus respectivos resultados.

**Tabla 20: Especificaciones de los ensayos a los agregados**

MATERIAL	TIPOS DE ENSAYO	RESULTADO
AGREGADO FINO	Granulometría	Si cumple el rango (norma ASTM -C33)
	Contenido de humedad	3.63
	Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1198
	Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1362
	Peso específico (tn/m <sup>3</sup> )	2.655
	Absorción (%)	1.04
AGREGADO GRUESO	Granulometría	Si cumple el rango (norma ASTM -C33)
	Contenido de humedad	0.52
	Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1482
	Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1584
	Peso específico (tn/m <sup>3</sup> )	2.677
	Absorción (%)	0.9

Fuente: Elaboración Propia

#### **Granulometría:**

La norma ASTM-C33 establece los límites granulométricos superiores e inferiores, sabiendo esto, tenemos las siguientes tablas y figuras que nos permiten comprender mejor los datos de granulometría de la tabla anterior. Seguidamente se representa el porcentaje de pasante y el porcentaje retenido de la arena.

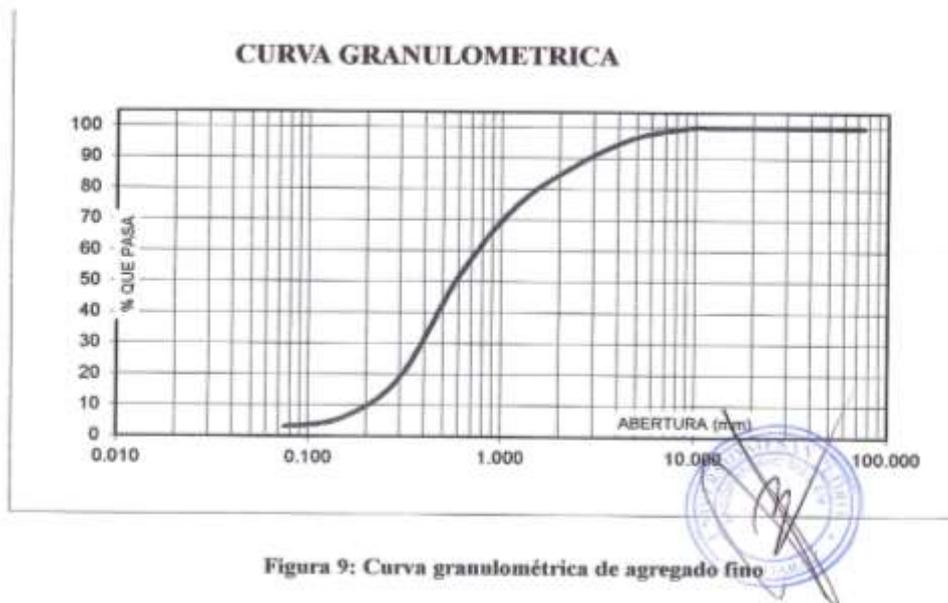


**Tabla 21: Porcentajes retenidos y porcentajes de pasantes del agregado fino**

PESO SECO INICIAL	1524
PESO SECO LAVADO	1476.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	48.00

TAMIZ		PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)				
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	53.00	3.48	3.48	96.52
N° 8	2.360	138.00	9.06	12.53	87.47
N° 16	1.180	201.00	13.19	25.72	74.28
N° 30	0.600	344.00	22.57	48.29	51.71
N° 50	0.300	495.00	32.48	80.77	19.23
N° 100	0.150	201.00	13.19	93.96	6.04
N° 200	0.075	44.00	2.89	96.85	3.15
PLATO		48.00	3.15	100.00	0.00
TOTAL		1524.00	100.00		

El peso total de la muestra era de 1524.00 gr. Con esta tabla se hace posible la construcción de la curva granulométrica. A continuación se muestra la curva granulométrica de la arena.



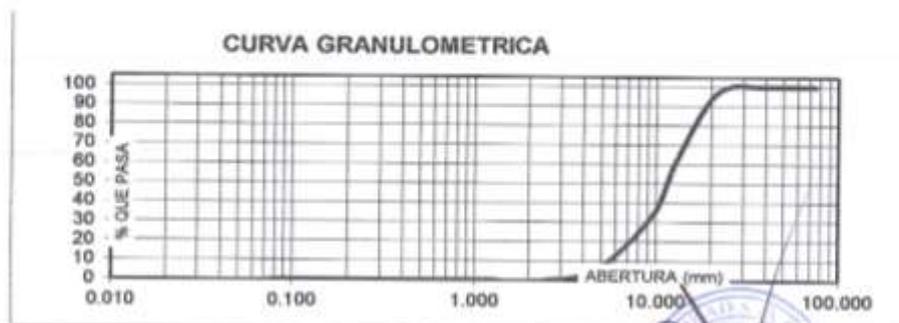
Se observa que la curva granulométrica de la arena si cumple los limites en los tamices 3/8, N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100, Por lo tanto podemos afirmar que si cumple con las especificaciones. El módulo de fineza es de 2.90 por tanto está dentro del rango ya que es de 2.30 a 3.10, esto quiere decir que el material es una arena mediana. En la siguiente tabla observamos el porcentaje de pasantes y el porcentaje retenido del agregado grueso.

**Tabla 22: Porcentajes retenidos y porcentajes pasantes del agregado grueso**

PESO SECO INICIAL	6432
PESO SECO LAVADO	6432.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0.00

TAMIZ		PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)				
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	565.00	8.78	8.78	91.22
1/2"	12.500	2044.50	31.79	40.57	59.43
3/8"	9.500	1668.50	25.94	66.51	33.49
N° 4	4.750	1776.00	27.61	94.12	5.88
N° 8	2.360	378.00	5.88	100.00	0.00
N° 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		6432.00	100.00		

El peso de la muestra es de 6432.00 gr. Con esta tabla se hace posible la construcción de la curva granulométrica. El tamaño máximo nominal es de 3/4". En la siguiente figura se muestra la curva granulométrica del agregado grueso.



**Figura 10: Curva granulométrica del agregado grueso**

El agregado grueso procedente de la cantera Rolan, utilizada en nuestro trabajo de grado, cumple con la norma ASTM -C33.

**Contenido de humedad:**

Los datos obtenidos en el laboratorio son los siguientes

**Tabla 23: Agregado fino**

DESCRIPCION	MUESTRA		
Recipiente N°	26	49	
Peso húmedo + recipiente	914.5	981.5	
Peso seco + recipiente	889.2	952.0	
Peso recipiente	170.00	163.6	
Peso del agua	25.30	29.50	
Peso suelo seco	719.20	788.4	
Humedad (%)	3.52	3.7	<b>3.63</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 24: Agregado Grueso**

DESCRIPCION	MUESTRA		
Recipiente N°	16	18	
Peso húmedo + recipiente	1039.50	1140.00	
Peso seco + recipiente	1034.00	1136.00	
Peso recipiente	161.90	164.50	
Peso del agua	5.50	4.00	
Peso suelo seco	872.10	971.50	
Humedad (%)	0.63	0.41	<b>0.52</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 25: Gravedad específica y absorción del agregado fino**

Agregado fino			
Identificación			
		22	
A	Peso mat. Sat. Seca (en aire)	300	
B	Peso frasco + H2O	670.7	
C	Peso frasco + H2O (A+B)	970.7	
D	Peso mat. + H2O en el frasco	857.7	
E	Vol. Masa + vol. Vacío (C-D)	113	
F	Peso mat. Seco en estufa (105°)	296.9	
G	Vol. Masa E-(A-F)	109.9	
	Base seca (F/E)	2.627	
	Base saturada (A/E)	2.654	<b>2.65</b>
	Aparente base seca (F/G)	2.701	
	% absorción ((A-F)/F)*100	1.04	<b>1.04</b>

Fuente: elaboración propia



Tabla 26: Gravedad específica y absorción del agregado grueso

Agregado Grueso					
Identificación		16	18	36	
A	Peso mat. Sat. Seca (en aire)	1049	1102	1101	
B	Peso mat. Sat. Seca (en agua)	655	689.5	688	
C	Vol. Masa /vol. Vacios (A-B)	394	412.5	413	
D	Peso mat. Seco en estufa (105°)	1040	1092	1091	
E	Vol. Masa C-(A-D)	385	402.5	403	
	Base seca (D/C)	2.639	2.647	2.641	
	Base saturada (A/C)	2.664	2.676	2.674	2.698
	Aparente base seca (D/E)	2.701	2.713	2.707	
	% absorción ((A-D)/D)*100	0.865	0.915	0.916	0.898

Fuente: elaboración propia

Tabla 27: Peso unitario del agregado fino

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
	0 1	0 2	0 3	0 1	0 2	0 3
muestra N°						
peso material + molde	20105	20070	20135	19180	19130	19150
peso de molde	5310	5310	5310	5310	5310	5310
peso de material	14795	14760	14825	13870	13820	13840
volumen del molde	9341	9341	9341	9341	9341	9341
peso unitario	1584	1580	1587	1485	1479	1482
peso unitario promedio	1584 Kg/m3			1482 Kg/m3		

Fuente: elaboración propia

Tabla 28: Peso unitario del agregado grueso

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
	0 1	0 2	0 3	0 1	0 2	0 3
muestra N°						
peso material + molde	20105	20070	20135	19180	19130	19150
peso de molde	5310	5310	5310	5310	5310	5310
peso de material	14795	14760	14825	13870	13820	13840
volumen del molde	9341	9341	9341	9341	9341	9341
peso unitario	1584	1580	1587	1485	1479	1482
peso unitario promedio	1584 Kg/m3			1482 Kg/m3		

Fuente: elaboración propia



Por tanto los datos a utilizarte para el diseño son los siguientes:

**Tabla 29: Datos a usar para el diseño de concreto**

AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Módulo de fineza = 2.6	
Cont. De humedad = 3.63 %	Cont. De humedad = 0.52 %
Absorción (%) = 1.04	Absorción (%) = 0.90
Peso específico. (kg/m <sup>3</sup> ) = 2.655	Peso específico. (kg/m <sup>3</sup> ) = 2.67
Peso seco suelto (kg/m <sup>3</sup> ) = 1198	Peso seco suelto (kg/m <sup>3</sup> ) = 1482
Peso seco compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = 1362	Peso seco compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = 1584

Fuente: elaboración propia

**DISEÑO DE MEZCLAS Y SUS RESPECTIVOS AJUSTES DE MEZCLAS POR EL MÉTODO DEL A.C.I**

**Especificaciones:**

Con los datos obtenidos de laboratorio realizamos el diseño de mezcla primero para una bolsa de cemento, de una resistencia de doscientos diez kilogramos sobre centímetros cuadrados (210 kg/cm<sup>2</sup>), luego una probeta. La selección de las proporciones se hará empleando el método del A.C.I.

**Materiales**

**a. Cemento portland**

Tipo : I sol  
 Peso específico : 3.11

**b. Agua**

Tipo : potable de la zona  
 Peso específico : 1

**c. Agregado fino : TACLLAN (cantera Rolan)**

Peso específico de la masa : 2.655  
 Peso unitario seco suelto : 1198 kg/m<sup>3</sup>  
 Peso unitario seco compactado : 1362 kg/m<sup>3</sup>  
 Contenido de humedad : 3.63 %  
 Absorción : 1.04%  
 Módulo de fineza : 2.6



Peso específico de la masa	:	2.67
Peso unitario seco suelto	:	1482 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario seco compactado	:	1584 kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad	:	0.52 %
Absorción	:	0.90 %

### SECUENCIA DE DISEÑO

➤ **resistencia de diseño**

$$F'CR = 210 \text{ kg/cm}^2$$

➤ **Selección del tamaño máximo nominal del agregado**

De acuerdo a la granulometría del agregado grueso le corresponde un tamaño máximo nominal es de:

$$TMN = 3/4''$$

➤ **Selección del asentamiento del concreto**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de (ver tabla N° 01 en anexo):

$$3'' \text{ a } 4''$$

➤ **Selección del volumen unitario de agua**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3'' a 4'', sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño nominal de 3/4'', el volumen de agua es de (Ver tabla N° 02 en anexo):

$$205 \text{ lt/m}^3$$

➤ **Selección del contenido de aire**

Se determina el contenido de aire atrapado para el agregado grueso de tamaño máximo nominal de 3/4'' es de (Ver tabla N° 03 en anexo):

$$2.0\%$$

➤ **Selección de la relación agua- cemento**

Para una resistencia de diseño  $F'CR = 210 \text{ kg/cm}^2$ , sin aire incorporado, la relación agua/cemento es de (ver tabla N° 04 en anexo):



**Interpolando**

$$200 \text{ --- --- --- } 0.70$$

**Interpolando**

$$200 \text{ --- } 0.70$$

$$210 \text{ --- } x$$

$$250 \text{ --- } 0.62$$

$$\frac{200 - 250}{200 - 210} = \frac{0.70 - 0.62}{0.70 - x}$$

$$x = 0.684 \text{ --- } \rightarrow \frac{a}{c} = 0.68$$

➤ **Factor cemento**

$$\begin{aligned} \text{factor cemento} &= \frac{\text{volumen unitario}}{a/c} = \frac{205 \text{ lt/m}^3}{0.68} = 301.47 \\ &= 301.50 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{factor cemento} = 301.50 \times \frac{1}{42.5} = 7.09 \text{ bolsas/m}^3$$

➤ **Contenido del agregado grueso**

Módulo de fineza es de 2.90 y tamaño máximo nominal de 3/4" se obtiene un volumen de agregado grueso compactado de (ver tabla N° 05 en anexo):

**Interpolando**

$$2.80 \text{ --- } 0.62$$

$$2.90 \text{ --- } x$$

$$3.00 \text{ --- } 0.60$$

$$\frac{2.80 - 3.00}{2.80 - 2.90} = \frac{0.62 - 0.60}{0.62 - x}$$

$$x = 0.61$$

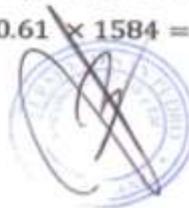
➤ Contenido del agregado grueso  $\rightarrow X = 0.61$

➤ *Peso del ag. grueso* = 1584 kg

**Fórmula para el peso del agregado grueso:**

= vol. ag. grueso compactado  $\times$  peso unitario seco compactado

$$\text{Peso del agregado grueso} = 0.61 \times 1584 = 966.24 \text{ kg/m}^3$$



➤ **Calculo de volumen absoluto**

$$\text{cemento} = \frac{301.50}{3.11 \times 1000} = 0.10 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{205}{1 \times 1000} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{aire} = 2.0 \% = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{ag. grueso} = \frac{966.24}{2.67 \times 1000} = 0.362 \text{ m}^3$$

$$\sum \text{ de valores conocidos} = 0.687 \text{ m}^3$$

➤ **Contenido de agregado fino**

$$\text{volumen absoluto del ag. fino} = 1 - 0.687 = 0.313 \text{ m}^3$$

$$\text{peso del ag. fino seco} = 0.313 \times 2655 = 813.015 \text{ kg/m}^3$$

➤ **Valores de diseño**

Cantidad de material a ser empleando serán:

➤  $\text{cemento} = 301.50 \text{ kg/m}^3$

➤  $\text{agua} = 205.00 \text{ lt/m}^3$

➤  $\text{ag. fino seco} = 813.015 \text{ kg/m}^3$

➤  $\text{ag. grueso seco} = 966.24 \text{ kg/m}^3$

**Corrección por humedad del agregado:** Corregimos por humedad de los agregados a fin de obtener los valores a ser usados:

**Agregado fino**

$$\text{peso humedo ag. fino} = 813.015 \times (0.062 + 1)$$

$$\text{peso humedo ag. fino} = 813.015 \times (1.062) = 882.54 \text{ kg/m}^3$$

**Agregado Grueso**

$$\text{peso humedo ag. grueso} = 966.24 \times (0.0032 + 1)$$

$$\text{peso humedo ag. grueso} = 966.24 \times (1.0032) = 969.33 \text{ kg/m}^3$$

**Humedad superficial del agregado**

$$\text{ag. fino} = \text{contenido de humendad} - \text{absorción}$$

$$\text{ag. fino} = 3.63 - 0.90 = 2.73 \%$$

$$\text{ag. grueso} = \text{contenido de humendad} - \text{absorción}$$

$$\text{ag. grueso} = 0.52 - 0.71 = -0.19 \%$$



**Aporte de humedad de los agregados**

$$ag. \text{ fino} = 831.015 \times 0.0523 = 43.46 \text{ lt/m}^3$$

$$ag. \text{ grueso} = 966.24 \times -0.0041 = -3.96 \text{ lt/m}^3$$

$$\sum \text{ de valores conocido} = 39.5 \text{ lt/m}^3$$

**Agua efectiva**

$$agua \text{ efectiva} = 205 - 39.5 = 165.5 \text{ lt/m}^3$$

➤ **Pesos de los materiales corregidos**

<i>cemento</i>	=	301.50 kg/m <sup>3</sup>
<i>agua</i>	=	165.5 lt/m <sup>3</sup>
<i>ag. fino humedo</i>	=	882.54 kg/m <sup>3</sup>
<i>ag. grueso humedo</i>	=	969.33 kg/m <sup>3</sup>

**DISEÑO PARA EL CONCRETO PATRÓN**

<i>cemento</i>	=	301.50 kg/m <sup>3</sup>
<i>agua</i>	=	165.5 lt/m <sup>3</sup>
<i>ag. fino humedo</i>	=	882.54 kg/m <sup>3</sup>
<i>ag. grueso humedo</i>	=	969.33 kg/m <sup>3</sup>

**Proporción por peso**

$$\frac{301.50}{301.50} : \frac{165.5}{301.50} : \frac{882.54}{301.50} : \frac{969.33}{301.50}$$
$$1 : 0.55 : 2.93 : 3.22$$

**Peso por tanda (una bolsa de cemento)**

<i>cemento</i>	=	1.00 x 42.5	=	42.50	kg/bolsa
<i>agua</i>	=	0.55 x 42.5	=	3.38	lt/bolsa
<i>ag. fino humedo</i>	=	2.93 x 42.5	=	124.53	kg/bolsa
<i>ag. grueso humedo</i>	=	3.22 x 42.5	=	136.85	kg/bolsa

**Peso para una probeta**



$$V = \pi \times R^2 \times h$$

$$V = \pi \times (6)^2 \times 12$$

$$V = 5556.99 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ m}^3}{(100^3) \text{ cm}^3} = 0.0056 \text{ m}^3$$

**Peso para una probeta**

$$\text{cemento} = 301.50 \times 0.0056 = 1.69 \text{ kg}$$

$$\text{agua} = 165.5 \times 0.0056 = 0.93 \text{ lt}$$

$$\text{ag. fino humedo} = 882.54 \times 0.0056 = 4.94 \text{ kg}$$

$$\text{ag. grueso humedo} = 969.33 \times 0.0056 = 5.43 \text{ kg}$$

**Peso para una probeta con el 10% de desperdicio**

$$\text{cemento} = 1.69 \times 1.10 = 1.86 \text{ kg}$$

$$\text{agua} = 0.93 \times 1.10 = 1.02 \text{ lt}$$

$$\text{ag. fino humedo} = 4.94 \times 1.10 = 5.43 \text{ kg}$$

$$\text{ag. grueso humedo} = 5.43 \times 1.10 = 5.97 \text{ kg}$$

**Para 9 probetas para concreto patrón**

$$\text{cemento} = 1.86 \times 9 = 16.74 \text{ kg}$$

$$\text{agua} = 1.02 \times 9 = 9.18 \text{ lt}$$

$$\text{ag. fino humedo} = 5.43 \times 9 = 48.87 \text{ kg}$$

$$\text{ag. grueso humedo} = 5.97 \times 9 = 53.73 \text{ kg}$$

**DISEÑO PARA 6 % CON PEAD**

$$\text{cemento} = 301.50 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{agua} = 165.5 \text{ lt/ m}^3$$

$$\text{ag. fino humedo} = 882.54 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{ag. grueso humedo} = 969.33 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{aditivo} = 301.50 \times 6\% = 18.09 \text{ kg/ m}^3$$



### Reajuste del cemento

<i>cemento</i>	=	283.41 kg/ m <sup>3</sup>
<i>agua</i>	=	165.5 lt/ m <sup>3</sup>
<i>ag. fino humedo</i>	=	882.54 kg/ m <sup>3</sup>
<i>ag. grueso humedo</i>	=	969.33 kg/ m <sup>3</sup>
<i>aditivo = 301.50 x 6 %</i>	=	18.09 kg/ m <sup>3</sup>

### Proporción por peso

$$\frac{283.41}{283.41} : \frac{165.5}{283.41} : \frac{882.54}{283.41} : \frac{969.33}{283.41} : \frac{12.06}{289.44}$$
$$1 : 0.58 : 3.11 : 3.42 : 0.06$$

### Peso por tanda ( una bolsa de cemento)

<i>cemento</i>	=	1.00 x 42.5	=	42.50 kg/bolsa
<i>agua</i>	=	0.58 x 42.5	=	24.65 lt/bolsa
<i>ag. fino humedo</i>	=	3.11 x 42.5	=	132.18 kg/bolsa
<i>ag. grueso humedo</i>	=	3.42 x 42.5	=	145.35 kg/bolsa
<i>aditivo</i>	=	0.06 x 42.5	=	2.55 kg/bolsa

### Peso para una probeta

$$V = \pi \times R^2 \times h$$

$$V = \pi \times (6)^2 \times 12$$

$$V = 5556.99 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ m}^3}{(100^3) \text{ cm}^3} = 0.0056 \text{ m}^3$$

### Peso para una probeta

<i>cemento</i>	=	283.41 x 0.0056	=	1.59kg
<i>agua</i>	=	165.5 x 0.0056	=	0.93 lt
<i>ag. fino humedo</i>	=	882.54 x 0.0056	=	5.13 kg
<i>ag. grueso humedo</i>	=	969.33 x 0.0056	=	5.43 kg
<i>aditivo</i>	=	18.09 x 0.0056	=	0.10 kg



**Peso para una probeta con el 10% de desperdicio**

<i>cemento</i>	=	1.59	×	1.10	=	1.75 kg
<i>agua</i>	=	0.93	×	1.10	=	1.02 lt
<i>ag. fino humedo</i>	=	5.13	×	1.10	=	5.43 kg
<i>ag. grueso humedo</i>	=	5.43	×	1.10	=	5.97 kg
<i>aditivo</i>	=	0.10	×	1.10	=	0.11 kg

**Para 9 probetas con PEAD en un 6%**

<i>cemento</i>	=	1.75	×	9	=	15.75 kg
<i>agua</i>	=	1.02	×	9	=	9.18 lt
<i>ag. fino humedo</i>	=	5.43	×	9	=	48.87 kg
<i>ag. grueso humedo</i>	=	5.97	×	9	=	53.73 kg
<i>aditivo</i>	=	0.11	×	9	=	0.99 kg

**DISEÑO PARA 12% CON PEAD**

<i>cemento</i>	=	301.50 kg/ m <sup>3</sup>
<i>agua</i>	=	165.5 lt/ m <sup>3</sup>
<i>ag. fino humedo</i>	=	882.54 kg/ m <sup>3</sup>
<i>ag. grueso humedo</i>	=	969.33 kg/ m <sup>3</sup>
<i>aditivo</i> = 301.50 x 12 %	=	36.18 kg/ m <sup>3</sup>

**Reajuste del cemento**

<i>cemento</i>	=	265.32 kg/ m <sup>3</sup>
<i>agua</i>	=	165.5 lt/ m <sup>3</sup>
<i>ag. fino humedo</i>	=	882.54 kg/ m <sup>3</sup>
<i>ag. grueso humedo</i>	=	969.33 kg/ m <sup>3</sup>
<i>aditivo</i> = 301.50 x 12 %	=	36.18 kg/ m <sup>3</sup>

**Proporción por peso**

$$\frac{265.32}{265.32} : \frac{165.5}{265.32} : \frac{882.54}{265.32} : \frac{969.33}{265.32} : \frac{36.18}{265.32}$$

$$1 : 0.62 : 3.33 : 3.65 : 0.14$$



**Peso por tanda (una bolsa de cemento)**

<i>cemento</i>	=	1.00 x 42.5	=	42.5 kg/bolsa
<i>agua</i>	=	0.62 x 42.5	=	26.35 lt/bolsa
<i>ag. fino humedo</i>	=	3.33 x 42.5	=	141.53 kg/bolsa
<i>ag. grueso humedo</i>	=	3.65 x 42.5	=	155.13 kg/bolsa
<i>aditivo</i>	=	0.14 x 42.5	=	295 kg/bolsa

**Peso para una probeta**

<i>cemento</i>	=	265.32 x 0.0056	=	1.49kg
<i>agua</i>	=	165.5 x 0.0056	=	0.93 lt
<i>ag. fino humedo</i>	=	882.54 x 0.0056	=	4.94 kg
<i>ag. grueso humedo</i>	=	969.33 x 0.0056	=	5.43 kg
<i>aditivo</i>	=	36.18 x 0.0056	=	0.20 kg

**Peso para una probeta con el 10% de desperdicio**

<i>cemento</i>	=	1.49 x 1.10	=	1.64 kg
<i>agua</i>	=	0.93 x 1.10	=	1.02 lt
<i>ag. fino humedo</i>	=	4.94 x 1.10	=	5.43 kg
<i>ag. grueso humedo</i>	=	5.43 x 1.10	=	5.97kg
<i>aditivo</i>	=	0.20 x 1.10	=	0.22 kg

**Para 9 probetas con PEAD en un 12 %**

<i>cemento</i>	=	1.64 x 9	=	14.76 kg
<i>agua</i>	=	1.02 x 9	=	9.18 lt
<i>ag. fino humedo</i>	=	5.43 x 9	=	48.87 kg
<i>ag. grueso humedo</i>	=	5.97 x 9	=	53.73 kg
<i>aditivo</i>	=	0.22 x 9	=	1.98 kg

**DISEÑO PARA 15 % CON PEAD**

<i>cemento</i>	=	301.50 kg/ m <sup>3</sup>
<i>agua</i>	=	165.5 lt/ m <sup>3</sup>



$$\begin{aligned}
 \text{ag, fino humedo} &= 882.54 \text{ kg/ m}^3 \\
 \text{ag. grueso humedo} &= 969.33 \text{ kg/ m}^3 \\
 \text{aditivo} = 301.50 \times 15 \% &= 45.23 \text{ kg/ m}^3
 \end{aligned}$$

#### Reajuste del cemento

$$\begin{aligned}
 \text{cemento} &= 256.27 \text{ kg/ m}^3 \\
 \text{agua} &= 165.5 \text{ lt/ m}^3 \\
 \text{ag, fino humedo} &= 882.54 \text{ kg/ m}^3 \\
 \text{ag. grueso humedo} &= 969.33 \text{ kg/ m}^3 \\
 \text{aditivo} = 301.50 \times 15 \% &= 45.23 \text{ kg/ m}^3
 \end{aligned}$$

#### Proporción por peso

$$\begin{aligned}
 \frac{256.27}{256.27} : \frac{165.5}{256.27} : \frac{882.54}{256.27} : \frac{969.33}{256.27} : \frac{45.23}{256.27} \\
 1 : 0.65 : 3.44 : 3.78 : 0.18
 \end{aligned}$$

#### Peso por tanda (una bolsa de cemento)

$$\begin{aligned}
 \text{cemento} &= 1.00 \times 42.5 = 42.50 \text{ kg/bolsa} \\
 \text{agua} &= 0.65 \times 42.5 = 27.63 \text{ lt/bolsa} \\
 \text{ag, fino humedo} &= 3.44 \times 42.5 = 146.20 \text{ kg/bolsa} \\
 \text{ag. grueso humedo} &= 3.78 \times 42.5 = 160.65 \text{ kg/bolsa} \\
 \text{aditivo} &= 0.18 \times 42.5 = 7.65 \text{ kg/bolsa}
 \end{aligned}$$

#### Peso para una probeta

$$\begin{aligned}
 \text{cemento} &= 256.27 \times 0.0056 = 1.44 \text{ kg} \\
 \text{agua} &= 165.5 \times 0.0056 = 0.93 \text{ lt} \\
 \text{ag, fino humedo} &= 882.54 \times 0.0056 = 4.94 \text{ kg} \\
 \text{ag. grueso humedo} &= 969.33 \times 0.0056 = 5.43 \text{ kg} \\
 \text{aditivo} &= 45.23 \times 0.0056 = 0.25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### Peso para una probeta con el 10% de desperdicio

$$\begin{aligned}
 \text{cemento} &= 1.44 \times 1.10 = 1.58 \text{ kg} \\
 \text{agua} &= 0.93 \times 1.10 = 1.02 \text{ lt} \\
 \text{ag, fino humedo} &= 4.94 \times 1.10 = 5.43 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{ag. grueso humedo} &= 5.43 \times 1.10 = 5.97 \text{ kg} \\ \text{aditivo} &= 0.25 \times 1.10 = 0.28 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Para 9 probetas con PEAD en un 15 %**

$$\begin{aligned} \text{cemento} &= 1.58 \times 9 = 14.22 \text{ kg} \\ \text{agua} &= 1.02 \times 9 = 9.18 \text{ lt} \\ \text{ag. fino humedo} &= 5.43 \times 9 = 48.87 \text{ kg} \\ \text{ag. grueso humedo} &= 5.97 \times 9 = 53.73 \text{ kg} \\ \text{aditivo} &= 0.28 \times 9 = 2.52 \text{ kg} \end{aligned}$$

Por tanto las dosificaciones son los siguientes:

**Tabla 30: Dosificación para 9 probetas de concreto patrón**

material	Cantidad	unidad
Cemento	16.74	kg
Agua	9.18	lts
Agregado fino	48.87	kg
Agregado grueso	53.73	kg

Fuente: elaboración propia

**Tabla 31: Dosificación para 9 probetas con PEAD envase de suero a un 6 %**

material	cantidad	unidad
Cemento	15.75	kg
Agua	9.18	lts
Agregado fino	48.87	kg
Agregado grueso	53.73	kg
Aditivo	0.99	kg

Fuente: elaboración propia



Anexo 4. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón y experimental



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA: **Bach. TRUJILLO GUERRA, Masías Vitelio.**  
 TESIS : "Efecto en la Resistencia a la Compresion  $f_c=210 \text{ Kg/Cm}^2$ , Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"  
 FECHA: **15/03/2020**

F'c: **210 kg/cm<sup>2</sup>**

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm <sup>2</sup>	FC/F'c (%)
				MOLDEO	ROTURA			
1	CONCRETO PATRON	-	3" @ 4"	12/02/2020	19/02/2020	7	173.7	82.7
2	CONCRETO PATRON	-	3" @ 4"	12/02/2020	19/02/2020	7	171.0	81.4
3	CONCRETO PATRON	-	3" @ 4"	12/02/2020	19/02/2020	7	176.3	84.0
4	CONCRETO PATRON	-	3" @ 4"	12/02/2020	26/02/2020	14	186.5	88.8
5	CONCRETO PATRON	-	3" @ 4"	12/02/2020	26/02/2020	14	191.3	91.1
6	CONCRETO PATRON		3" @ 4"	12/02/2020	26/02/2020	14	187.7	89.4
7	CONCRETO PATRON		3" @ 4"	12/02/2020	11/03/2020	28	211.8	100.8
8	CONCRETO PATRON		3" @ 4"	12/02/2020	11/03/2020	28	215.2	102.5
9	CONCRETO PATRON		3" @ 4"	12/02/2020	11/03/2020	28	216.1	102.9

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESPECIALIDAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS Y  
 VIBRACIONES DEL VALLE  
 Ing. Elizabeth Masa Ambrosio  
 QP: 116544  
 JEFE

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**
**SOLICITA:** Bach. TRUJILLO GUERRA, Masías Vitalio.

**TESIS:** "Efecto en la Resistencia a la Compresion  $f_c=210$  Kg/Cm<sup>2</sup>, Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"

**FECHA:** 15/03/2020

**FC:** 210 kg/cm<sup>2</sup>

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm <sup>2</sup>	FC/F.C (%)
				MOLDEO	ROTURA			
1	CONCRETO C/N SUSTITUCION 6% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	19/02/2020	7	204.7	97.5
2	CONCRETO C/N SUSTITUCION 6% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	19/02/2020	7	203.3	96.8
3	CONCRETO C/N SUSTITUCION 6% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	19/02/2020	7	200.2	95.3
4	CONCRETO C/N SUSTITUCION 6% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	26/02/2020	14	216.9	103.3
5	CONCRETO C/N SUSTITUCION 6% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	26/02/2020	14	218.3	104.0
6	CONCRETO C/N SUSTITUCION 6% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	26/02/2020	14	221.4	105.4
7	CONCRETO C/N SUSTITUCION 6% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	11/03/2020	28	245.6	117.0
8	CONCRETO C/N SUSTITUCION 6% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	11/03/2020	28	233.5	111.2
9	CONCRETO C/N SUSTITUCION 6% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	11/03/2020	28	239.1	113.8

**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma ASTM C-39

**OBSERVACIONES:** Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PEÑAL - JUNTAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 118544  
 JETS

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

**SOLICITA:** Bach. TRUJILLO GUERRA, Masías Vitalio.

**TESIS:** "Efecto en la Resistencia a la Compresion  $f_c=210$  Kg/Cm<sup>2</sup>, Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"

**FECHA:** 15/03/2020

**F'c:** 210 kg/cm<sup>2</sup>

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm <sup>2</sup>	FC/F'c (%)
				MOLDEO	ROTURA			
1	CONCRETO C/N SUSTITUCION 12% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	19/02/2020	7	169.7	80.8
2	CONCRETO C/N SUSTITUCION 12% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	19/02/2020	7	171.3	81.6
3	CONCRETO C/N SUSTITUCION 12% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	19/02/2020	7	176.9	84.2
4	CONCRETO C/N SUSTITUCION 12% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	26/02/2020	14	207.0	98.6
5	CONCRETO C/N SUSTITUCION 12% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	26/02/2020	14	210.0	100.0
6	CONCRETO C/N SUSTITUCION 12% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	26/02/2020	14	205.0	97.6
7	CONCRETO C/N SUSTITUCION 12% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	11/03/2020	28	262.0	124.8
8	CONCRETO C/N SUSTITUCION 12% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	11/03/2020	28	231.2	110.1
9	CONCRETO C/N SUSTITUCION 12% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	11/03/2020	28	235.4	112.1

**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma ASTM C-39

**OBSERVACIONES:** Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
PERU - PUNO  
CAMPUS DE CHIMBOTE  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y  
DESARROLLO TECNOLÓGICO  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosini  
DPI: 116544  
JEFE

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

**SOLICITA:** Bach. TRUJILLO GUERRA, Marian Vitalio.

**TESTIS:** "Efecto en la Resistencia a la Compresion  $f_c=210$  Kg/Cm<sup>2</sup>, Sustituyendo el Cemento en 6%, 12% y 15% por PEAD"

**FECHA:** 15/03/2020

**F' C:** 210 kg/cm<sup>2</sup>

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm <sup>2</sup>	FC/F' C (%)
				MOLDEO	ROTURA			
1	CONCRETO C/N SUSTITUCION 15% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	19/02/2020	7	147.9	70.4
2	CONCRETO C/N SUSTITUCION 15% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	19/02/2020	7	156.2	74.4
3	CONCRETO C/N SUSTITUCION 15% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	19/02/2020	7	182.8	87.0
4	CONCRETO C/N SUSTITUCION 15% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	26/02/2020	14	170.5	81.2
5	CONCRETO C/N SUSTITUCION 15% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	26/02/2020	14	166.1	79.1
6	CONCRETO C/N SUSTITUCION 15% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	26/02/2020	14	165.9	79.0
7	CONCRETO C/N SUSTITUCION 15% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	11/03/2020	28	236.1	112.4
8	CONCRETO C/N SUSTITUCION 15% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	11/03/2020	28	230.4	109.7
9	CONCRETO C/N SUSTITUCION 15% POR PEAD	-	3" @ 4"	12/02/2020	11/03/2020	28	223.7	106.5

**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma ASTM C-39

**OBSERVACIONES:** Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
PELU - PUNO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA DE ANILAS -  
CIERRE UNIVERSITARIO  
Ing. Elizabeth Maza Ambrósio  
CIP: 176044  
JEFE

Anexo 5. Matriz para las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimental

Tabla 10. Matriz de resistencias a la compresión del concreto patrón y experimental

Tiempo de curado (Días)	Sustitución de cemento por PEAD (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1	173,7
1	1	171
1	1	176,3
1	2	204,7
1	2	203,3
1	2	200,2
1	3	169,7
1	3	171,3
1	3	176,9
1	4	147,9
1	4	156,2
1	4	182,2
2	1	186,5
2	1	191,3
2	1	187,7
2	2	216,9
2	2	218,3
2	2	221,4
2	3	207
2	3	210
2	3	205
2	4	170,5
2	4	166,1
2	4	165,9
3	1	211,8
3	1	215,2
3	1	216,1
3	2	245,6
3	2	233,5
3	2	239,1
3	3	262
3	3	231,2
3	3	235,4
3	4	236,1
3	4	230,4
3	4	223,7

Fuente: Elaboración propia, basado en los datos proporcionados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos. Tabla 5.

Anexo 6. Análisis estadístico para la resistencia a la compresión de la probeta de concreto patrón y experimental.

Tabla 11. Factores inter – sujeto

		Etiqueta de valor	N
Tiempo de curado	1,00	7 Días	12
	2,00	14 Días	12
	3,00	28 Días	12
Sustitución de cemento por PEAD	1,00	0%	9
	2,00	6%	9
	3,00	12%	9
	4,00	15%	9

Fuente: SPSS v.25

Tabla 12. Estadísticos descriptivos para los bloques y factores

Tiempo de curado	Sustitución de cemento por PEAD	Media	Desv. Desviación	N
7 Días	0%	173,6667	2,65016	3
	6%	202,7333	2,30290	3
	12%	172,6333	3,78065	3
	15%	162,3000	18,23211	3
	Total		177,8333	17,67162
14 Días	0%	188,5000	2,49800	3
	6%	218,8667	2,30290	3
	12%	207,3333	2,51661	3
	15%	167,5000	2,60000	3
	Total		195,5500	20,46356
28 Días	0%	214,3667	2,26789	3
	6%	239,4000	6,05558	3
	12%	242,8667	16,70249	3
	15%	230,0667	6,20672	3
	Total		231,6750	14,07739
Total	0%	192,1778	17,96669	9
	6%	220,3333	16,28228	9
	12%	207,6111	31,62007	9
	15%	186,6222	34,07590	9
	Total		201,6861	28,43170

Fuente: SPSS v.25

Tabla 13. Comparaciones múltiples para la sustitución de cemento por PEAD

	(I) Sustitución de cemento por PEAD	(J) Sustitución de cemento por PEAD	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	0%	6%	-28,1556*	3,70929	,000	-38,3880	-17,9231
		12%	-15,4333*	3,70929	,002	-25,6658	-5,2009
		15%	5,5556	3,70929	,454	-4,6769	15,7880
	6%	0%	28,1556*	3,70929	,000	17,9231	38,3880
		12%	12,7222*	3,70929	,011	2,4897	22,9547
		15%	33,7111*	3,70929	,000	23,4786	43,9436
	12%	0%	15,4333*	3,70929	,002	5,2009	25,6658
		6%	-12,7222*	3,70929	,011	-22,9547	-2,4897
		15%	20,9889*	3,70929	,000	10,7564	31,2214
	15%	0%	-5,5556	3,70929	,454	-15,7880	4,6769
		6%	-33,7111*	3,70929	,000	-43,9436	-23,4786
		12%	-20,9889*	3,70929	,000	-31,2214	-10,7564
Bonferroni	0%	6%	-28,1556*	3,70929	,000	-38,8201	-17,4910
		12%	-15,4333*	3,70929	,002	-26,0979	-4,7688
		15%	5,5556	3,70929	,883	-5,1090	16,2201
	6%	0%	28,1556*	3,70929	,000	17,4910	38,8201
		12%	12,7222*	3,70929	,013	2,0577	23,3868
		15%	33,7111*	3,70929	,000	23,0466	44,3757
	12%	0%	15,4333*	3,70929	,002	4,7688	26,0979
		6%	-12,7222*	3,70929	,013	-23,3868	-2,0577
		15%	20,9889*	3,70929	,000	10,3243	31,6534
	15%	0%	-5,5556	3,70929	,883	-16,2201	5,1090
		6%	-33,7111*	3,70929	,000	-44,3757	-23,0466
		12%	-20,9889*	3,70929	,000	-31,6534	-10,3243

Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 61.915.

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Fuente: SPSS v.25.

Anexo 7. Proceso de recolección y tratamiento del polietileno expandido de alta densidad (PEAD)



Figura 3. Seleccionando el material PEAD envase de suero



Figura 4. Planta Procesadora PEAD de Tarica lugar triturar envase de suero.



Figura 5. Recolección PEAD plástico de alta densidad envase de suero.



Figura 6. PEAD envase de suero se hace un retiro de etiqueta luego lavado posterior triturado en partículas.



Figura 7. Lavado PEAD envase suero con agua limpia sin ningún detergente y/o limpiador.



Figura 8. Acopio de PEAD envase de suero y secado al aire libre.



Figura 9. Acopio del PEAD envase de suero en un saco para su posterior uso en el diseño de mezcla.

Anexo 8. Proceso de recolección y tratamiento de los agregados de la cantera Tacllan



Figura 10. Muestra de los agregados en la cantera Tacllan–Huaraz-Ancash



Figura 11. Agregados Grueso y Fino llevados a laboratorio de la Universidad San Pedro. U.S.P.



Figura 12. Muestra de los agregados en el laboratorio posteriormente se iniciara a sus estudios correspondientes.



Figura 13. Muestra de Agregado Fino y Agregado Grueso para el contenido de humedad.



Figura 14. Peso agregado grueso, tazón N°.16 = 963g. para el contenido de humedad.



Figura 15. Peso agregado grueso, tazón N°.18 = 964g. para el contenido de humedad.



Figura 16. Peso agregado fino, tazón N°.26 = 914.5g. para el contenido de humedad.



Figura 17. Peso agregado fino, tazón N°.49 = 981.5g. para el contenido de humedad.



Figura 18. Muestra de agregado fino tazón N°.26, N°.49 y Agregado grueso tazón N°.16, N°.18 puesta en horno para su secado durante 24 horas.



Figura 19. Muestra de agregado fino tazón N°.26, N°.49 y Agregado grueso tazón N°.16, N°.18 retiro del horno después de 24 horas para su posterior peso.



Figura 20. Toma de datos en hoja contenido de humedad agregado fino seco tazón N°.26, N°.49 y Agregado grueso seco tazón N°.16, N°.18.



Figura 21. Agregado grueso cuarteado para la granulometría.

Anexo 9. Proceso de elaboración del concreto patrón y experimental



Figura 22. Peso de los agregados fino para la dosificación correspondiente.



Figura 23. Agregado grueso a su posterior pesado para la dosificación correspondiente.



Figura 24. Abriendo el cemento para el pesado y dosificación correspondiente.



Figura 25. Llenado de agua limpia para la mezcla fuera de algún químico dañino.



Figura 26. Pasando las probetas con gasolina para que no se pegue la mezcla.



Figura 27. Baseado de agregado grueso a la mezcladora para su dosificación correspondiente.



Figura 28. Realizando la mezcla tanto patrón y con PEAD en los diferentes porcentajes.



Figura 29. : Realizando la mezcla tanto patrón y con PEAD en los diferentes porcentajes y observando la imagen se realizó el SLUMP.



Figura 30. Posteriormente se llena la mezcla a las probetas que correspondan a los porcentajes de PEAD.



Figura 31. Posteriormente al llenado de la mezcla se procede al varillado.



Figura 32. Probetas culminadas tanto patrón y los porcentajes de PEAD 6%, 12% y 15%.



Figura 33. Probetas culminadas tanto patrón y los porcentajes de PEAD 6%,12% Y 15% son cubiertas con bolsa contra los imprevistos del clima.



Figura 34. Posterior al curado secado al aire libre, 12 testigos 3 de cada uno para rotura a los 14 días.



Figura 35. Posterior al curado secado al aire libre, 12 testigos 3 de cada uno para rotura a los 28 días.

Anexo 10. Prueba de rotura para la resistencia del concreto patrón y experimental a las edades 7, 14 y 28 días.



Figura 36. Las probetas a los 7, 14 y 28 días después de pasar la máquina compresión para una resistencia 210 KG/CM2.



Figura 37. Posterior a la ruptura del probeta patrón visualización de la presión de maquina ejercida.



Figura 38. Posterior a la ruptura del probeta patrón visualización de la presión de maquina ejercida.



Figura 39. Posterior a la ruptura del probeta patrón visualización de la presión de maquina ejercida.



Figura 40. Posterior a la ruptura del probeta 7 días visualización de la presión de maquina ejercida.



Figura 41. Posterior a la ruptura del probeta 7 días visualización de la presión de maquina ejercida.



Figura 42. Posterior a la ruptura del probeta 7 días visualización de la presión de maquina ejercida.



Figura 43. Posterior a la ruptura del probeta 7 días visualización de la presión de maquina ejercida.



Figura 44. Posterior a la ruptura del probeta 7 días visualización de la presión de maquina ejercida.



Figura 45. Posterior a la ruptura del probeta 7 días visualización de la presión de maquina ejercida.



Figura 46. Posterior a la ruptura del probeta patrón 14 días visualización de la presión de maquina ejercida



Figura 47. Posterior a la ruptura del probeta patrón 14 días visualización de la presión de maquina ejercida.



Figura 48. Posterior a la ruptura del probeta patrón 14 días visualización de la presión de maquina ejercida.

## Anexo 11. Matriz de conceptualización y operacionalización de las variables

Tabla 14. Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Variable independiente (X): PEAD	Faber (2009), quien afirmo que es un termoplástico fabricado a partir del etileno a temperaturas inferiores a 70 °C y presión atmosférica y densidad comprendida entre 0,94 y 0'96 kg/dm3. Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión, o Rotomoldeo. Dentro de sus principales usos se utiliza para fabricar bolsas, cajas de botellas, tuberías, juguetes, cascos de seguridad laboral.	Este proceso, se realiza a través de etapas secuenciales en las cuales se sustituirá el cemento en 6%,12% y 15% por PEAD con el objetivo de aumentar la resistencia de un ladrillo de concreto.	Propiedades físicas	Granulometría
				Gravedad
Variable dependiente (Y): Resistencia a la compresión $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> de un concreto	Serrano & Ferreira (2009), afirmo que el concreto endurecido presenta propiedades tales como la resistencia, la cual es considerada como una de las propiedades más importante del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.	Se realizara la medición de la resistencia a la compresión $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> de un concreto, para esto se realizara a los 7 días, 14 días y 28 días de vida de la probeta experimental y patrón.	Propiedades mecánicas	Peso específico
				Contenido de humedad
				Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto.