



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE
PLÁSTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA
CANALES DE RIEGO EN PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. LUIS ANGEL YANA CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET REICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES DE RIEGO EN PUNO

AUTOR

LUIS ANGEL YANA CHOQUE

RECUENTO DE PALABRAS

18611 Words

RECUENTO DE CARACTERES

100048 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

132 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

13.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 11, 2024 6:53 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 11, 2024 6:55 AM GMT-5


● **11% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos:

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)



INGENIERO AGRICOLA
CIP: 122022





DEDICATORIA

A Dios, por haberme guiado e iluminado el día a día, por darme la vida, salud, amor, inteligencia y fuerzas para poder cumplir y seguir a paso firme todas mis metas.

A mis queridos padres, Santiago y Esperanza, quienes me dieron la dicha de vivir, me guiaron por un buen camino para culminar mi carrera profesional y formación personal, siendo inspiración y motivación para cumplir mis metas tarazadas, siempre con su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y el logro de mis objetivos.

Luis Angel Yana Choque.



AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Santiago y Esperanza N. a mis hermanos, por darme el ejemplo, la fuerza y apoyo en el logro de mis metas.

Agradezco a nuestra Universidad Nacional del Altiplano – Puno, por haberme abierto las puertas de su prestigiosa casa del saber, por cobijarme e instruirme, a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Agrícola, los cuales guiaron mi formación e inculcaron conocimientos, principios y valores a lo largo del periodo universitario para que seamos buenos profesionales, a su vez a mi asesor el Ingeniero Alcides Hector Calderon Montalico, por concederme su apoyo, orientación y enseñanza en el presente proyecto.

Al Consorcio Puente Vial Chorungas, por concederme la oportunidad de realizar este proyecto en sus instalaciones, fortaleciendo mi formación profesional.

A todas las personas que directa e indirectamente me apoyaron y estuvieron en la realización del presente proyecto.

Luis Angel Yana Choque.

.....



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|---|-----------|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTOS | |
| ÍNDICE GENERAL | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| ACRÓNIMOS | |
| RESUMEN | 16 |
| ABSTRACT..... | 17 |
| CAPÍTULO I | |
| INTRODUCCIÓN | |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 19 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 21 |
| 1.2.1. Problema general..... | 21 |
| 1.2.2. Problemas específicos | 21 |
| 1.3. ANTECEDENTES | 22 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN | 25 |
| 1.5. OBJETIVO DEL ESTUDIO | 26 |
| 1.5.1. Objetivo general | 26 |
| 1.5.2. Objetivos específicos..... | 26 |
| 1.6. HIPÓTESIS | 26 |
| 1.6.1. Hipótesis general | 26 |
| 1.6.2. Hipótesis específicas | 27 |



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 2.1. | EVALUACIÓN | 28 |
| 2.2. | EL PLÁSTICO | 29 |
| 2.3. | EL PLÁSTICO PET | 29 |
| 2.4. | PROPIEDADES DEL PLÁSTICO PET..... | 30 |
| 2.5. | RECICLAJE DE PLÁSTICO..... | 31 |
| 2.6. | CANAL DE RIEGO..... | 31 |
| 2.7. | EL CONCRETO | 32 |
| 2.8. | COMPONENTES DEL CONCRETO | 33 |
| 2.9. | TIPOS DE CONCRETO | 34 |
| 2.10. | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN..... | 35 |
| 2.11. | TRABAJABILIDAD..... | 36 |
| 2.12. | DURABILIDAD | 36 |
| 2.13. | CEMENTO PORTLAND..... | 36 |
| | 2.13.1. Definición del clinker..... | 37 |
| | 2.13.2. Tipos de cemento portland | 38 |
| 2.14. | AGUA | 40 |
| 2.15. | AGREGADOS..... | 42 |
| 2.16. | AGREGADO FINO | 43 |
| 2.17. | AGREGADO GRUESO | 45 |
| 2.18. | TAMAÑO MÁXIMO | 47 |
| 2.19. | TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL..... | 48 |



CAPÍTULO III

MÉTODOS Y MATERIALES

| | |
|--|-----------|
| 3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO | 49 |
| 3.1.1. Ubicación política | 49 |
| 3.1.2. Ubicación geográfica..... | 49 |
| 3.2. PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES A UTILIZAR Y ENSAYOS ... | 50 |
| 3.2.1. Cantera | 50 |
| 3.2.2. Análisis granulométrico de los agregados..... | 51 |
| 3.2.3. Módulo de fineza..... | 53 |
| 3.2.4. Contenido de humedad..... | 54 |
| 3.2.5. Peso específico y absorción..... | 54 |
| 3.2.6. Peso unitario suelto y varillado | 54 |
| 3.2.7. Plástico PET reciclado | 54 |
| 3.2.8. Cemento utilizado | 55 |
| 3.2.9. Agua | 56 |
| 3.2.10. Diseño de mezclas para el concreto convencional (PET-0%)..... | 56 |
| 3.2.11. Dosificación de mezcla para un concreto convencional con adición de plástico PET reciclado..... | 62 |
| 3.2.12. Elaboración de testigos..... | 62 |
| 3.2.12.1 Equipo utilizado | 62 |
| 3.2.12.2 Preparación y elaboración de los cilindros de prueba..... | 63 |
| 3.2.12.3 Elaboración de los cilindros de prueba | 65 |
| 3.2.12.4 Curado de los testigos | 67 |
| 3.2.13. Desarrollo experimental | 68 |
| 3.2.13.1 Densidad entre masa y volumen | 68 |



3.2.13.2 Ensayo de resistencia a la compresión simple 69

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|---|-----------|
| 3.1. CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS Y DISEÑO DE MEZCLA..... | 71 |
| 3.1.1. Análisis granulométrico de agregado fino | 71 |
| 3.1.2. Módulo de fineza del agregado fino..... | 71 |
| 3.1.3. Contenido de humedad del agregado fino..... | 72 |
| 3.1.4. Peso específico y absorción del agregado fino..... | 72 |
| 3.1.5. Peso unitario suelto y varillado del agregado fino | 73 |
| 3.1.6. Análisis granulométrico de agregado grueso | 74 |
| 3.1.7. Módulo de fineza del agregado grueso | 75 |
| 3.1.8. Contenido de humedad del agregado grueso..... | 75 |
| 3.1.9. Peso específico y absorción del agregado grueso | 76 |
| 3.1.10. Peso unitario suelto y varillado del agregado grueso | 76 |
| 3.1.11. Diseño de mezclas..... | 77 |
| 3.1.11.1 Valores de diseño por metro cúbico de mezcla (seco)..... | 84 |
| 3.1.11.2 Valores de diseño corregidos por la humedad de los agregados... | 84 |
| | 84 |
| 3.1.11.3 Proporciones de mezcla de diseño | 84 |
| 3.1.11.4 Dosificación de mezcla para un concreto convencional con adición de plástico PET reciclado..... | 85 |
| 3.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET | 86 |
| 3.2.1. Masa unitaria | 86 |
| 3.2.2. Resistencia a la compresión | 89 |



| | | |
|-------------|---|------------|
| 3.2.2.1 | Concreto patrón convencional (CC-0.0% PET reciclado)..... | 89 |
| 3.2.2.2 | Concreto convencional con adición de PET (CC-4.5% PET reciclado)..... | 91 |
| 3.2.2.3 | Concreto convencional con adición de PET (CC-7.5% PET reciclado)..... | 92 |
| 3.2.2.4 | Concreto convencional con adición de PET (CC-9.5% PET reciclado)..... | 94 |
| 3.2.3. | Prueba estadística..... | 96 |
| 3.2.4. | Discusión..... | 98 |
| 3.3. | COMPARATIVO DE COSTOS..... | 98 |
| 3.3.1. | Análisis comparativo de costo..... | 98 |
| 3.3.2. | Discusión..... | 101 |
| | CONCLUSIONES | 102 |
| | RECOMENDACIONES | 104 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 106 |
| | ANEXOS..... | 110 |

Área : Ingeniería de infraestructura rural

Tema : Concreto con adición de plástico PET

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 19 de enero de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|----------|---|
| Tabla 1 | Propiedades físicas del plástico PET 31 |
| Tabla 2 | Resistencia a la compresión respecto al tiempo..... 36 |
| Tabla 3 | Cumplimiento del agua para mezcla..... 41 |
| Tabla 4 | Límites de granulométrica del agregado fino 44 |
| Tabla 5 | Husos granulométricos para el agregado grueso..... 47 |
| Tabla 6 | Peso específico del cemento Yura tipo IP..... 55 |
| Tabla 7 | Resistencia promedio a la compresión..... 56 |
| Tabla 8 | Volumen unitario de agua. 57 |
| Tabla 9 | Porcentaje de aire atrapado. 58 |
| Tabla 10 | Relación agua-cemento..... 58 |
| Tabla 11 | Volumen de agregado grueso..... 59 |
| Tabla 12 | Contenido de humedad en el agregado fino..... 72 |
| Tabla 13 | Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino..... 73 |
| Tabla 14 | Peso unitario suelto del agregado fino..... 73 |
| Tabla 15 | Peso unitario varillado del agregado fino. 74 |
| Tabla 16 | Contenido de humedad de la muestra del agregado grueso. 75 |
| Tabla 17 | Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso..... 76 |
| Tabla 18 | Peso unitario suelto del agregado grueso..... 76 |
| Tabla 19 | Peso unitario varillado del agregado grueso. 77 |
| Tabla 20 | Características físicas de los agregados. 77 |
| Tabla 21 | Determinación del volumen unitario del agua para el diseño..... 78 |
| Tabla 22 | Determinación del porcentaje de aire atrapado..... 79 |
| Tabla 23 | Determinación de la relación agua-cemento..... 79 |



| | | |
|----------|--|-----|
| Tabla 24 | Interpolación de la relación agua cemento..... | 80 |
| Tabla 25 | Determinación del volumen de agregado grueso. | 80 |
| Tabla 26 | Interpolación del volumen de agregado grueso. | 81 |
| Tabla 27 | Proporciones de mezcla. | 85 |
| Tabla 28 | Resumen de materiales en peso. | 85 |
| Tabla 29 | Dimensiones y masa de plas muestras (0% PET)..... | 86 |
| Tabla 30 | Dimensiones y masa de plas muestras (4.5% PET)..... | 87 |
| Tabla 31 | Dimensiones y masa de plas muestras (7.5% PET)..... | 87 |
| Tabla 32 | Dimensiones y masa de plas muestras (9.5% PET)..... | 88 |
| Tabla 33 | Resultados del ensayo de Masa unitaria. | 88 |
| Tabla 34 | Resistencia a la compresión (0.0% PET)..... | 89 |
| Tabla 35 | Resistencia a la compresión (4.5% PET)..... | 91 |
| Tabla 36 | Resistencia a la compresión (7.5% PET)..... | 92 |
| Tabla 37 | Resistencia a la compresión (9.5% PET)..... | 94 |
| Tabla 38 | Resistencia a la compresión de las muestras a los 28 días..... | 96 |
| Tabla 39 | Resumen de análisis de varianza de un factor. | 96 |
| Tabla 40 | Prueba de análisis de varianza ANOVA..... | 96 |
| Tabla 41 | Análisis de costo unitario para concreto convencional (PET-0%) | 99 |
| Tabla 42 | Análisis de costo unitario para concreto convencional con adición de plástico PET (PET-4.5%)..... | 99 |
| Tabla 43 | Análisis de costo unitario para concreto convencional con adición de plástico PET (PET-7.5%)..... | 99 |
| Tabla 44 | Análisis de costo unitario para concreto convencional con adición de plástico PET (PET-9.5%)..... | 100 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|-----------|--|
| Figura 1 | Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto 33 |
| Figura 2 | Curvas envolventes para el agregado fino. 45 |
| Figura 3 | Ubicación política. 49 |
| Figura 4 | Extracción del agregado fino de la cantera Cabanillas. 50 |
| Figura 5 | Extracción del agregado grueso de la cantera Cabanillas. 51 |
| Figura 6 | Realización de tamizado del agregado. 52 |
| Figura 7 | Material retenido por cada malla. 53 |
| Figura 8 | Realización del tamizado del agregado grueso. 53 |
| Figura 9 | Material PET utilizado. 55 |
| Figura 10 | Preparación de materiales para la elaboración de testigos. 63 |
| Figura 11 | Preparación de la mezcla de concreto. 64 |
| Figura 12 | Vertido de la mezcla de concreto. 64 |
| Figura 13 | Colocación de concreto a los moldes. 65 |
| Figura 14 | Compactados de la mezcla en los moldes. 66 |
| Figura 15 | Moldes vaciados para después de 24 horas ser desencofrados. 66 |
| Figura 16 | Poza de curado de testigos de concreto. 67 |
| Figura 17 | Muestras en poza de curado. 68 |
| Figura 18 | Peso de las muestras de concreto. 68 |
| Figura 19 | Prensa para realización de la prueba de compresión. 70 |
| Figura 20 | Falla del testigo de concreto. 70 |
| Figura 21 | Curva granulométrica del agregado fino. 71 |
| Figura 22 | Curva granulométrica del agregado grueso. 75 |



| | | |
|-----------|--|-----|
| Figura 23 | Evolución de la resistencia a compresión (0.0% PET)..... | 90 |
| Figura 24 | Evolución de la resistencia a compresión (4.5% PET)..... | 92 |
| Figura 25 | Evolución de la resistencia a compresión (7.5% PET)..... | 93 |
| Figura 26 | Evolución de la resistencia a compresión (9.5% PET)..... | 95 |
| Figura 27 | Evolución de la resistencia a compresión para distintos porcentajes de adición de plástico PET reciclado..... | 95 |
| Figura 28 | Resistencia promedio de las muestras a los 28 días (Tukey)..... | 97 |
| Figura 29 | Elaboración de mezcla de concreto adicionando distintos porcentajes de plástico PET reciclado | 124 |
| Figura 30 | Integración de los materiales a utilizar a la mezcla de concreto..... | 124 |
| Figura 31 | Poza de curado de probetas de concreto (ASTM C 192)..... | 125 |
| Figura 32 | Curado de los testigos de concreto con distintos porcentajes de adición de plástico PET reciclado. | 125 |
| Figura 33 | Agregado plástico PET reciclado transformarlo en una similitud a hojuelas, sin mayor valor agregado..... | 126 |
| Figura 34 | Peso de las dosificaciones de los agregados para la mezcla. | 126 |
| Figura 35 | Realizando otro tipo de ensayo del concreto en estado fresco (Slump)..... | 127 |
| Figura 36 | Tomando medidas de los moldes a utilizar para los especímenes de concreto. | 127 |
| Figura 37 | Preparación de los moldes para las probetas de concreto..... | 128 |
| Figura 38 | Especímenes de concreto con diferentes cantidades de adición de PET para realizar la prueba de resistencia. | 128 |
| Figura 39 | Pesado de los especímenes de concreto con distintos porcentajes de adición de PET para determinar su densidad..... | 129 |



| | | |
|-----------|--|-----|
| Figura 40 | Prensa hidráulica para realización del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días con una adición de 0.0% de plástico PET reciclado. | 129 |
| Figura 41 | Prensa hidráulica para realización del ensayo de resistencia a la compresión con incorporación de 9.5% de plástico PET reciclado..... | 130 |
| Figura 42 | Restos de los especímenes de concreto después de realizar ensayos de resistencia a compresión. | 130 |



ACRÓNIMOS

| | |
|-------|--------------------------------|
| ACI | : American Concrete Institute |
| PET | : Polietileno Tereftalato |
| MINAM | : Ministerio del Ambiente |
| PEAD | : Polietileno de alta densidad |



RESUMEN

La investigación tiene como intención principal evaluar la resistencia del concreto modificado con distintos porcentajes de adición de plástico PET reciclado reemplazando a ambos agregados en igual cantidad, de esta manera conocer el porcentaje adecuado de inclusión en la mezcla para ofrecer un material alternativo para canales de riego en la región de Puno, a su vez analizar el costo de producción de este tipo de concreto modificado. Se siguió el procedimiento de diseño del comité 211 del ACI para la elaboración de la mezcla de concreto patrón y modificado con resistencia de 175 kg/cm². Se realizaron ensayos de resistencia a los 7, 14 y 28 días, los que permitieron conocer la evolución de su resistencia de cada uno de ellos con distintos porcentajes de adición de PET reciclado (0.0%, 4.5%, 7.5% y 9.5%), se utilizaron testigos de 4" de diámetro y 8" de altura. Es así que incrementando la cantidad de plástico PET reciclado a la mezcla de concreto, este tiende a disminuir su resistencia a la compresión simple, concluyendo de esta manera que al adicionar en un 7.5% de plástico PET reciclado en reemplazo a los agregados en misma cantidad, logramos obtener un concreto que cumple con los estándares mínimos exigidos por la norma, beneficiando a la calidad ambiental de nuestra sociedad y contribuyendo a la economía circular presentado un ahorro en la realización de este concreto modificado, siendo una alternativa para minimizar el impacto económico debido a su bajo costo en comparación a otros materiales constructivos.

Palabras clave: Canal de riego, concreto, diseño, evaluación, plástico PET.



ABSTRACT

The main intention of the research is to evaluate the resistance of modified concrete with different percentages of addition of recycled PET plastic, replacing both aggregates in equal quantities, in this way knowing the appropriate percentage of inclusion in the mix to offer an alternative material for irrigation canals. in the Puno region, in turn analyze the production cost of this type of modified concrete. The design procedure of ACI Committee 211 was followed for the preparation of the standard and modified concrete mix with a resistance of 175 kg/cm². Resistance tests were carried out at 7, 14 and 28 days, which allowed us to know the evolution of the resistance of each of them with different percentages of addition of recycled PET (0.0%, 4.5%, 7.5% and 9.5%), Cores measuring 4" in diameter and 8" in height were used. Thus, by increasing the amount of recycled PET plastic to the concrete mixture, it tends to decrease its resistance to simple compression, thus concluding that by adding 7.5% of recycled PET plastic to replace the aggregates in the same amount, we managed to obtain a concrete that meets the minimum standards required by the norm, benefiting the environmental quality of our society and contributing to the circular economy, presenting savings in the creation of this modified concrete, being an alternative to minimize the economic impact due due to its low cost compared to other construction materials.

Keywords: Irrigation canal, concrete, design, evaluation, PET plastic.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental que se genera por la mala o nula disposición final de los residuos plásticos, me motivaron a iniciar esta investigación que permitirá atacar estos problemas que afectan a nuestra sociedad.

En la presente investigación se evaluará un concreto convencional adicionando plástico PET reciclado como propuesta para canales de riego en Puno reemplazando a ambos agregados en igual cantidad, así mismo, se determinará la resistencia a la compresión y el costo de producción de esta mezcla modificada, el cual compararemos los resultados obtenidos con una mezcla patrón.

La importancia de esta investigación radica en ofrecer un material alternativo para la construcción de canales de riego, para ello se estableció una metodología de investigación descriptivo experimental cuantitativo, debido a que el estudio se realizara en la manipulación de las variables. Para poder evaluar las características físico mecánicas se plantea realizar especímenes con distintos porcentajes de agregado PET versus un concreto patrón sin ningún tipo de aditivo.

La elaboración y evaluación de mezclas de concreto con adición de plástico PET reciclado ofrecerá un material alternativo para la construcción, dándose un uso técnico en el diseño de mezclas para así obtener beneficios y mejorar la calidad ambiental de nuestra sociedad, así mismo pueden constituirse como una alternativa para minimizar el impacto económico, al presentar propiedades como: bajo costo en comparación a otros materiales constructivos, resistencia a la corrosión, durabilidad, sencilla manipulación y con una gran vida útil por ser altamente reutilizables y reciclables.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial y con el tiempo, la industria del plástico creció y reemplazó diversos materiales como el vidrio, la madera y el cloruro de polivinilo (PVC) por el PET porque es un material que se distingue por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión, tiene un alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y el olor de los alimentos y actúa como barrera contra los gases. En 2018, se fabricaron alrededor de 35.7 millones de toneladas de basura plástica en Estados Unidos, en Europa se produjo 61.8 millones de toneladas (Rajkumar et al., 2020). Los países que más plástico usan en Asia son China e India que entre los años 2010 a 2011, se fabricaron en Bangladesh aproximadamente 0.75 millones de toneladas de plástico elaborado a partir de desechos de polímeros (Lianget al., 2021).

Según la publicación: “Contaminación por plásticos, uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI” (ECODES, 2019). Se estima que cada año se arrojan al mar unos 8 millones de toneladas de plástico. Incluso se predice que para 2025 habrá 1 tonelada de plástico por cada 3 toneladas de peces en nuestros océanos, y para 2050 habrá más plástico que peces. Si consideramos que el plástico tarda entre 100 y 1000 años en descomponerse, tiene un impacto directo en la contaminación, porque su proceso de producción produce dióxido de carbono, consume recursos, naturaleza, etc., lo que incide directamente en el calentamiento global.

Uno de los materiales que más utilizamos en nuestro día a día es el plástico PET y a la vez es un material que genera mayor contaminación en el Perú, este material existe en gran cantidad en todo el país y no tiene un destino final adecuado y suficiente de estos productos. Según estadísticas del Ministerio del Medio Ambiente (MINAM, 2022), cada peruano produce un promedio de 30 kilogramos de plástico cada año, y solo las ciudades



capitales de Lima y Callao generan 886 toneladas de residuos plásticos cada día, equivalente al 46% de la producción de residuos plásticos del país. Sin duda, esto es un problema para la sostenibilidad de los ecosistemas alrededor de las grandes ciudades.

Los desechos plásticos generalmente se tratan y procesan para su reciclaje, mientras que el resto se deposita en vertederos, se entierra en vertederos o se libera directamente al medio ambiente. Según datos del MINAM de 2017, el 56% de los residuos plásticos generados en el Perú terminan en vertederos, el 43.7% termina en vertederos y termina en contacto directo con el medio ambiente (océano), y solo el 0.3% se recicla (Muñoz, 2018).

Los envases de bebidas, que no se degradan con facilidad y pueden persistir por muchos años, constituyen una parte importante de los residuos sólidos que se generan diariamente en nuestra región de Puno impactando el medio ambiente. Los envases de plástico PET se pueden reciclar y utilizar como materia prima para una variedad de construcciones. Es por ello que se plantea elaborar y evaluar nuevos materiales ambientalmente amigable para la construcción de canales de riego en la región de Puno. El Perú tiene una gran oportunidad para incrementar el reciclaje ya que solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reciclables (MINAM, 2018). En 2016 se generaron en el país 7 005 576 toneladas de residuos sólidos domiciliarios; El 18.7% de ellos eran residuos inorgánicos reciclables con potencial para crear empleo (papel, cartón, vidrio, plástico PET, plástico duro), embalajes, metales y residuos eléctricos (MINAM,2018).

Dai Li Villahermosa (2015), en su investigación realizada en la ciudad de Puno - 2015, evaluó los procesos de generación de residuos domésticos y el resultado total fue de 93,14 tn/día, indica que no se tomó en cuenta los centros de salud de la ciudad de Puno. Los principales generadores son los hogares que producen 71 507.07 kg/día, seguidos por



los centros comerciales que producen 3 923.89 kg/día. De igual forma la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios arrojó los siguientes resultados: Los residentes generan un 64.18% de residuos compostables, los residuos inorgánicos reciclables, que luego pueden comercializarse, representan un 13.72%.

Uno de los causantes de la degradación ambiental en la región de Puno, es la disposición final de residuos, siendo de preocupación para los pobladores, debido a la inconciencia y mal manejo de estos, debemos reducir la generación de plástico y reutilizar la mayor parte posible, así brindamos un nuevo servicio para los pobladores a través de buenas prácticas y nuevas tecnologías para el aprovechamiento y tratamiento de estos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cómo varían las propiedades del concreto con adición de plástico triturado PET reciclado para el uso en canales de riego en Puno?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuáles son las características de los agregados para la realización del diseño de mezcla de concreto?

¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto al adicionar plástico PET reciclado a la mezcla?

¿Cuánto cuesta producir concreto convencional adicionando plástico PET reciclado?



1.3. ANTECEDENTES

La materia prima utilizada para fabricar botellas, el tereftalato de polietileno (PET), se creó en 1941 y desde entonces se consume en millones de toneladas anuales, lo que representa una amenaza para el medio ambiente. El plástico y sus derivados tardan hasta 500 años en degradarse, pero los plásticos utilizados en la industria y la vida cotidiana tienen una capacidad limitada de autodestrucción y permanecen como residuos durante muchos años (Echeverría, 2017).

Bahij et al. (2020) mencionan en su estudio de las propiedades frescas y endurecidas del hormigón que contiene diferentes formas de residuos plásticos, “El agregado es un elemento de vital importancia en la elaboración de mezclas de concreto y representa del 65% al 85% del volumen total, la resistencia del concreto depende de los agregados, la sustitución de estos elementos por residuos plásticos actúan como una solución alternativa, teniendo la característica que el plástico tiene una menor densidad aparente que el granito, basalto o piedra caliza, haciendo así un hormigón ligero. Los resultados obtenidos indican que la adición del plástico a la mezcla es beneficioso puesto que se hace más ligero y aumenta su trabajabilidad, sin embargo, al endurecer con alto contenido de plástico tiende a alterarse y reduce la resistencia a la compresión con el aumento de desechos plásticos”.

A medida que la población de nuestro país ve en aumento, también lo ha hecho la cantidad de desechos sólidos. Por ello, se han planteado diversas soluciones, siendo el reciclaje de materiales una de las más utilizadas.

La utilización de residuos plásticos reciclados como material de construcción y adición en la mezcla de concreto, siendo como agregado es una mejor opción para la disminución de residuos plásticos. El hecho que los desechos plásticos se sustituyan en



una mezcla de concreto se logran beneficios ambientales y económicos, así como un pavimento liviano de baja resistencia (Kamaruddin, 2017).

Bahadori A. (2019) es su estudio “Desarrollo sostenible de hormigón de resistencia media utilizando polipropileno como reemplazo de agregados” evaluó la sustitución parcial del agregado fino con material plástico, preparando síes muestras de concreto con sustitución de 0.5% a 3%, con la adición de agregado plástico obtuvo resultados que redujeron la resistencia a la compresión, el cual se reguló a medida se aumenta la proporción de plástico. Después, se logró alcanzar criterios estándar a los 28 días el cual utilizó 1.5% y 2.5% de plástico reciclado confirmado así que es posible el uso de este elemento como sustituto del agregado fino en la mezcla para elementos estructurales.

Molina et al. (2007) menciona en su estudio de las Características Físico - Mecánicas de Ladrillos Elaborados con Plástico Reciclado, “Se analizó ladrillos con contenido de 70% de PET y 30% de PEAD el cual lo hace menos pesado, por el peso específico del PET, siguiendo las Normas Técnicas se realizaron distintos ensayos, que al exponerse al aire libre no presenta alteraciones en tamaño ni daños aparentes al ser sometido a agentes externos, el porcentaje de absorción de agua (0.29%) es bajo, al ser sometido a fuerzas de flexión este quiebra a un ángulo de 45° resistiendo una presión de 0.83MPa, lo que traduce a ser ladrillo resistente a la rotura, asimismo tiene una alta resistencia a la compresión de 212.6 Kg/cm² clasificándose como frágil este material según su análisis de esfuerzo.”

Rivera, L. (2013) en su libro “Materiales Alternativos para la Elaboración de Tabiques Ecológicos”. Con el fin de crear un material que se comportara de manera similar a este sin sacrificar sus propiedades de resistencia, se reemplazó parcialmente el jal de la pared con PET al 50% y 30%. Se pudo observar que la resistencia es baja en el



caso de los tabiques al 30% porque hay poca adherencia entre el plástico y el cemento, y que no cumplen con los requisitos en el caso de los tabiques al 50% de PET porque el contenido de plástico es alto por ende menor adherencia.

Pari, R. (2016) en su tesis titulada: “Reutilización de Plastico 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”, Para producir concreto ecológico para la construcción de viviendas asequibles, propuso utilizar como materia prima residuos plásticos PET, papel y bagazo de caña de azúcar. Utilizando como materias primas cemento Portland Extra Forte, grava de 1/2”, arena gruesa y los residuos antes mencionados, que sustituyeron a la arena gruesa en porcentajes de 5, 10 y 20% en peso. Se concluyó que la mejor resistencia a la compresión la demostró el concreto que contenía un 5 % de plástico PET y, a medida que aumenta la cantidad de residuos en el hormigón, su resistencia a la compresión disminuye. Además, se encontró que agregar plástico PET al concreto reduce el costo por unidad del material.

Castillo et al. (2015) menciona en su estudio de Diseño de Plantas Productora de Adoquines a base de Cemento y Plástico Reciclado, “Se utilizó una proporción de 1 cemento por 1.5 arena y 0.5 PET para de esta manera los adoquines utilizados para el tránsito peatonal y vehicular contuvieran materiales reciclados en su composición. Para el proceso de elaboración se utilizó una máquina productora de adoquines, o "compactadora". Los resultados de las pruebas de laboratorio permitieron determinar que los adoquines plastificados tienen una menor densidad y cumplen con los estándares de resistencia y absorción establecidos por la legislación peruana, haciéndolos aptos para su uso en la construcción de vías públicas.”

De acuerdo con Sánchez y Campagnoli (2016), para la construcción de carreteras son usados especialmente dos tipos de pavimentos, diferenciados por sus características



funcionales, entre rígidos y flexibles. El primer grupo abarca aquellos que tienen como revestimiento superficial una capa de concreto hidráulico, que reposa sobre material granular. Mientras que los pavimentos flexibles están compuestos generalmente por una transición de capas granulares, un tanto más robusto, cuyo acabado se construye con una mezcla a base de ligantes asfálticos y un arreglo granulométrico, que varía en función de la condición de trabajo a la que será expuesta.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Los envases de bebidas, que no se degradan con facilidad y pueden persistir por muchos años, constituyen gran parte de los residuos sólidos que se generan diariamente en nuestra región Puno. En nuestra región de Puno se desconocen las características y ventajas de este material, lo que genera contaminación y desechos debido a que el reciclaje en nuestra zona se limita a lavar y triturar el material reciclado antes de transformarlo en algo parecido a las hojuelas de PET, sin agregar mucho más valor.

Ante esto, se sugiere desarrollar y evaluar mezclas de concreto con agregado de plástico PET reciclado para nuevos componentes y tecnologías constructivas como una opción amigable con el medio ambiente en la construcción de canales de riego en la región Puno. Asimismo, contribuir en términos de mejorar el medio ambiente de la mano de una mejor calidad de vida, brindando beneficios en el sector de la construcción hidráulica en nuestra región.

En este estudio se examinará si el PET puede ser utilizado como materia prima en el diseño y elaboración de mezclas de concreto como propuesta para canales de riego cuyas propiedades físicas y mecánicas cumplan con los estándares establecidos. El PET tiene una alta resistencia a la tensión permanente, al desgaste, así como una gran rigidez y dureza.



Teniendo en cuenta que el concreto es indispensable en la realización de obras y estructuras hidráulicas, me parece interesante y necesario realizar una investigación para poder utilizar el plástico como adición, ya que este se presenta en gran cantidad en nuestra región, con esta investigación se pretende lograr mezclas más adecuadas, ecológicas y económicas en el sector agrícola en cuanto a proyectos de irrigación entre otros, y nos permita dar una solución al problema medio ambiental.

1.5. OBJETIVO DEL ESTUDIO

1.5.1. Objetivo general

Elaborar y evaluar un concreto convencional adicionando material plástico PET reciclado como propuesta para canales de riego en Puno.

1.5.2. Objetivos específicos

Caracterizar los agregados para el diseño de mezcla de concreto según el comité 211 del ACI.

Determinar la resistencia a la compresión del concreto al adicionar plástico PET reciclado a la mezcla.

Determinar el costo de realizar concreto convencional adicionando plástico PET reciclado.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis general

Al utilizar plástico (PET) reciclado y triturado como adición en la realización de concreto para canales de riego, el concreto modificado permitirá alcanzar los valores de diseño de mezclas.



1.6.2. Hipótesis específicas

Las características de los agregados aportarán a las propiedades finales del concreto en cuanto a su resistencia y durabilidad.

Con la incorporación del plástico PET reciclado a la mezcla de concreto, se conocerá el porcentaje adecuado de adición de este material.

El costo de realización del concreto adicionado de plástico PET reciclado presentará un bajo costo en el precio unitario.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EVALUACIÓN

Sapag et al. (2014), mencionan en su libro “reparación y evaluación de proyectos” que la evaluación es un conjunto de antecedentes justificatorios mediante los cuales se establecen las ventajas y desventajas que tiene la asignación de recursos para una idea o un objetivo determinado. Es decir, es un instrumento de decisión que determina su implementación si se muestra rentable o su abandono si resulta no económicamente rentable.

Es un proceso que nos permite decidir el nivel de usabilidad alcanzado por el prototipo actual de un sistema y con ello identificar sus pro y contras del prototipo. Hay dos formas de determinar este nivel cuales son las pruebas de usabilidad y evaluación heurística. Normalmente, primero se utilizan las pruebas de usabilidad, seguidas de la evaluación heurística (Mascheroni, 2013).

La evaluación es un proceso sistemático, objetivo y crítico que permite analizar la eficacia, eficiencia, sostenibilidad e impacto de las decisiones tomadas, con la finalidad de ajustar estrategias, metodologías y/o acciones para mejores resultados de los objetivos planteados (Bardales, 2012).

Arroyo (1999), indica que la evaluación consiste en apreciar una acción y conviene precisar entonces sobre los aspectos que se va a realizar, para ello es necesario definir criterios (puntos de vista desde el cual se puede hacer un balance sobre la realidad y aclararla).



2.2. EL PLÁSTICO

El plástico es un material universal que se utiliza en la industria manufacturera y alimentaria, el transporte, la medicina y en los hogares para resolver diversos problemas, los envases de plástico convencionalmente protegen nuestros alimentos y bienes de la contaminación, como también se utilizan para prendas de protección, aparatos de seguridad y protección. Estos envases se producen en cantidades considerables planteando así importantes retos de gestión medioambiental (Ogundairo et al., 2021).

Para la revista Reinforced Plastics and Composites magazin (2011), por lo general, los plásticos son polímeros que bajo presión y el calor se pueden moldear. Son bastante resistentes a la degradación y, al mismo tiempo, ligeros una vez que alcanzan el estado que define a las sustancias a las que normalmente nos referimos como plásticos.

2.3. EL PLÁSTICO PET

El tereftalato de polietileno (PET) es un tipo de plástico transparente sólido, que habitualmente se usa para fibra, para los envases de botellas de bebidas, siendo este tipo de plástico uno de las más reciclados, haciéndose así útiles en la producción de distintos elementos (Ogundairo et al., 2021).

Debido a la alta concentración de moléculas de hidrocarburos, alcoholes y otros compuestos orgánicos en él, es una sustancia sintética con una estructura macromolecular. J. R. Whinfield y J.T. Dicknson en 1941 lo patentaron como polímero para fibra. Se utiliza desde 1955 para fabricar envases de líquidos y tiene valor porque es completamente reciclable (Ambientum, 2000).

A partir de petróleo crudo, gas y aire, se fabrica PET. Se compone por 13% de aire, 23% de derivados del gas natural y 64% de petróleo. Se distingue por su alto grado



de transparencia y brillo, gran ligereza, resistencia mecánica a la compresión, capacidad de producir envases reutilizables, conservación del sabor y aroma de los alimentos, función barrera a los gases y carácter 100% reciclable. Estos atributos han hecho que desplace a otros materiales (Rendon, 2008).

Los envases de gaseosas, agua mineral, entre otros, están fabricados en plástico PET. Debido a la naturaleza desechable de las botellas, los vertederos y las bolsas de basura suelen ser el lugar donde terminan (Rendon, 2008).

2.4. PROPIEDADES DEL PLÁSTICO PET

En general, los plásticos presentan alta resistencia, aislamiento térmico y eléctrico, resistencia a ácidos, álcalis y disolventes, entre otras cosas. El tereftalato de polietileno (PET) tiene las siguientes propiedades significativas:

- Actuar consistentemente bien frente a la presión.
- Excelente resistencia al desgaste.
- Coeficiente de deslizamiento favorable.
- Comportamiento adecuado ante agentes químicos.
- Fuertes cualidades térmicas.

Es por ello, que consideramos utilizar este material como agregado alternativo a la mezcla de concreto, puesto que posee propiedades adecuadas (Angumba, 2016).

Tabla 1

Propiedades físicas del plástico PET

| Propiedades del plástico PET | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Densidad bruta | 520 kg/m ³ |
| Densidad neta | 1400 kg/m ³ |
| Módulo de Young | 2800 - 3100 Mpa |
| Resistencia a la tracción | 900 kg/cm ² |
| Resistencia a la tensión | 0.60 - 0.74 kg/cm ² |
| Resistencia a la compresión | 260 - 480 kg/cm ² |
| Resistencia al calor | 80 - 120 °C |
| Resistencia a flexión | 1450 kg/ m ² |

Fuente: Hernandez (2018).

2.5. RECICLAJE DE PLÁSTICO

Los plásticos se pueden reciclar de diversas formas, incluido el reciclaje químico, el reciclaje directo, la incineración con o sin recuperación de energía y la creación de productos más nobles con valores agregados más altos. La decisión sobre el proceso de reciclaje se basa en su composición, las normas ambientales, el costo de los materiales vírgenes y las técnicas de reciclaje (Ramirez, 2011).

2.6. CANAL DE RIEGO

Un canal es un conducto abierto por el cual circula agua sin ningún tipo de presión, es decir, fluye por su propio peso y el contacto con la atmósfera, su sección generalmente es de forma rectangular, trapezoidal o circular (Bustamante, 2019).



Desde una perspectiva agrícola, los canales de riego son una importante infraestructura hidráulica, y su rendimiento depende en gran medida de la durabilidad y eficacia de su revestimiento (Pilares y Alfaro, 2021).

- **Espesor de revestimiento:** No existe una regla que defina los espesores del revestimiento de un canal, pero según la experiencia acumulada en la construcción se puede usar un espesor de 5 a 7.7 cm para canales pequeños y medianos, y 10 a 15 cm para canales medianos y grandes, siempre estos se diseñen sin armaduras (ANA, 2010).

2.7. EL CONCRETO

Es un material sólido, compacto, también conocido como hormigón en otras partes del mundo; conformado por agua, cemento, áridos y en algún caso específico, aditivos, es de fácil trabajabilidad cuando se encuentra recién elaborado, pero, cuando endurece adquiere resistencia y otras propiedades; razón por la cual tiene mucha demanda en el sector constructivo (Carhuapoma, 2018).

En la actualidad el material con mayor demanda en la construcción es el concreto. En general, el concreto es desconocido en muchos de sus siete aspectos principales, que incluyen la naturaleza, los materiales, las propiedades, la selección de proporciones, los procesos de puesta en servicio, el control e inspección de calidad y el mantenimiento de los elementos estructurales, aunque la calidad final del concreto depende en gran medida de la calidad del material, conocimiento y la experiencia del ingeniero (Rivva, 2000).

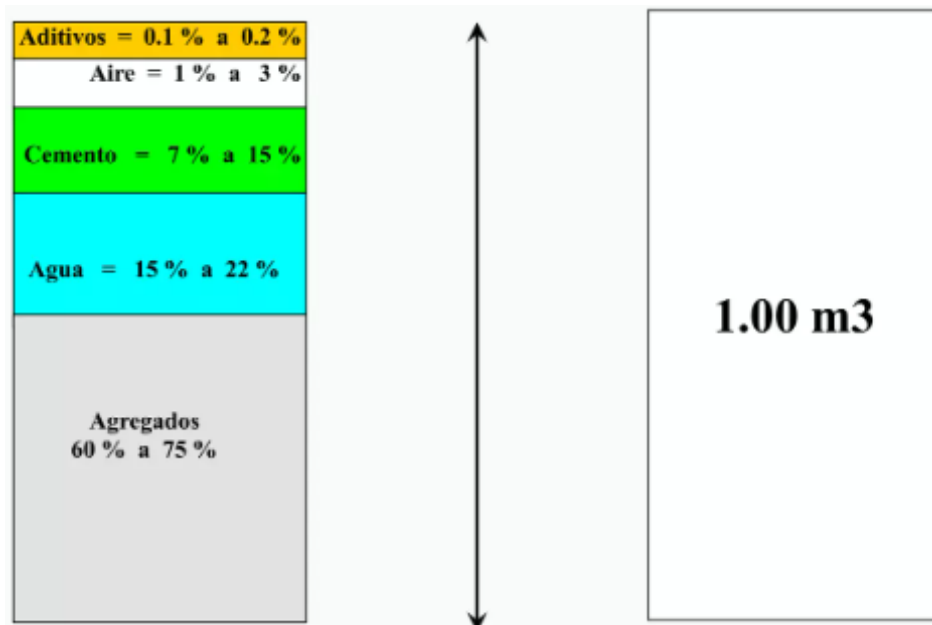
2.8. COMPONENTES DEL CONCRETO

De acuerdo con las definiciones actuales de este material, el cemento, el agua, los áridos y los aditivos son sus cuatro componentes activos y el aire su componente pasivo (Rivva, 2000).

Se ha demostrado científicamente la conveniencia de su uso para mejorar las condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, y aunque la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica mundial moderna constituyen un ingrediente habitual. Como resultado, en última instancia, son una solución más rentable cuando se tienen en cuenta los ahorros en mano de obra y equipos de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso una disminución en el uso de cemento. (Rivva, 2000).

Figura 1

Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto



Fuente: Tecnología del Concreto (Rodríguez, 2015).



2.9. TIPOS DE CONCRETO

Definiciones adaptadas de la Norma E-060 del Reglamento Nacional de Edificación de 2011.

a. Concreto simple

Concreto que carece de refuerzo o lo contiene en una cantidad que cae por debajo del porcentaje mínimo requerido para el concreto reforzado.

b. Concreto armado

Cualquier concreto que tenga armadura de refuerzo en una cantidad igual o superior a la especificada en esta norma E-060 y en el que ambos materiales trabajen juntos para soportar esfuerzos.

c. Concreto de peso normal

Este concreto se caracteriza por tener un peso de 2300 kg/m^3 aproximadamente.

d. Concreto prefabricado

Componentes de concreto que son simples o reforzados los cuales se fabrican en un lugar distinto al que se usarán en la estructura.

e. Concreto ciclópeo

Es el concreto simple con adición de grandes piedras o bloques sin contener armadura de acero.



f. Concreto de cascote

Es el concreto que se compone de cemento, agregado fino, cascote de ladrillo y agua.

g. Concreto premezclado

Es el concreto que se elabora en planta, los cuales pueden ser mezclados en la misma planta o en camiones mixer y que es transportado a obra. NTP 339.114:2012.

h. Concreto bombeado

Este concreto es bombeado a través de tuberías hacia su colocado final.

2.10. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Es la propiedad más importante del concreto, porque tiene buena y alta resistencia a la compresión, pero muy baja resistencia a la tracción, de igual manera, si el valor alcanzado a los 28 días no supera los 420 kg/cm², lo llamamos hormigón normal; tiene una alta resistividad en el rango de 420 kg/cm² a 1000 kg/cm² y una resistividad extremadamente alta por encima de 1000 kg/cm² (Mayta, 2014).

La resistencia a la compresión del hormigón normal oscila entre 100 y 400 kg/cm², para una resistencia determinada según el diseño de mezcla, se debe de cumplir porcentajes cada cierto tiempo como control de calidad, el cual se muestra en la Tabla 2.

La resistencia a la compresión de la briqueta cilíndrica se calcula mediante a través de la siguiente fórmula:

$$F'c = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right); A = \frac{\pi \emptyset^2}{4}$$

Donde:

$F'c$: Es la resistencia del concreto a la compresión.

P : Carga (kg).

ϕ : Diámetro de la briqueta (cm).

Tabla 2

Resistencia a la compresión respecto al tiempo

| Tiempo | 3 días | 7 días | 14 días | 28 días | 90 días | 6 meses | 1 año | 2 años | 5 años |
|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| $F'c(t)$ | 0.30 | 0.67 | 0.85 | 1.00 | 1.17 | 1.23 | 1.27 | 1.31 | 1.35 |
| $F'c(28)$ | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

2.11. TRABAJABILIDAD

Característica del concreto a ser mezclado con facilidad, transportado y colocado a un molde o encofrado.

2.12. DURABILIDAD

Capacidad del concreto a resistir de manera adecuada en el transcurso de la vida en servicio del elemento estructural.

2.13. CEMENTO PORTLAND

Es un material importante en la construcción, su finalidad es formar una masa pétreo hasta que se vuelvan fuertes y duraderas al mezclarlas con agua y áridos. Después de la preparación, se endurece gradualmente. Los productos elaborados con cemento son muy utilizados en estructuras y todos los elementos constructivos debido a su trabajabilidad, resistencia y durabilidad (Sanjuan, 2014).



Es un material esencial en la ingeniería civil, cuyo propósito es formar masas pétreas hasta volverse resistente y durable al mezclarse con agua y agregados; endureciendo progresivamente luego de su confección. Los productos fabricados con cemento son de gran aplicación en estructuras y cualquier elemento constructivo debido a su trabajabilidad, resistencia y durabilidad.

El cemento se define como materiales pulverizados con la propiedad de que, combinados con la cantidad adecuada de agua, forman una pasta que actúa como aglomerante y puede endurecerse tanto bajo el agua como en tierra, formando compuestos estables. Esta definición no incluye cal hidráulica, cal aérea o yeso (Rivva, 2010).

Se fabrica pulverizando Portland Clinker y posteriormente añadiendo sulfato de calcio. Si la norma correspondiente establece que su inclusión no tiene impacto en las propiedades del cemento resultante, se permite la adición de otros productos hasta el 1% en peso del total. El Clinker debe triturarse con los productos adicionales que se le agreguen. (NTP 334.009:2013).

2.13.1. Definición del clinker

El clinker se produce mediante un proceso que consiste en mezclar una fuente de óxido de hierro (óxido férrico, 0.5 por ciento a 6 por ciento de Fe_2O_3), como el mineral de hierro, con una fuente de sílice y alúmina (anhídrido silícico, 17 por ciento a 25 por ciento de SiO_2 y óxido de aluminio, 3 por ciento a 8 por ciento Al_2O_3), como las arcillas. Para permitir que ocurran las reacciones entre las mezclas de materias primas que componen el cemento, una mezcla dosificada correctamente se muele finamente y luego se calienta a una temperatura de aproximadamente $1500^{\circ}C$. Para crear cemento Portland, el clinker se muele



después de enfriarlo con una adición de aproximadamente un 6 % de sulfato de calcio (yeso). (Rivva, 2010).

2.13.2. Tipos de cemento portland

Es un producto que se obtiene pulverizando clinker y añadiendo finalmente sulfato de calcio. Se permite agregar otros productos hasta el 1% del peso total, si la norma correspondiente establece que su adición no afecta las propiedades del producto obtenido (RNE, 2019).

Según la norma ASTM C150, existen cinco tipos diferentes de cemento portland regular que se pueden categorizar como estándar y cuya producción está sujeta a regulaciones específicas, estas son:

a. Cemento tipo I

Al cemento Tipo I se conoce también como cemento normal de uso común. Se utiliza en todas las obras para las que no se requiere protección adicional o donde la exposición a sustancias peligrosas como sulfatos o condiciones climáticas extremas no son una preocupación. El silicato tricálcico (C3S), que es responsable de la capacidad de este tipo de cemento para producir una resistencia notable durante un breve período de tiempo, también produce la mayor cantidad de calor de hidratación. El silicato dicálcico (C2S), por su parte, es el encargado de producir resistencia en edades tardías. Los aluminatos de este cemento también se hidratan rápidamente, aunque tienen un impacto menor en la resistencia final. A pesar de esto, son sustancias potencialmente reactivas porque pueden formar sulfoaluminatos, que se expanden, cuando los sulfatos están presentes en solución (<http://www.cementospacasmayo.com.pe/>).



b. Cemento tipo II

Debido a que hay menos silicato tricálcico y aluminato tricálcico en el cemento tipo II que en el cemento estándar, tiene un calor de hidratación moderado y una resistencia moderada a los sulfatos. Para evitar el agrietamiento del concreto debido a los cambios térmicos que experimenta durante la hidratación, el cemento Tipo II se usa en estructuras moderadamente masivas como columnas grandes o muros de concreto extremadamente anchos.

Además, es recomendable utilizar este tipo de cemento para muros subterráneos y cimientos donde las concentraciones de sulfato no sean muy altas, pero donde se requiera una protección moderada contra la acción de los sulfatos (<http://www.cementospacasmayo.com.pe/>).

c. Cemento tipo III

El cemento tipo III también se denomina cemento de fraguado rápido, este tipo de cemento se utiliza en los casos en que se requiere una remoción rápida para acelerar el avance de otros proyectos y poner el proyecto en funcionamiento lo antes posible. Debido a las altas concentraciones de silicato tricálcico ya las bajas concentraciones de silicato dicálcico, es notable la resistencia que desarrolla durante los primeros siete días.

Cuando el clinker se muele a una finura mayor que la del cemento típico, los cementos desarrollan la propiedad de ganar resistencia rápidamente además de su composición química (<http://www.cementospacasmayo.com.pe/>).



d. Cemento tipo IV

Debido al bajo contenido de silicato tricálcico, el tipo IV o cemento de bajo calor de hidratación desarrolla su resistencia más gradualmente que el cemento normal. Por la misma razón, el calor que desarrolla durante la etapa de fraguado es significativamente menor que el del cemento normal.

Cuando se construyen grandes estructuras como presas de hormigón, se utiliza cemento tipo IV porque debe ser capaz de limitar el calor de hidratación para evitar el agrietamiento (<http://www.cementospacasmayo.com.pe/>).

e. Cemento tipo V

Todos los tipos de construcción que estarán sujetos a un ataque severo de sulfato en solución o que se construirán en ambientes industriales hostiles usan cemento Tipo V o resistente a los sulfatos. Estos cementos exhiben una ganancia moderada de resistencia a edades tempranas y se consideran que son resistentes a los sulfatos debido a su bajo contenido de aluminato tricálcico. Sin embargo, al igual que el cemento de baja temperatura, también desarrollan una buena resistencia en edades posteriores debido a su alto contenido de sulfato (<http://www.cementospacasmayo.com.pe/>).

2.14. AGUA

Es un componente importante en la producción de concreto por la función que cumple en estado fresco como endurecido, a menudo asociado con una relación agua/cemento que proporciona trabajabilidad y durabilidad; También se sabe que no solo es importante la cantidad utilizada, sino también su calidad física y química. Se supone que sólo el agua potable es apta para la producción de concreto, pero esto no es del todo



cierto, pues hay evidencia de que se pueden obtener buenos resultados con otros tipos de agua, pero antes se debe analizar su calidad (Terrerros y Carvajal, 2016).

Tabla 3

Cumplimiento del agua para mezcla

| Sustancias disueltas | Valor máximo admisible |
|-----------------------|------------------------|
| Cloruros | 300 ppm |
| Sulfatos | 300 ppm |
| Sales de Magnesio | 150 ppm |
| Sales Solubles | 150 ppm |
| PH | Mayor de 7 |
| Sólidos en suspensión | 1500 ppm |
| Materia Orgánica | 10 ppm |

Fuente: NTP 339.088

La NTP 339.088 considera 4 tipos de agua que se puede utilizar para el concreto:

- Agua combinada, producida al mezclar simultáneamente dos o más fuentes, ya sea antes o durante la introducción del agua que se usará como agente de mezcla.
- El agua no potable es agua que ha sido contaminada por sustancias que le dan mal olor o sabor, o que proviene de fuentes que no son aptas para el consumo humano.
- Agua de lluvia que ha sido recolectada, agua que contiene ingredientes de concreto o agua que ha sido recuperada de los procesos usados para hacer concreto de cemento Portland.
- Usar agua potable que sea segura para los humanos.

Está prohibido el uso de aguas ácidas, así como aguas calcáreas, mineralizadas, carbonatadas, de mina o relaves, que contengan residuos minerales o industriales, que tengan un contenido de sulfatos superior al 1%, que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas de aguas servidas, o contiene azúcares o sus derivados. (Rivva, 2012).



2.15. AGREGADOS

El agregado es el que ocupa del 65% al 80% del volumen de una unidad cúbica de concreto, es un material que está incrustado en una pasta de cemento y agua que forma la sustancia que se llama concreto (Rivva, 2010).

Para poder formar los concreto se debe de mezclar los agregados conocidos también como áridos con los aglomerantes (cemento, cal, etc.), estos agregados tienen que tener buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, estar libre de impurezas en su superficie de barro, limo y materia orgánica, pudiendo que estos debiliten el enlace con la pasta cemento.

Los agregados se clasifican en:

a) Agregados finos:

Se consideran agregado fino a aquellos que pasan el tamiz de 3/8" y lo que no pasa de la malla N° 200.

- Arena fina.
- Arena gruesa.

b) Agregados gruesos

Se considera agregado grueso a aquel que no pasa el tamiz N°4 y son producto de la desintegración de rocas.

- Grava.
- Piedra chancada.



2.16. AGREGADO FINO

Se denomina agregado fino a la arena o piedra natural finamente triturada de reducidas dimensiones que pasa por el tamiz de 3/8" (9.52 mm) y queda retenida en un tamiz N°200 (0.074 mm) NTP400.037 (Abanto, 1994)

Sin embargo, el Manual de ensayo de materiales (EM 2000) del MTC E 204-2000, que se basa en las normas ASTM 136 y AASHTO T 27, han sido adaptadas a nivel de implementación para dar cuenta de las circunstancias únicas de nuestra realidad.

a) Granulometría (NTP 400.012)

También se conoce como análisis granulométrico y representa numéricamente la distribución volumétrica de partículas por tamaño. Para corregir un agregado que se encuentra fuera del huso granulométrico, primero se debe separar el material haciéndolo pasar por una malla intermedia en las cantidades adecuadas. Dado que la combinación determina en última instancia el resultado de la mezcla, es preferible que las curvas no estén significativamente desfasadas con respecto a la zona granulométrica. Sin embargo, es irrelevante si están fuera de la zona granulométrica siempre que cumplan (Calla, 2013).

La distribución de tamaños se representa en este ensayo en función de sus pesos retenidos en mallas, cuyas aberturas difieren sucesivamente en la mitad de la anterior, pero el conocimiento de la composición granulométrica del agregado permite conocer esta distribución en función de sus volúmenes. Estos elementos deben comportarse de manera óptima en la mezcla, esto solo se puede lograr si se tiene pocos espacios vacíos en ella, el agregado grueso es el que contribuye con la resistencia y volumen al concreto, mientras que el agregado fino cumple la función de lubricante de la mezcla suspendiendo



a los agregados gruesos y así ayuda en la mejora de la consistencia y la trabajabilidad de la mezcla de concreto.

La experiencia ha demostrado que es posible producir concreto de alta calidad utilizando agregados de granulometría discontinua, es decir, excluyendo tamaños específicos de agregados, cuyo principal inconveniente es la posibilidad de una mayor segregación. Si bien puede ser costoso y poco práctico corregir la granulometría del agregado fino mediante el tamizado y la recombinación, es simple hacerlo para el agregado grueso (Rivva, 2000)

Se recomienda considerar lo siguiente:

- La granulometría debe de ser de preferencia continua, con valores retenidos entre las mallas: N°4 a N°100.
- No se debe de permitir que el agregado retenga más de 45% en dos tamices consecutivos cualquiera.
- Se recomienda que la granulometría esté dentro de los límites a continuación:

Tabla 4

Límites de granulométrica del agregado fino

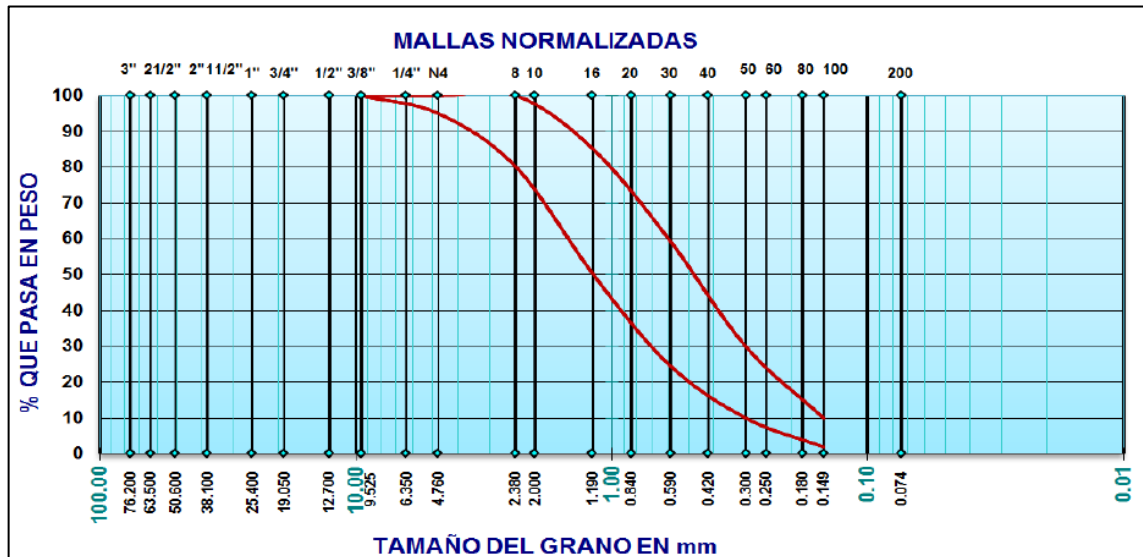
| Tamiz malla | Porcentaje que pasa |
|--------------------|----------------------------|
| 9.5 mm (3/4 pulg) | 100 |
| 4.75mm (N°4) | 95 a 100 |
| 2.36mm (N°8) | 80 a 100 |
| 1.18mm (N°16) | 50 a 85 |
| 600µm (N°30) | 25 a 60 |
| 300µm (N°50) | 05 a 30 |
| 150µm (N°100) | 0 a 10 |

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 (2002).

Considerando los datos obtenidos en la tabla 4, trazamos la curva delimitadora, como se adjunta a continuación:

Figura 2

Curvas envolventes para el agregado fino.



Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 (2002).

2.17. AGREGADO GRUESO

Son partículas de agregados triturados o sin triturar suministrados a partir de fuentes naturales, incluidas terrazas y lechos de ríos, depósitos de glaciares, rocas, cantos rodados y gravas, para su uso en la producción de concreto para usos estructurales típicos (Arunkumar et al., 2023).

Es el material que se retiene en el tamiz N°4 (4.75mm) su procedencia es de la desintegración natural de las rocas o modificación mecánica, estos cumplen con las exigencias establecidos en la norma NTP 400.037 o ASTM C33. Este puede ser grava, piedra chancada. etc.



a) Gravas

Conocido como "Canto Rodado", este conjunto de pequeños fragmentos de piedra se encuentra típicamente en canteras y se deposita naturalmente en los lechos de los ríos. Son el resultado de la desintegración natural de las rocas provocada por el hielo y otros agentes atmosféricos.

Cada fragmento se ha alisado y ya no tiene bordes afilados. Estos agregados tienen un peso de 1600 kg/m^3 a 1700 kg/m^3 (Abanto, 1994).

b) Piedra partida o chancada

Este es el término utilizado para referirse al agregado grueso producido mediante la trituración artificial de rocas o grava. Siempre que la piedra rota esté libre de escombros, dura y resistente, se puede utilizar como agregado grueso.

Su trabajo principal es proporcionar volumen y sostener su propia resistencia. Según las pruebas, la piedra partida o triturada produce un concreto ligeramente más fuerte que la piedra redonda. (Abanto, 1994)

c) Granulometría NTP 400.012

15 límites granulométricos se observan en la tabla 5, la cual proporciona un desglose detallado de los límites granulométricos (Husos) aconsejados por la NTP 400.037 para el agregado grueso (Salvatierra, 2011).

Tabla 5

Husos granulométricos para el agregado grueso

| HUSO | TAMAÑO MÁXIMO MONOMIAL | PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS | | | | | | | | | | | | | |
|------|------------------------------------|--|-----------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | | 100 mm (4 in.) | 90 mm (3 ½ in.) | 75 mm (3 in.) | 63 mm (2 1/2 in.) | 50 mm (2 in.) | 37.5 mm (1 ½ in.) | 25 mm (1 in.) | 19 mm (¾ in.) | 12.5 mm (½ in.) | 9.5 mm (3/8 in.) | 4.75 mm (N° 4) | 2.36 mm (N° 8) | 1.18 mm (N° 16) | 300 µm (N° 50) |
| 1 | 90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 ½ in.) | 100 | 90 a 100 | - | 25 a 60 | - | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 ½ in.) | - | - | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 50 mm a 25 mm (2 a 1 in.) | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - | - |
| 357 | 50 mm a 4.75 mm (2 in. a N° 4) | - | - | - | 100 | 95 a 100 | - | 35 a 70 | - | 10 a 30 | - | 0 a 5 | - | - | - |
| 4 | 37.5 mm a 9 mm (1 ½ a 3/4 in.) | - | - | - | - | 100 | 95 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | - | 0 a 5 | - | - | - | - |
| 467 | 37.5 mm a 4.75 mm (1 ½ in. a N° 4) | - | - | - | - | 100 | 95 a 100 | - | 35 a 70 | - | 10 a 30 | 0 a 5 | - | - | - |
| 5 | 25 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 in.) | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | - | - | - | - |
| 56 | 25 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 in.) | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 40 a 85 | 10 a 40 | 0 a 15 | 0 a 5 | - | - | - |
| 57 | 25 mm a 4.75 mm (1 in. a N° 4) | - | - | - | - | - | 100 | 95 a 100 | - | 25 a 60 | - | 0 a 10 | 0 a 5 | - | - |
| 6 | 19 mm a 9.5 mm (¾ a 3/8 in.) | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | 0 a 5 | - | - | - |
| 67 | 19 mm a 4.75 mm (¾ in. a N° 4) | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | - | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | - | - |
| 7 | 12.5 mm a 4.75 mm (½ in. a N° 4) | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 15 | 0 a 5 | - | - |
| 8 | 9.5 mm a 2.56 mm (3/8 in. a N° 8) | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 85 a 100 | 10 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 | - |
| 89 | 9.5 mm a 1.18 mm (3/8 in. a N° 16) | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 5 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 |
| 9 | 4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 | 85 a 100 | 10 a 40 | 0 a 10 | 0 a 5 |

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037

2.18. TAMAÑO MÁXIMO

El tamaño máximo del agregado grueso está definido por la norma NTP 400.037 como el tamaño que corresponde al tamiz más pequeño que puede atravesar toda la muestra de agregado grueso.

La abertura del tamiz que permite el paso de toda la cantidad de agregado grueso se conoce como tamaño máximo del agregado grueso (Quevedo, 2013).

El tamaño máximo del agregado grueso puede tener granulometrías muy diferentes y seguir siendo el mismo valor. Esto debe tenerse en cuenta al elegir el agregado, su granulometría y las proporciones de la mezcla.



2.19. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

La norma NTP 400.037 establece que el Tamaño Nominal Máximo del agregado grueso debe coincidir con el tamiz más pequeño de la serie que arroja la primera partícula retenida.

El tamaño de la abertura del tamiz que da como resultado el primer retenido del agregado grueso se conoce como tamaño máximo nominal (Quevedo, 2013).

La Norma Técnica de Edificación E-060 Concreto Armado, el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso no debe superar en ningún caso lo siguiente:

- $1/5$ de la separación menor entre las caras internas del encofrado.
- $1/3$ de la altura que se tiene de losa.
- $3/4$ de espacio libre mínimo entre las barras de refuerzo individuales o alambres, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Si se puede demostrar que las técnicas de trabajabilidad y compactación permiten colocar el concreto sin la formación de cangrejeras o protuberancias, estas restricciones pueden no aplicarse.

CAPÍTULO III

MÉTODOS Y MATERIALES

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación política

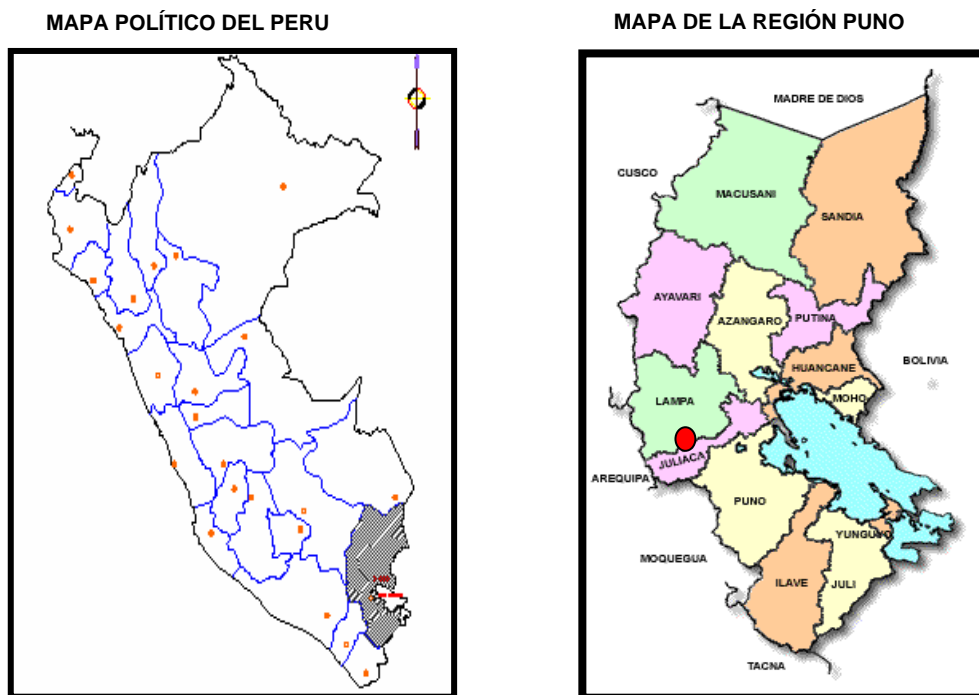
La ubicación política de la zona de estudio está ubicada en el departamento de Puno, provincia de San Román distrito de Cabanillas.

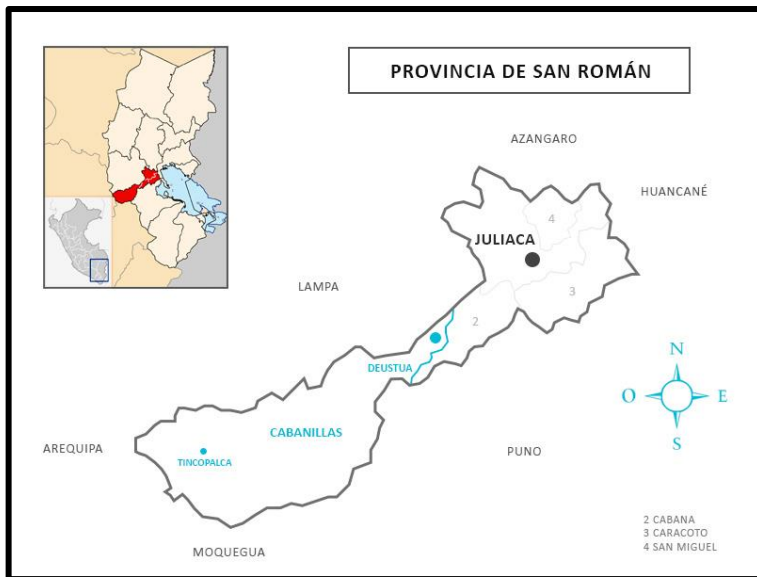
3.1.2. Ubicación geográfica

El distrito de Cabanillas se ubica a 3885 msnm con coordenadas UTM Éste 355382 y coordenadas UTM Norte 8270293. Así mismo las coordenadas geográficas son de Latitud Sur $15^{\circ}38'28''$ y Longitud $70^{\circ}20'57''$

Figura 3

Ubicación política.





Fuente: Juliaca Red (<https://juliaca-red.firebaseio.com/cabanillas/index.html>)

3.2. PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES A UTILIZAR Y ENSAYOS

3.2.1. Cantera

La cantera del río Cabanillas, ubicada en el mismo distrito del río, proporcionó los agregados utilizados para preparar el hormigón de la investigación, tal como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Extracción del agregado fino de la cantera Cabanillas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5

Extracción del agregado grueso de la cantera Cabanillas.



Fuente: Elaboración propia.

De esta cantera natural se extrajo los agregados finos y gruesos que se utilizarán en la presente investigación.

3.2.2. Análisis granulométrico de los agregados

Para el análisis granulométrico, se desarrolló siguiendo la normativa NTP 400.012. Los resultados que se obtendrán del análisis granulométrico se presentarán en una figura, los cuales deben cumplir con lo estipulado en la norma NTP 400.037. considerando estén dentro de los límites establecidos.

El tamizado en laboratorio se realizará tomando una muestra por cuarteo.

Se limpia los tamices y se dispone de manera decreciente los tamices de acuerdo al tamaño de abertura.

Se procede a colocar el material en las mallas antes ordenadas, y se realiza movimientos de lado a lado y en forma circular, teniendo en cuenta el no forzar el paso del material a través de los tamices con la mano.

Se quita los tamices en orden por cada malla, y procedemos a colocar el material en la balanza determinando el peso retenido en cada una.

Finalmente, se realiza los cálculos, interpretaciones y verificación los usos establecidos.

Figura 6

Realización de tamizado del agregado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7

Material retenido por cada malla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8

Realización del tamizado del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Módulo de fineza

Este dato se determina a partir de la ecuación adjunta:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ acumulados retenidos (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$



3.2.4. Contenido de humedad

Utilizamos la siguiente ecuación para determinar el contenido de humedad:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{(\text{Peso humedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} * 100$$

Para calcular este dato se tomará 500gr aproximadamente de agregado natural, pasando a secar en el horno y pesándolo una vez seco, y finalmente se calculará el contenido de humedad según la ecuación anterior.

3.2.5. Peso específico y absorción

La relación entre el peso y el peso de un volumen de agregados completamente saturados es el peso específico, Y la absorción viene a ser el aumento del peso del agregado por la inclusión del agua en los poros del agregado.

3.2.6. Peso unitario suelto y varillado

La relación existente entre su peso y el volumen que ocupa se considera peso unitario.

3.2.7. Plástico PET reciclado

El plástico PET utilizado en la presente investigación, se realizó cortes de este componente en una similitud a hojuelas de PET, todo este material será plenamente botellas de plástico PET reciclados.

Figura 9

Material PET utilizado.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.8. Cemento utilizado

Al producir y distribuir cemento bajo la marca “Rumi” por cuenta de su subsidiaria Cemento Sur S.A., Yura está a cargo de la producción y comercialización de toda la unidad de negocio de cemento a partir de 2013 (Aguila, 2014).

El cemento que se utilizó en la presente investigación fue el cemento Yura tipo IP.

A continuación, se muestra el peso específico del cemento utilizado.

Tabla 6

Peso específico del cemento Yura tipo IP.

| Requisitos físicos | Cemento portland puzolánico yura tipo IP |
|---------------------------------------|--|
| Peso específico (gr/cm ³) | 2.85 |

Fuente: Cemento Yura, 2014.

3.2.9. Agua

De acuerdo con las recomendaciones para los procesos de construcción, en esta investigación se utilizó agua potable.

3.2.10. Diseño de mezclas para el concreto convencional (PET-0%)

Se utilizaremos el procedimiento de diseño del comité 211 del ACI, que se basa en tablas que se pueden utilizar para determinar los valores de los diversos materiales. Estimar las cantidades de materiales necesarios para preparar una unidad cúbica de hormigón implica seguir una serie de pasos que, al seguirlos, permiten preparar la mezcla adecuada para el trabajo a realizar en función de las características de los materiales (Rivva, 2007).

a) Selección de la resistencia

La resistencia promedio para el diseño se determina considerando el cuadro n°19.

Tabla 7

Resistencia promedio a la compresión.

| $f'c$ (gk/cm ²) | $f'cr$ (g/cm ²) |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Menos de 210 | $f'c + 70$ |
| 210 a 350 | $f'c + 84$ |
| sobre 350 | $f'c + 98$ |

Fuente: Diseño de Mezclas (Rivva, 2012).

b) Tamaño máximo nominal

Se obtendrá este dato a partir de los resultados de granulometría de los agregados.

c) Asentamiento

Se considerará un Slump trabajable el cual se optará de 3'' a 4'' (plástica).

d) Volumen unitario de agua de diseño

Para poder seleccionar el volumen unitario de agua, consideramos el cuadro adjunto, el cual se tiene que tener en cuenta el slump (3" a 4") y el tamaño máximo nominal.

Tabla 8

Volumen unitario de agua.

| VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA | | | | | | | | |
|---|--------------|------------|------------|----------|--------------|----------|----------|----------|
| Agua en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados | | | | | | | | |
| CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO | | | | | | | | |
| Asentamiento | 3/8 | 1/2 | 3/4 | 1 | 1 1/2 | 2 | 3 | 6 |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | |
| CONCRETO CON AIRE INCORPORADO | | | | | | | | |
| Asentamiento | 0.375 | 1/2 | 3/4 | 1 | 1 1/2 | 2 | 3 | 6 |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 113 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 124 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | |

Fuente: Diseño de Mezclas (Rivva, 2012).

e) Porcentaje de aire atrapado

Para conocer el aire atrapado debemos de tener en consideración el tamaño máximo nominal.

Tabla 9*Porcentaje de aire atrapado.*

| Tamaño máximo nominal (pulg) | Aire atrapado |
|-------------------------------------|----------------------|
| 3/8" | 3.0% |
| 1/2" | 2.5% |
| 3/4" | 2.0% |
| 1" | 1.5% |
| 1 1/2" | 1.0% |
| 2" | 0.5% |
| 3" | 0.3% |
| 6" | 0.2% |

Fuente: Diseño de Mezclas (Rivva, 2012).**f) Relación agua cemento**

Para saber la relación agua cemento consideramos la resistencia del diseño promedio.

Tabla 10*Relación agua-cemento.*

| f' cr (28 días) | Relación agua - cemento de diseño en peso | |
|----------------------------|--|---|
| | Concretos sin aire incorporado | Concretos con aire incorporado |
| 150 | 0.80 | 0.71 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 400 | 0.43 | |
| 450 | 0.38 | |

Fuente: Diseño de Mezclas (Rivva, 2012).

g) Volumen del agregado grueso compactado

Para determinar el volumen del agregado grueso se considera el tamaño máximo nominal y el módulo de fineza.

Tabla 11

Volumen de agregado grueso.

| Tamaño máximo nominal del agregado grueso | Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino. | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|------|
| | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3 | 3.2 |
| 3/8 | 0.52 | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 | 0.42 |
| 1/2 | 0.61 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 | 0.51 |
| 3/4 | 0.68 | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 | 0.58 |
| 1 | 0.73 | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 | 0.63 |
| 1 1/2 | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 | 0.68 |
| 2 | 0.80 | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 3 | 0.83 | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 | 0.73 |
| 6 | 0.89 | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 | 0.79 |

Fuente: Diseño de Mezclas (Rivva, 2012).

h) Peso del cemento

Para determinar el peso del cemento operamos la siguiente ecuación:

$$PC = \text{Volumen unitario del agua} / (\text{Relación agua/cemento})$$

i) Peso seco del agregado grueso

El peso del agregado grueso lo obtenemos operando la siguiente ecuación:

$$PSA_{\text{grueso}} = \text{Peso unitario suelto grueso} * VOL_{\text{agregado grueso}}$$

j) Volumen absoluto del cemento

Para determinar el volumen absoluto del cemento operamos la siguiente ecuación:



$$VAC = \text{Peso del cemento} / (\text{peso específico del cemento} * 1000)$$

k) Volumen absoluto del agua

Para determinar el volumen absoluto del agua operamos la siguiente ecuación:

$$VAAgua = \text{volumen unitario del agua} / 1000$$

l) Volumen absoluto del aire

Para conocer el volumen absoluto del aire operamos la siguiente ecuación:

$$VAAire = \text{Porcentaje de aire atrapado} / 100$$

m) Volumen absoluto del agregado grueso

Para obtener el volumen absoluto del agregado grueso operamos la ecuación:

$$VAAgrueso = \text{Peso seco del agregado grueso} / (\text{gravedad específica} * 1000)$$

n) Volumen absoluto del agregado fino

Para determinar el volumen absoluto del agregado fino operamos la siguiente ecuación:

$$VAAfino = 1 - (VAC + VAAgua + VAAire + VAAgrueso)$$

o) Peso seco del agregado fino

Para determinar el peso seco del agregado fino operamos la siguiente ecuación:

$$PSAfino = \text{Gravedad específica AF} * VAAgrueso * 1000$$

p) Peso del agregado fino húmedo

Para determinar el peso de agregado fino húmedo operamos la siguiente ecuación:

$$PAFH = PSAfino * (1 + \text{Contenido de humedad AF} / 100)$$

q) Peso del agregado grueso húmedo



Para obtener el peso de agregado fino húmedo operamos la siguiente ecuación:

$$PAGH = PSAgrueso * (1 + Contenido de humedad AG/100)$$

r) Humedad superficial del agregado fino

Para determinar la humedad superficial del agregado fino operamos la siguiente ecuación:

$$HSAF = Contenido de humedad AF - \% absorción AF$$

s) Humedad superficial del agregado grueso

Para conocer la humedad superficial del agregado grueso operamos la siguiente ecuación:

$$HSAG = Contenido de humedad AG - \% absorción AG$$

t) Aporte de agua del agregado fino

Para determinar el aporte de agua del agregado fino operamos la siguiente ecuación:

$$AAafino = PSAfino * (HSAF/100)$$

u) Aporte de agua del agregado grueso

Para determinar el aporte de agua del agregado grueso operamos la siguiente ecuación:

$$AAgrueso = PSAgrueso * (HSAG/100)$$

v) Aporte de agua de los agregados

Para determinar el aporte de agua de los agregados operamos la siguiente ecuación:



$$AAA = AAA_{fino} + AAA_{grueso}$$

w) Agua efectiva

Para determinar el agua efectiva operamos la siguiente ecuación:

$$AE = \text{Volumen unitario del agua} - AAA$$

3.2.11. Dosificación de mezcla para un concreto convencional con adición de plástico PET reciclado

En la presente investigación se considerará porcentajes hasta 9.5% debido a la trabajabilidad, divididos en cantidades de 4.50%, 7.50% y 9.5%, el cual se reemplazará al agregado fino y agregado grueso en cantidades iguales.

3.2.12. Elaboración de testigos

Con la dosificación de materiales obtenidos se procedió a elaborar los testigos de concretos, los cuales serán de 4" x 8" (10cm x 20cm).

3.2.12.1 Equipo utilizado

Los equipos necesarios para la realización son:

- Mezcladora tipo trompo de 210 lt.
- Carretilla buggy.
- Moldes para formar especímenes de 4" x 8".
- Cuchara y plancha para el muestreo.
- Varilla de 5/8" de diámetro con longitud de 60cm.
- Comba de goma de 0.5 kg.

Figura 10

Preparación de materiales para la elaboración de testigos.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.12.2 Preparación y elaboración de los cilindros de prueba

Con las dosificaciones obtenidas procedemos con la preparación de la mezcla de concreto, introducimos los materiales a la mezcladora tipo trompo. Dejamos homogenizar los materiales durante 5 min y seguidamente adicionamos el agua según dosificación.

Figura 11

Preparación de la mezcla de concreto.



Fuente: Elaboración propia.

Al concluir con la preparación de la mezcla, procedemos a disponer en una carretilla previamente humedecida para su transporte y posterior colocado en los moldes para los testigos.

Figura 12

Vertido de la mezcla de concreto.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.12.3 Elaboración de los cilindros de prueba

- En una superficie plana y nivelada colocamos los moldes de especímenes
- Se aplicó desmoldante en la base y pared del molde para evitar se pegue el testigo.
- Homogenizamos la mezcla del concreto con ayuda de un cucharón o pala, y procedemos a colocar en los moldes en 3 capas de igual volumen cada una.
- Se compactó capa por capa con 25 varilladas en forma de espiral, seguidamente golpeamos ligeramente alrededor del molde con 10 a 15 golpes con ayuda de la comba de goma para así sacar el aire atrapado en los especímenes.
- Enrazamos la superficie ayudándonos de un badilejo o plancha de albañil quedando así lisa y nivelada.
- Finalmente colocamos el rótulo del testigo con los datos necesarios como: fecha, $f'c$, % de PET.

Figura 13

Colocación de concreto a los moldes.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14

Compactados de la mezcla en los moldes.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15

Moldes vaciados para después de 24 horas ser desencofrados.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.12.4 Curado de los testigos

Para el curado de los testigos debemos de tener en cuenta que el agua de la poza de curado debe de tener una temperatura entre los 10°C y 27°C, así mismo debemos de echar cal hidratada en 2gr a 3gr por litro, puesto que el concreto genera ácido.

Figura 16

Poza de curado de testigos de concreto.



Fuente: Elaboración propia.

Los testigos de concreto han sido desmoldeados a las 24 hrs, después del vaciado, la normal ASTM C-192 indica que los testigos elaborados deben de ser colocadas en agua o en un salón con 95% de humedad relativa, cabe destacar que si se cumplió con este parámetro puesto que para la investigación se apoyó de un laboratorio normado.

Se procede, a sumergir las muestras en la poza de curado, para después ser sometidos al ensayo de compresión en el tiempo que indica la norma.

Figura 17

Muestras en poza de curado.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.13. Desarrollo experimental

3.2.13.1 Densidad entre masa y volumen

Consideremos los datos que se obtendrán de las muestras en gabinete, para de esta manera determinar el volumen y densidad, los cuales se muestran en la tabla 33 de resultados:

Figura 18

Peso de las muestras de concreto.



Fuente: Elaboración propia.



3.2.13.2 Ensayo de resistencia a la compresión simple

Esta prueba permitirá conocer la resistencia del concreto elaborado, el cual para la realización de la prueba hacemos uso de los testigos de concreto convencional y muestras con adición de plástico PET reciclado, los cuales deben de estar secas, ya que si realizamos la prueba con probetas húmedas nos darán datos erróneos.

Seguidamente, se aplica una carga axial con una velocidad constante que está dentro de los parámetros que establece la norma ASTM C-39 el que debe de ser de 0.20 a 0.30 MPa/s, hasta que la muestra de concreto falle, así mismo para tener datos sinceros la prensa a utilizarse debe de estar calibrada según ASTM E-4, el cual se realiza cada 18 meses.

La resistencia se calcula mediante la fórmula:

$$F'c = \frac{Q}{A}$$

Donde:

- **F'c**: Resistencia a la compresión (Kg/cm²)
- **Q** : Carga (kg)
- **A** : Área de la cara del testigo (cm²)

Figura 19

Prensa para realización de la prueba de compresión.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20

Falla del testigo de concreto.



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

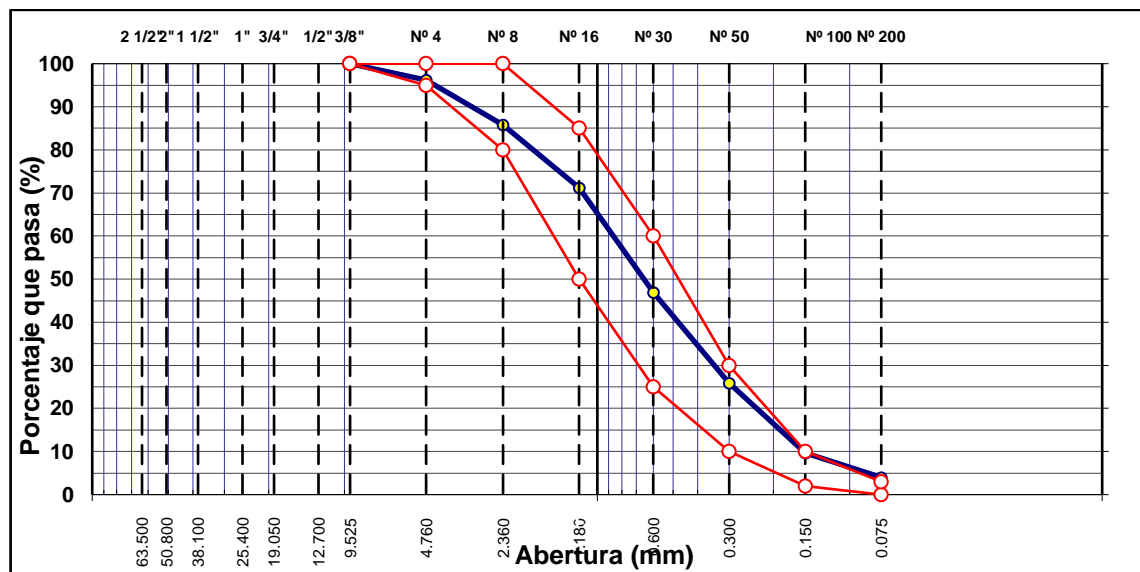
3.1. CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS Y DISEÑO DE MEZCLA.

3.1.1. Análisis granulométrico de agregado fino

Los resultados obtenidos del análisis granulométrico se dan a continuación, y de igual manera en el anexo 01, el cual se evidencia que esta granulometría obtenida del agregado fino se encuentra entre de los límites establecidos por la norma NTP 400.037.

Figura 21

Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Módulo de fineza del agregado fino

Como resultado se determina que el módulo de fineza es de: 2.64, como se muestra en el anexo 01.



3.1.3. Contenido de humedad del agregado fino

Para calcular este dato se tomó 500 gramos aproximadamente de agregado natural, pasando a secar en el horno y pesándolo una vez seco, y finalmente calculamos el contenido de humedad según la ecuación anterior.

En el cuadro adjunto se muestra el porcentaje de humedad obtenido.

Tabla 12

Contenido de humedad en el agregado fino.

| identificación | Agregado fino | | | |
|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Und. | 01 | 02 | 03 |
| Número de Tara | Nro. | 4 | 5 | 6 |
| Masa de la muestra húmeda + tara | gr. | 126.74 | 128.40 | 127.35 |
| Masa de la muestra seca + tara | gr. | 124.80 | 127.51 | 126.32 |
| Masa de la tara | gr. | 18.50 | 18.86 | 18.62 |
| Masa del agua | gr. | 1.94 | 0.89 | 1.03 |
| Masa de la muestra seca | gr. | 106.30 | 108.65 | 107.70 |
| Contenido de humedad | % | 1.83 | 0.82 | 0.96 |
| Promedio | % | | 1.20 | |

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4. Peso específico y absorción del agregado fino

Los resultados obtenidos en gabinete son los que se muestran en el cuadro

7.

Tabla 13

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.

| Agregado fino | | | |
|---|--------|--------|-----------------|
| Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) | | | |
| A (gr) | 402.1 | 402.1 | |
| B Peso frasco + agua (gr) | 668.2 | 664.8 | |
| C Peso frasco + agua + A (gr) | 1070.3 | 1066.9 | |
| D Peso del material + agua en el frasco (gr) | 919.4 | 915.6 | |
| E Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm ³) | 150.9 | 151.3 | |
| F Peso de material seco en estufa (105°C) (gr) | 396.8 | 396.3 | |
| G Volumen de masa = E - (A - F) (cm ³) | 145.6 | 145.5 | Promedio |
| Pe bulk (Base seca) = F/E | 2.630 | 2.619 | 2.624 |
| Pe bulk (Base saturada) = A/E | 2.665 | 2.658 | 2.661 |
| Pe aparente (Base seca) = F/G | 2.725 | 2.724 | 2.724 |
| % de absorción = ((A - F) / F) *100 | 1.336 | 1.464 | 1.40% |

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5. Peso unitario suelto y varillado del agregado fino

Los siguientes cuadros muestran los resultados del trabajo en gabinete:

Tabla 14

Peso unitario suelto del agregado fino.

| Peso unitario suelto | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------|----------|
| Descripción | Und. | Identificación | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| Peso del recipiente + muestra | (gr) | 6823 | 6821 | 6856 |
| Peso del recipiente | (gr) | 4262 | 4262 | 4262 |
| Peso de la muestra | (gr) | 2561 | 2559 | 2594 |
| Volumen | (cm ³) | 1571 | 1571 | 1571 |
| Peso unitario suelto húmedo | (kg/m ³) | 1630 | 1629 | 1651 |
| Peso unitario suelto prom. | (kg/m³) | 1637 | | |

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 15

Peso unitario varillado del agregado fino.

| Descripción | Und. | Identificación | | |
|-------------------------------------|---------------------------|----------------|-------------|------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Peso del recipiente + muestra | (gr) | 7090 | 7102 | 7118 |
| Peso del recipiente | (gr) | 4262 | 4262 | 4262 |
| Peso de la muestra | (gr) | 2828 | 2840 | 2856 |
| Volumen | (cm ³) | 1571 | 1571 | 1571 |
| Peso unitario compactado húmedo | (kg/m ³) | 1800 | 1808 | 1818 |
| Peso unitario compact. prom. | (kg/m³) | | 1809 | |

Fuente: Elaboración propia.

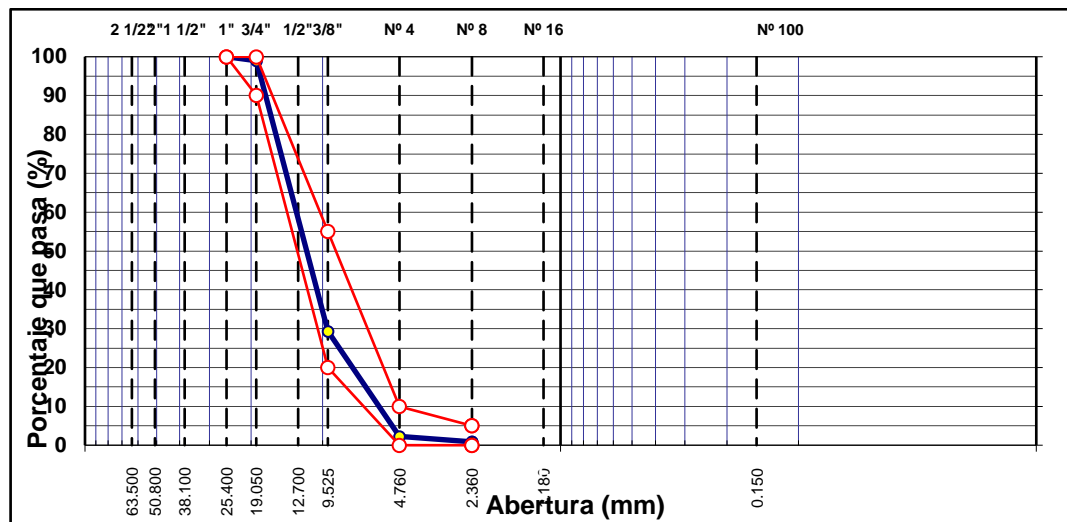
3.1.6. Análisis granulométrico de agregado grueso

Los resultados obtenidos del análisis granulométrico se dan a conocer en el anexo 02, el cual se evidencia que esta granulometría obtenida del agregado grueso se encuentra dentro de los límites del HUSO 67 establecidos por la norma NTP 400.037.

De acuerdo a los resultados del análisis granulométrico del agregado grueso, el Tamaño Máximo es de 1” y el Tamaño Máximo Nominal es de 3/4”.

Figura 22

Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

3.1.7. Módulo de fineza del agregado grueso

Como resultado se determinó que el módulo de fineza es de: 3.69, como se muestra en el anexo 02.

3.1.8. Contenido de humedad del agregado grueso

A continuación, se muestra el porcentaje de humedad obtenido.

Tabla 16

Contenido de humedad de la muestra del agregado grueso.

| Identificación | Agregado grueso | | | |
|----------------------------------|-----------------|--------|-------------|--------|
| | Und. | 01 | 02 | 03 |
| Número de Tara | | 1 | 2 | 3 |
| Masa de la muestra húmeda + tara | gr. | 109.86 | 110.90 | 110.37 |
| Masa de la muestra seca + tara | gr. | 109.74 | 110.73 | 110.26 |
| Masa de la tara | gr. | 18.63 | 19.20 | 18.90 |
| Masa del agua | gr. | 0.12 | 0.17 | 0.11 |
| Masa de la muestra seca | gr. | 91.11 | 91.53 | 91.36 |
| Contenido de humedad | % | 0.13 | 0.19 | 0.12 |
| Promedio | % | | 0.15 | |

Fuente: Elaboración propia.

3.1.9. Peso específico y absorción del agregado grueso

Los resultados obtenidos en gabinete son los que se muestran en seguida:

Tabla 17

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.

| Agregado grueso | | | | | |
|------------------------|---|---------|---------|---------|-----------------|
| A | Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr) | 1907.00 | 2012.00 | 1978.00 | |
| B | Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr) | 1216.00 | 1262.00 | 1256.00 | |
| C | Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr) | 691.00 | 750.00 | 722.00 | |
| D | Peso material seco en estufa (105 °C)(gr) | 1897.00 | 2001.00 | 1967.00 | |
| E | Vol. de masa = C- (A - D) (gr) | 681 | 739 | 711 | Promedio |
| | Pe bulk (Base seca) = D/C | 2.745 | 2.668 | 2.724 | 2.713 |
| | Pe bulk (Base saturada) = A/C | 2.760 | 2.683 | 2.740 | 2.727 |
| | Pe Aparente (Base Seca) = D/E | 2.786 | 2.708 | 2.767 | 2.753 |
| | % de absorción = ((A - D) / D * 100) | 0.53 | 0.55 | 0.56 | 0.55 |

Fuente: Elaboración propia.

3.1.10. Peso unitario suelto y varillado del agregado grueso

Los siguientes cuadros muestran los resultados del trabajo en gabinete:

Tabla 18

Peso unitario suelto del agregado grueso.

| Descripción | Und. | Peso unitario suelto | | |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------|----------|
| | | Identificación | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| Peso del recipiente + muestra | (gr) | 28102 | 28120 | 28158 |
| Peso del recipiente | (gr) | 7910 | 7910 | 7910 |
| Peso de la muestra | (gr) | 20192 | 20210 | 20248 |
| Volumen | (cm ³) | 14137 | 14137 | 14137 |
| Peso unitario suelto húmedo | (kg/m ³) | 1428 | 1430 | 1432 |
| Peso unitario suelto prom. | (kg/m³) | 1430 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

Peso unitario varillado del agregado grueso.

| PESO UNITARIO VARILLADO | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------|----------|
| DESCRIPCIÓN | Und. | IDENTIFICACIÓN | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| Peso del recipiente + muestra | (gr) | 30201 | 30182 | 30215 |
| Peso del recipiente | (gr) | 7910 | 7910 | 7910 |
| Peso de la muestra | (gr) | 22291 | 22272 | 22305 |
| Volumen | (cm ³) | 14137 | 14137 | 14137 |
| Peso unitario compactado húmedo | (kg/m ³) | 1577 | 1575 | 1578 |
| Peso unitario compact. prom. | (kg/m³) | | 1577 | |

Fuente: Elaboración propia.

3.1.11. Diseño de mezclas

Para la preparación del concreto consideramos las propiedades de los agregados utilizados en este estudio, se muestra los resultados en el cuadro siguiente:

Tabla 20

Características físicas de los agregados.

| Características de los agregados | | Agregados | | | |
|---|---|------------------|-------------|----------|---------------|
| | | F | Fino | G | Grueso |
| 1.00 | GRAVEDAD ESPECIFICA BULK (BASE SATURADA) | | 2.66 | 2.73 | |
| 2.00 | PESO UNITARIO SUELTO SECO | Kg/m3. | 1,637.00 | | 1,430.00 |
| 3.00 | PESO UNITARIO SECO COMPACTADO - ASTM C-129 | Kg/m3. | 1,809.00 | | 1,577.00 |
| 4.00 | PORCENTAJE DE ABSORCION - ASTM C-29 | % | 1.40 | | 0.55 |
| 5.00 | CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216 | % | 1.20 | | 0.15 |
| 6.00 | MÓDULO DE FINEZA - ASTM C-125 | | 2.64 | | 3.69 |
| 7.00 | TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO | Pulg. | | | 3/4 |

Fuente: Elaboración propia.



a) Selección de la resistencia

La resistencia promedio para el diseño se determinó considerando la tabla 7, la resistencia considerada es de $f'c$ 175 kg/cm², sin embargo, según la tabla 7 es:

$$F'cr = 175 + 70 = 245kg/cm^2$$

b) Tamaño máximo nominal

El tamaño máximo nominal es: 3/4"

c) Asentamiento

Se considera un Slump de 3" a 4" (plástica).

d) Volumen unitario de agua de diseño

Para poder seleccionar el volumen unitario de agua, consideramos el cuadro adjunto, tenemos en cuenta el slump (3" a 4") y el tamaño máximo nominal (3/4").

Tabla 21

Determinación del volumen unitario del agua para el diseño.

| Volumen unitario del agua | | | | | | | | |
|---|--------------|------------|------------|----------|--------------|----------|----------|----------|
| Agua en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados | | | | | | | | |
| Concreto sin aire incorporado | | | | | | | | |
| Asentamiento | 3/8 | 1/2 | 3/4 | 1 | 1 1/2 | 2 | 3 | 6 |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | | | |
| Asentamiento | 0.375 | 1/2 | 3/4 | 1 | 1 1/2 | 2 | 3 | 6 |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 113 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 124 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | |

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas".



El volumen unitario de agua para el estudio es de **205 ltrs/m³**

e) Porcentaje de aire atrapado

Tabla 22

Determinación del porcentaje de aire atrapado.

| Tamaño máximo nominal (pulg) | Aire atrapado |
|-------------------------------------|----------------------|
| 3/8" | 3.0% |
| 1/2" | 2.5% |
| 3/4" | 2.0% |
| 1" | 1.5% |
| 1 1/2" | 1.0% |
| 2" | 0.5% |
| 3" | 0.3% |
| 6" | 0.2% |

Fuente: Diseño de Mezclas (Rivva, 2012).

El porcentaje de aire atrapado para el estudio es de **2%**.

f) Relación agua cemento

Para saber la relación agua cemento consideramos la resistencia del diseño promedio (245kg/cm²).

Tabla 23

Determinación de la relación agua-cemento.

| f' cr (28 días) | Relación agua - cemento de diseño en peso | |
|----------------------------|--|---|
| | Concretos sin aire incorporado | Concretos con aire incorporado |
| 150 | 0.80 | 0.71 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |



| | | |
|-----|------|------|
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 400 | 0.43 | |
| 450 | 0.38 | |

Fuente: Diseño de Mezclas (Rivva, 2012).

Para poder determinar la relación agua cemento, se interpoló los datos de; 200kg/cm² y 250kg/cm², el cual se obtuvo lo siguiente:

Tabla 24

Interpolación de la relación agua cemento.

| Relación agua - cemento | |
|--------------------------------|------|
| 200 | 0.70 |
| 245 | 0.63 |
| 250 | 0.62 |

Fuente: Elaboración propia.

De tal manera se considera por resistencia una relación **a/c=0.63**

g) Volumen del agregado grueso compactado

Para determinar del volumen del agregado grueso consideramos el tamaño máximo nominal (3/4”) y el módulo de fineza (2.64).

Tabla 25

Determinación del volumen de agregado grueso.

| Tamaño máximo nominal del agregado grueso | Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino. | | | | | |
|--|---|------------|------------|------------|----------|------------|
| | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3 | 3.2 |
| 3/8 | 0.52 | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 | 0.42 |
| 1/2 | 0.61 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 | 0.51 |
| 3/4 | 0.68 | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 | 0.58 |
| 1 | 0.73 | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 | 0.63 |
| 1 1/2 | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 | 0.68 |
| 2 | 0.80 | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 3 | 0.83 | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 | 0.73 |
| 6 | 0.89 | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 | 0.79 |

Fuente: Diseño de Mezclas (Rivva, 2012).

Determinamos el valor del volumen de agregado grueso, interpolando los datos de; 2.6 y 2.8 módulos de fineza según cuadro, el cual se obtuvo lo siguiente:

Tabla 26

Interpolación del volumen de agregado grueso.

| Volumen Agregado Grueso | |
|--------------------------------|------|
| 2.60 | 0.64 |
| 2.64 | 0.64 |
| 2.80 | 0.62 |

Fuente: Elaboración propia.

De tal manera se consideró por módulo de fineza un valor de **0.64 m³** como volumen del agregado grueso seco y compactado.

h) Peso del cemento

$$PC = \text{Volumen unitario del agua} / (\text{Relación agua/cemento})$$

De la ecuación obtenemos que el peso del cemento es:

$$PC = 205/0.63 = \mathbf{326.40 \text{ kg/m}^3}$$

i) Peso seco del agregado grueso

$$PSA_{\text{grueso}} = \text{Peso unitario suelto grueso} * VOL_{\text{agregado grueso}}$$

De la ecuación obtenemos que este peso es de:

$$PSA_{\text{grueso}} = 1430 * 0.64 = \mathbf{909.5 \text{ kg}}$$

j) Volumen absoluto del cemento

$$VAC = \text{Peso del cemento} / (\text{peso específico del cemento} * 1000)$$

De la ecuación obtenemos que el volumen absoluto del cemento es:



$$VAC = 326.4 / (2.85 * 1000) = \mathbf{0.115 \text{ m}^3}$$

k) Volumen absoluto del agua

$$VAAgua = \text{volumen unitario del agua} / 1000$$

De la ecuación obtenemos que el volumen absoluto del agua es:

$$VAAgua = 205 / 1000 = \mathbf{0.205 \text{ m}^3}$$

l) Volumen absoluto del aire

$$VAAire = \text{Porcentaje de aire atrapado} / 100$$

De la ecuación obtenemos que el volumen absoluto del agua es:

$$VAAgua = 2 / 100 = \mathbf{0.02 \text{ m}^3}$$

m) Volumen absoluto del agregado grueso

$$VAAgrueso = \text{Peso seco del agregado grueso} / (\text{gravedad especifica} * 1000)$$

De la ecuación determinamos que el volumen absoluto del agregado grueso es:

$$VAAgrueso = 909.5 / (2.73 * 1000) = \mathbf{0.333 \text{ m}^3}$$

n) Volumen absoluto del agregado fino

$$VAAfino = 1 - (VAC + VAAgua + VAAire + VAAgrueso)$$

De la ecuación obtenemos que el volumen absoluto del agregado fino es:

$$VAAfino = 1 - (0.115 + 0.205 + 0.02 + 0.333) = \mathbf{0.327 \text{ m}^3}$$

o) Peso seco del agregado fino

$$PSAfino = \text{Gravedad especifica AF} * VAAgrueso * 1000$$

De la ecuación obtenemos que la masa seca del agregado fino es:

$$PSAfino = 2.66 * 0.327 * 1000 = \mathbf{869.0 \text{ kg}}$$

p) Peso del agregado fino húmedo

$$PAFH = PSAfino * (1 + \text{Contenido de humedad AF} / 100)$$



De la ecuación obtenemos que la masa de agregado fino húmedo es:

$$\text{PAFH} = 869 * (1 + 1.2/100) = \mathbf{879.5 \text{ kg}}$$

q) Peso del agregado grueso húmedo

$$\text{PAGH} = \text{PSAgrueso} * (1 + \text{Contenido de humedad AG}/100)$$

De la ecuación obtenemos que el peso de agregado fino húmedo es:

$$\text{PAGH} = 909.5 * (1 + 0.15/100) = \mathbf{910.8 \text{ kg}}$$

r) Humedad superficial del agregado fino

$$\text{HSAF} = \text{Contenido de humedad AF} - \% \text{ absorción AF}$$

De la ecuación obtenemos que la humedad superficial del agregado fino es:

$$\text{HSAF} = 1.20 - 1.40 = \mathbf{- 0.20 \%}$$

s) Humedad superficial del agregado grueso

$$\text{HSAG} = \text{Contenido de humedad AG} - \% \text{ absorción AG}$$

De la ecuación obtenemos que esta humedad del agregado grueso es:

$$\text{HSAG} = 0.15 - 0.55 = \mathbf{- 0.40 \%}$$

t) Aporte de agua del agregado fino

$$\text{AAafino} = \text{PSAfino} * (\text{HSAF}/100)$$

De la ecuación obtenemos que el aporte de agua del agregado fino es:

$$\text{AAafino} = 868 * (-0.20/100) = \mathbf{- 1.74 \text{ Lt}}$$

u) Aporte de agua del agregado grueso

$$\text{AAgrueso} = \text{PSAgrueso} * (\text{HSAG}/100)$$

De la ecuación obtenemos que el aporte de agua del agregado grueso es:

$$\text{AAgrueso} = 909.5 * (-0.40/100) = \mathbf{- 3.64 \text{ Lt}}$$

v) Aporte de agua de los agregados



$$AAA = AAA_{fino} + AAA_{grueso}$$

De la ecuación obtenemos que el aporte de agua de los agregados es:

$$AAA = -1.74 - 3.64 = - 5.38 \text{ Lt}$$

w) **Agua efectiva**

$$AE = \text{Volumen unitario del agua} - AAA$$

De la ecuación obtenemos que el aporte de agua de los agregados es:

$$AAA = 205 - (-5.43) = 210.4 \text{ Lt}$$

3.1.11.1 Valores de diseño por metro cúbico de mezcla (seco)

Los valores obtenidos se muestran a continuación:

- **CEMENTO** : 326 Kg
- **AGUA** : 205 Lt
- **AGREGADO FINO** : 869 Kg
- **AGREGADO GRUESO** : 909 Kg

3.1.11.2 Valores de diseño corregidos por la humedad de los agregados

Seguidamente mostramos los valores obtenidos:

- **CEMENTO** : 326 Kg
- **AGUA** : 210 Lt
- **AGREGADO FINO** : 879 Kg
- **AGREGADO GRUESO** : 911 Kg

3.1.11.3 Proporciones de mezcla de diseño

Las proporciones son como se muestran a continuación:

Tabla 27

Proporciones de mezcla.

| Componentes del concreto | Proporciones de mezcla de diseño | | | |
|------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Proporción en peso | | Proporción en volumen | |
| | Seco | Corregida por humedad | Seco | Corregida por humedad |
| Cemento | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Agregado fino | 2.66 | 2.69 | 2.44 | 2.44 |
| Agregado grueso | 2.79 | 2.79 | 2.92 | 2.92 |
| Agua (en litros/bol.) | 26.69 | 27.39 | 26.69 | 27.39 |

Fuente: Elaboración propia.

3.1.11.4 Dosificación de mezcla para un concreto convencional con adición de plástico PET reciclado

En la presente investigación se consideró porcentajes hasta 9.5% debido a la trabajabilidad, divididos en cantidades de 4.50%, 7.50% y 9.5%, el cual se reemplazó al agregado fino y agregado grueso en cantidades iguales.

Tabla 28*Resumen de materiales en peso.*

| Descripción | Pesos kg/m ³ | | | |
|-----------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 0.00% | 4.50% | 7.50% | 9.50% |
| Cemento | 326.43 Kg | 326.43 Kg | 326.43 Kg | 326.43 Kg |
| Agua | 210.37 lt | 210.43 lt | 210.43 lt | 210.43 lt |
| Agregado fino | 879.47 Kg | 839.18 Kg | 812.33 Kg | 794.43 Kg |
| Agregado grueso | 910.84 Kg | 870.56 Kg | 843.71 Kg | 825.80 Kg |
| Plástico PET | 0.00 Kg | 80.56 Kg | 134.27 Kg | 170.08 Kg |

Fuente: Elaboración propia.

3.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET

3.2.1. Masa unitaria

Para este ensayo se consideró los datos obtenidos de las muestras en gabinete para cada uno de las muestras de concreto realizados, y así poder determinar la densidad.

En seguida, se presenta los resultados obtenidos:

Tabla 29

Dimensiones y masa de las muestras (0% PET).

| Dimensiones y masa de probetas (0% PET) | | | | | | | |
|---|-------------------|-----------------|-------------|-----------------------|---------------|---------------------------------------|-----------|
| Código testigo | Fecha de muestreo | Fecha de ensayo | Edad (días) | Diámetro probeta (cm) | Longitud (cm) | Volumen de probeta (cm ³) | Masa (gr) |
| CC-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.17 | 20.59 | 1672.58 | 4051.50 |
| CC-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 20.61 | 1677.50 | 4056.00 |
| CC-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 20.60 | 1676.69 | 4061.60 |
| CC-002 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 20.63 | 1679.13 | 4058.30 |
| CC-002 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 20.57 | 1674.25 | 4057.60 |
| CC-002 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.19 | 20.59 | 1679.17 | 4059.00 |
| CC-003 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.18 | 20.52 | 1670.18 | 4057.00 |
| CC-003 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 20.52 | 1673.46 | 4046.50 |
| CC-003 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 20.50 | 1671.83 | 4059.30 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30*Dimensiones y masa de las muestras (4.5% PET).*

| Dimensiones y masa de probetas (4.5% PET) | | | | | | | |
|--|--------------------------|------------------------|--------------------|------------------------------|----------------------|--|------------------|
| Código testigo | Fecha de muestreo | Fecha de ensayo | Edad (días) | Diámetro probeta (cm) | Longitud (cm) | Volumen de probeta (cm³) | Masa (gr) |
| CC-4.5%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 20.56 | 1673.43 | 3922.60 |
| CC-4.5%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 20.59 | 1675.88 | 3917.60 |
| CC-4.5%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.19 | 20.61 | 1680.80 | 3925.10 |
| CC-4.5%-002 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 20.54 | 1671.81 | 3912.60 |
| CC-4.5%-002 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 20.53 | 1670.99 | 3917.00 |
| CC-4.5%-002 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 20.58 | 1675.06 | 3916.00 |
| CC-4.5%-003 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 20.59 | 1679.17 | 3918.60 |
| CC-4.5%-003 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.18 | 20.61 | 1677.50 | 3917.60 |
| CC-4.5%-003 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 20.55 | 1675.91 | 3922.50 |

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 31***Dimensiones y masa de las muestras (7.5% PET).*

| Dimensiones y masa de probetas (7.5% PET) | | | | | | | |
|--|--------------------------|------------------------|--------------------|------------------------------|----------------------|--|------------------|
| Código testigo | Fecha de muestreo | Fecha de ensayo | Edad (días) | Diámetro probeta (cm) | Longitud (cm) | Volumen de probeta (cm³) | Masa (gr) |
| CC-4.5%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.17 | 20.57 | 1670.96 | 3811.10 |
| CC-4.5%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 20.55 | 1672.62 | 3825.20 |
| CC-4.5%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 20.58 | 1675.06 | 3830.20 |
| CC-4.5%-002 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 20.56 | 1673.43 | 3813.50 |
| CC-4.5%-002 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 20.58 | 1675.06 | 3826.20 |
| CC-4.5%-002 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.19 | 20.60 | 1679.99 | 3821.40 |
| CC-4.5%-003 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.18 | 20.55 | 1672.62 | 3822.60 |
| CC-4.5%-003 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 20.54 | 1675.09 | 3809.40 |
| CC-4.5%-003 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 20.58 | 1678.35 | 3815.00 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32

Dimensiones y masa de las muestras (9.5% PET).

| Dimensiones y masa de probetas (9.5% PET) | | | | | | | |
|---|-------------------|-----------------|-------------|-----------------------|---------------|---------------------------------------|-----------|
| Código testigo | Fecha de muestreo | Fecha de ensayo | Edad (días) | Diámetro probeta (cm) | Longitud (cm) | Volumen de probeta (cm ³) | Masa (gr) |
| CC-4.5%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.17 | 20.59 | 1672.58 | 3745.90 |
| CC-4.5%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 20.61 | 1677.50 | 3759.50 |
| CC-4.5%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 20.60 | 1676.69 | 3735.80 |
| CC-4.5%-002 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 20.63 | 1679.13 | 3748.50 |
| CC-4.5%-002 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 20.57 | 1674.25 | 3752.00 |
| CC-4.5%-002 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.19 | 20.59 | 1679.17 | 3749.00 |
| CC-4.5%-003 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.18 | 20.52 | 1670.18 | 3760.00 |
| CC-4.5%-003 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 20.52 | 1673.46 | 3752.70 |
| CC-4.5%-003 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 20.50 | 1671.83 | 3758.50 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33

Resultados del ensayo de Masa unitaria.

| Masa unitaria | | | | | | |
|----------------|-----------------------|---------------|---------------------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Código testigo | Diámetro probeta (cm) | Longitud (cm) | Volumen de probeta (cm ³) | Masa (gr) | Masa Unitaria (gr/cm ³) | Promedio (gr/cm ³) |
| CC-0.0%-001 | 10.18 | 20.60 | 1675.59 | 4056.37 | 2.42 | |
| CC-0.0%-002 | 10.18 | 20.60 | 1677.52 | 4058.30 | 2.42 | 2.42 |
| CC-0.0%-003 | 10.19 | 20.51 | 1671.82 | 4054.27 | 2.43 | |
| CC-4.5%-001 | 10.18 | 20.59 | 1676.70 | 3921.77 | 2.34 | |
| CC-4.5%-002 | 10.18 | 20.55 | 1672.62 | 3915.20 | 2.34 | 2.34 |
| CC-4.5%-003 | 10.19 | 20.58 | 1677.53 | 3919.57 | 2.34 | |
| CC-7.5%-001 | 10.18 | 20.57 | 1672.88 | 3822.17 | 2.28 | |
| CC-7.5%-002 | 10.18 | 20.58 | 1676.16 | 3820.37 | 2.28 | 2.28 |
| CC-7.5%-003 | 10.19 | 20.56 | 1675.36 | 3815.67 | 2.28 | |
| CC-9.5%-001 | 10.18 | 20.60 | 1675.59 | 3747.07 | 2.24 | |
| CC-9.5%-002 | 10.18 | 20.60 | 1677.52 | 3749.83 | 2.24 | 2.24 |
| CC-9.5%-003 | 10.19 | 20.51 | 1671.82 | 3757.07 | 2.25 | |

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro muestra que la mezcla patrón CC-0.0% posee una densidad promedio de 2.42 gr/cm³, el tipo CC-4.5% obteniendo la densidad promedio de 2.34 gr/cm³, del tipo CC-7.5% su densidad es de 2.28 gr/cm³ y el tipo CC-9.5% con una densidad promedio de 2.24 gr/cm³.

El cuadro de resultado para esta prueba demuestra que la muestra patrón CC-0.0% es más denso que las mezclas con porcentajes de adición de PET reciclado en un 9% aproximadamente, debido a la adición de este último elemento (PET), el cual es un elemento relativamente menos pesado que los agregados, por ende, hace que un concreto adicionado de plástico PET.

3.2.2. Resistencia a la compresión

3.2.2.1 Concreto patrón convencional (CC-0.0% PET reciclado)

Tabla 34

Resistencia a la compresión (0.0% PET).

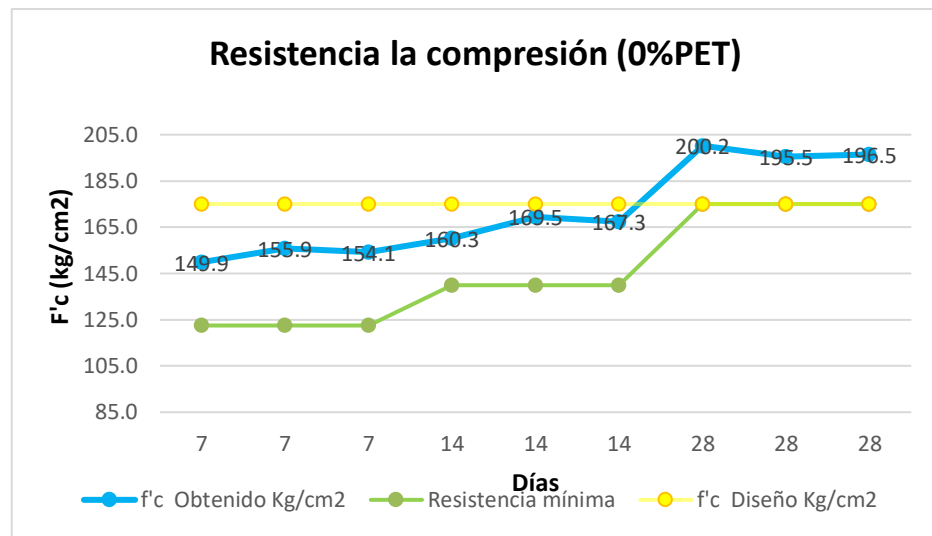
| Estructura | CANAL DE RIEGO | | Adición PET: | | | | 0.00% | | f _c 175 | |
|-------------------|-----------------|----------|--------------|----------|-------------------------|--------------------|--|---------------------------------------|---------------------------|----------|
| | Fecha de ensayo | | Edad (Dias) | Diámetro | Área (cm ²) | Lectura dial (Kgf) | Resistencia alcanzada | | Resistencia Requerida (%) | Consulta |
| Código de testigo | Moldeo | Rotura | | | | | f _c Obtenido Kg/cm ² | f _c Obtenido vs Diseño (%) | | |
| CC-0.0%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.17 | 81.2 | 12174 | 149.9 | 85.6% | CUMPLE | |
| CC-0.0%-002 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 12693 | 155.9 | 89.1% | 70% CUMPLE | |
| CC-0.0%-003 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 12545 | 154.1 | 88.1% | CUMPLE | |
| CC-0.0%-004 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 13045 | 160.3 | 91.6% | CUMPLE | |
| CC-0.0%-005 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 13796 | 169.5 | 96.9% | 80% CUMPLE | |
| CC-0.0%-006 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.19 | 81.6 | 13647 | 167.3 | 95.6% | CUMPLE | |
| CC-0.0%-007 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.18 | 81.4 | 16296 | 200.2 | 114.4% | CUMPLE | |
| CC-0.0%-008 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 15942 | 195.5 | 111.7% | 100% CUMPLE | |
| CC-0.0%-009 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 16025 | 196.5 | 112.3% | CUMPLE | |

Fuente: Elaboración propia.

Al someter a compresión el concreto convencional sin adición de plástico PET reciclado, podemos observar que la resistencia promedio obtenido de éste es 197.4Kg/cm^2 a los 28 días, siendo favorable y mayor de lo que se requiere en un 12.8%, con lo que se demuestra que el diseño de mezcla por el método ACI fue realizada de manera correcta (Tabla 34).

Figura 23

Evolución de la resistencia a compresión (0.0% PET).



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.2 Concreto convencional con adición de PET (CC-4.5% PET reciclado)

Tabla 35*Resistencia a la compresión (4.5% PET).*

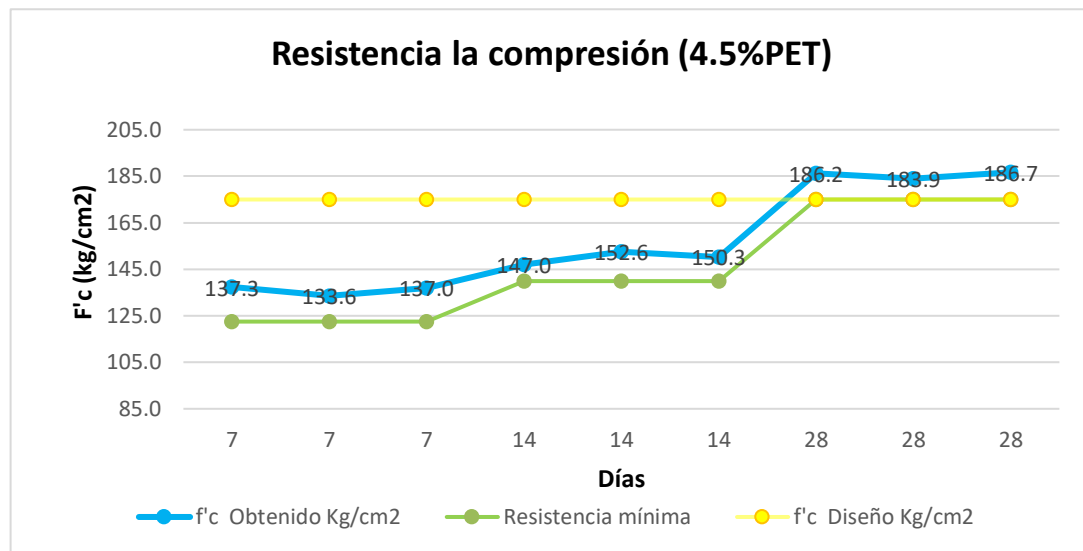
| Estructura | canal de riego | | Edición PET: | | | 4.50% | | f _c 175 | |
|-------------|-------------------|-----------------|--------------|----------|-------------------------|--------------------|--|---------------------------------------|-------------|
| | Código de testigo | Fecha de ensayo | Edad (Días) | Diámetro | Área (cm ²) | Lectura dial (Kgf) | Resistencia alcanzada | Resistencia Requerida | Consulta |
| | Moldeo | Rotura | | | | | f _c Obtenido Kg/cm ² | f _c Obtenido vs Diseño (%) | (%) |
| CC-4.5%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 11173 | 137.3 | 78.4% | CUMPLE |
| CC-4.5%-002 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 10873 | 133.6 | 76.3% | 70% CUMPLE |
| CC-4.5%-003 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.19 | 81.6 | 11169 | 137.0 | 78.3% | CUMPLE |
| CC-4.5%-004 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 11968 | 147.0 | 84.0% | CUMPLE |
| CC-4.5%-005 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 12423 | 152.6 | 87.2% | 80% CUMPLE |
| CC-4.5%-006 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 12236 | 150.3 | 85.9% | CUMPLE |
| CC-4.5%-007 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 15189 | 186.2 | 106.4% | CUMPLE |
| CC-4.5%-008 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.18 | 81.4 | 14968 | 183.9 | 105.1% | 100% CUMPLE |
| CC-4.5%-009 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 15225 | 186.7 | 106.7% | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia.

Al someter a compresión el concreto convencional con adición de plástico PET reciclado en un 4.5% sustituyendo ambos agregados, observamos que se tiene una resistencia promedio a los 28 días de 185.6Kg/cm², de la misma manera este resultado es favorable con respecto a lo que se requiere en un 6.1% durante toda la evolución (Tabla 35).

Figura 24

Evolución de la resistencia a compresión (4.5% PET).



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.3 Concreto convencional con adición de PET (CC-7.5% PET reciclado)

Tabla 36

Resistencia a la compresión (7.5% PET).

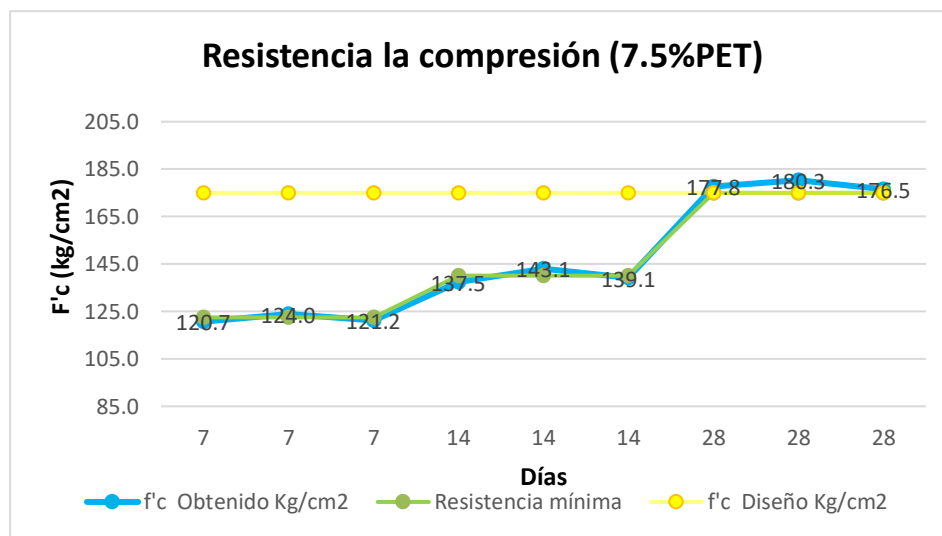
| Estructura | canal de riego | | Adición PET: | | | 7.50% | | Resistencia Requerida (%) | Consulta | |
|-------------|-------------------|-----------------|--------------|----------|-------------------------|--------------------|---------------------------------|----------------------------|----------|--------|
| | Código de testigo | Fecha de ensayo | Edad (Días) | Diámetro | Área (cm ²) | Lectura dial (Kgf) | Resistencia alcanzada | | | |
| | Moldeo | Rotura | | | | | f'c Obtenido Kg/cm ² | f'c Obtenido vs Diseño (%) | | |
| CC-7.5%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.17 | 81.2 | 9804 | 120.7 | 69.0% | 70% | BAJO |
| CC-7.5%-002 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 10089 | 124.0 | 70.8% | | CUMPLE |
| CC-7.5%-003 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 9867 | 121.2 | 69.3% | | BAJO |
| CC-7.5%-004 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 11189 | 137.5 | 78.6% | 80% | BAJO |
| CC-7.5%-005 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 11649 | 143.1 | 81.8% | | CUMPLE |
| CC-7.5%-006 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.19 | 81.6 | 11347 | 139.1 | 79.5% | | BAJO |
| CC-7.5%-007 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.18 | 81.4 | 14468 | 177.8 | 101.6% | 100% | CUMPLE |
| CC-7.5%-008 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 14706 | 180.3 | 103.0% | | CUMPLE |
| CC-7.5%-009 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 14397 | 176.5 | 100.9% | | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia.

Al someter a compresión el concreto convencional con adición de plástico PET reciclado en un 7.5% sustituyendo ambos agregados, podemos observar un descenso de la resistencia en los resultados, cabe mencionar que durante la evolución de la resistencia a los 7 días se logra una resistencia promedio de 122 Kg/cm², a los 14 días obtiene una resistencia de 139.9 Kg/cm² y a los 28 días alcanzando la resistencia de 178.2 Kg/cm² lo que representa el 69.7%, 79.9% y 101.8% respectivamente. De esta manera obtenemos un resultado favorable en un 1.8% a los 28 días, lo cual cumple con los estándares requeridos (Tabla 36).

Figura 25

Evolución de la resistencia a compresión (7.5% PET).



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.4 Concreto convencional con adición de PET (CC-9.5% PET reciclado)

Tabla 37

Resistencia a la compresión (9.5% PET).

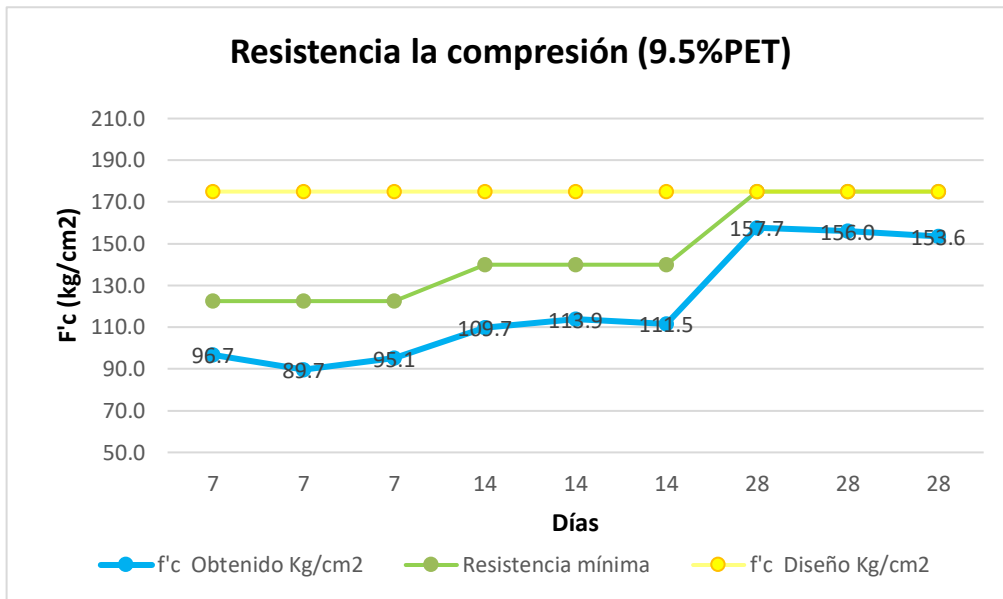
| Estructura | Canal de riego | | Adición PET: | | | | | 9.50% | fc 175 | Consulta |
|-------------|-------------------|-----------------|--------------|----------|-------------------------|--------------------|---|---------------------------|--------|----------|
| | Código de testigo | Fecha de ensayo | Edad (Dias) | Diámetro | Área (cm ²) | Lectura dial (Kgf) | Resistencia alcanzada | Resistencia Requerida (%) | | |
| | Moldeo | Rotura | | | | | f'c Obtenido / f'c Obtenido vs Diseño (%) | | | |
| CC-9.5%-001 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.17 | 81.2 | 7854 | 96.7 | 55.2% | 70% | BAJO |
| CC-9.5%-002 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 7298 | 89.7 | 51.2% | | BAJO |
| CC-9.5%-003 | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 7744 | 95.1 | 54.4% | | BAJO |
| CC-9.5%-004 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 8929 | 109.7 | 62.7% | 80% | BAJO |
| CC-9.5%-005 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 9267 | 113.9 | 65.1% | | BAJO |
| CC-9.5%-006 | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.19 | 81.6 | 9096 | 111.5 | 63.7% | | BAJO |
| CC-9.5%-007 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.18 | 81.4 | 12834 | 157.7 | 90.1% | 100% | BAJO |
| CC-9.5%-008 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 12724 | 156.0 | 89.2% | | BAJO |
| CC-9.5%-009 | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 12524 | 153.6 | 87.8% | | BAJO |

Fuente: Elaboración propia.

Al someter a compresión el concreto convencional con adición de plástico PET reciclado en un 9.5% sustituyendo ambos agregados, podemos observar un descenso de la resistencia de éste con respecto a lo que se requiere, siendo desfavorable en un 11% a los 28 días (Tabla 37).

Figura 26

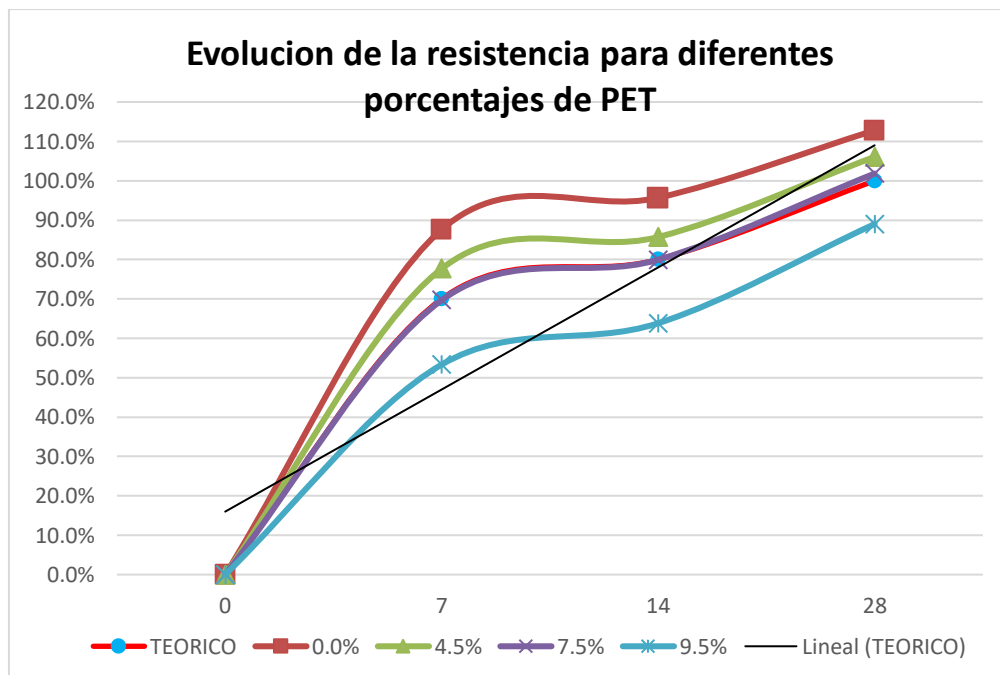
Evolución de la resistencia a compresión (9.5% PET).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 27

Evolución de la resistencia a compresión para distintos porcentajes de adición de plástico PET reciclado.



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la evolución de los concretos con distintos porcentajes de PET como sustituto de ambos agregados, como se puede ver al reemplazar en un 7.5% de plástico PET reciclado por los agregados logramos cumplir a los 28 días la resistencia requerida, mientras que los testigos de concreto con adición de plástico PET en 9.5% no cumplen con los estándares, por lo que descartamos el uso de éste (Figura 27).

3.2.3. Prueba estadística

Tabla 38

Resistencia a la compresión de las muestras a los 28 días.

| Muestra | Resistencia de muestras a los 28 días (Kg/cm ²) | | | |
|---------|---|---------|---------|---------|
| | CC-0.0% | CC-4.5% | CC-7.5% | CC-9.5% |
| 1 | 200.2 | 186.2 | 177.8 | 157.7 |
| 2 | 195.5 | 183.9 | 180.3 | 156.0 |
| 3 | 196.5 | 186.7 | 176.5 | 153.6 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39

Resumen de análisis de varianza de un factor.

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|---------|--------|-------|----------|----------|
| CC-0.0% | 3 | 592.2 | 197.4 | 6.13 |
| CC-4.5% | 3 | 556.8 | 185.6 | 2.23 |
| CC-7.5% | 3 | 534.6 | 178.2 | 3.73 |
| CC-9.5% | 3 | 467.3 | 155.77 | 4.24 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40

Prueba de análisis de varianza ANOVA

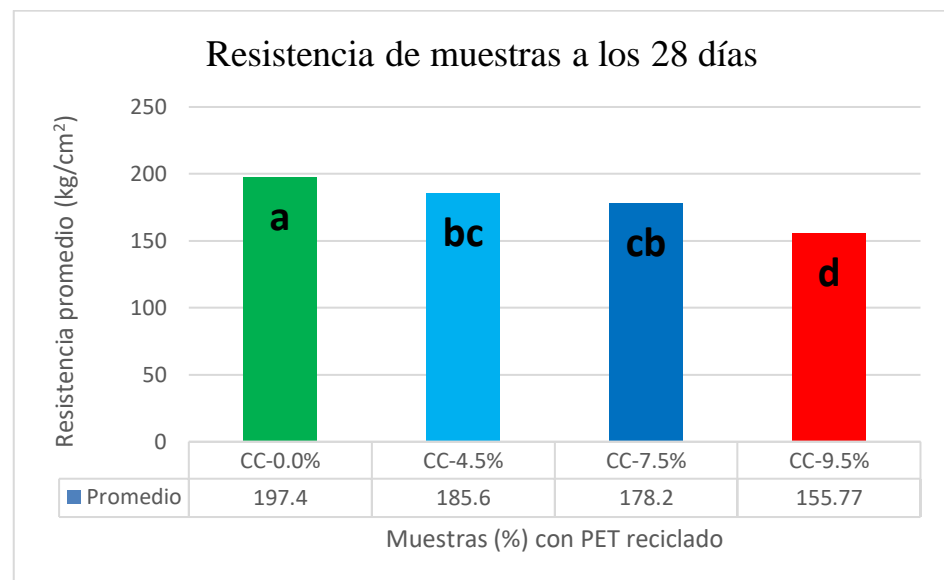
| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|---------|--------------|----------------------|
| Entre grupos | 2766.9425 | 3 | 922.3142 | 225.873 | 4.5404E-08 | 4.06618 |
| Dentro de los grupos | 32.6667 | 8 | 4.0833 | | | |
| Total | 2799.609167 | 11 | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de análisis de varianza nos indica que existe una diferencia significativa entre las muestras puesto que el valor de la F crítica es menor que la F calculada correspondiente al análisis de varianza, de la misma manera, la probabilidad de error es menor a 0.05 demostrando así nuevamente que existe diferencias de medias y se espera encontrar diferencias significativas de medias entre las 4 muestras (Tabla 40).

Figura 28

Resistencia promedio de las muestras a los 28 días (Tukey).



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la evolución de la resistencia de los concretos con distintos porcentajes de PET como sustituto de ambos agregados a los 28 días, observando que a medida que se adiciona mayor porcentaje de plástico PET reciclado en la mezcla la resistencia tiende a disminuir significativamente, así mismo la prueba estadística Tukey nos evidencia diferencia entre las muestras, salvo entre la muestra 4.5% y 7.5%, las cuales no tienen una diferencia significativa, siendo similares entre sí. (Figura 28).



3.2.4. Discusión

Según los resultados obtenidos con la prueba de resistencia a la compresión del concreto con adición de plástico PET reciclado, se concluye que existe disminución de resistencia al adicionar hojuelas de plástico PET reciclado a la mezcla, por lo que se afirma que este tiende a disminuir su resistencia a esfuerzos físicos a medida que se incrementa la cantidad de este material adicional en reemplazo de los agregados. de igual manera Rivera, L. (2013) indica que estos resultados se originan porque al reemplazar el agregado fino y agregado grueso por plástico PET, la mezcla de concreto pierde adherencia y esto hace que no cumpla con los requisitos, porque si el contenido de plástico es alto menor es la adherencia del concreto. Asu vez la mejor resistencia a la compresión es la que contiene el 7.5% de plástico PET llegando a la resistencia requerida a los 28 días, este resultado se asemeja por lo indicado por Pari, R. (2016) en su investigación concluye que la mejor resistencia a la compresión demostró el concreto que contenía un 5% de plástico PET.

3.3. COMPARATIVO DE COSTOS

3.3.1. Análisis comparativo de costo

Se hizo el análisis de los costos de producción del concreto realizadas en la presente investigación, teniendo en cuenta que el costo del plástico PET es de S/ 0.00 puesto que se recicló este material. A continuación, adjuntamos estos análisis:

Tabla 41*Análisis de costo unitario para concreto convencional (PET-0%)*

| Descripción | Cantidad | m ³ de concreto (0.0% PET) | | | |
|-----------------|---------------------|---------------------------------------|---------------|-------------|--------|
| | | Costo unitario | Costo parcial | Costo total | |
| Cemento | 7.77 Bol | S/ 23.90 | S/ 185.76 | | |
| Agua | 0.21 m ³ | S/ 2.60 | S/ 0.55 | | |
| Agregado fino | 0.33 m ³ | S/ 58.00 | S/ 19.20 | S/ | 225.53 |
| Agregado grueso | 0.33 m ³ | S/ 60.00 | S/ 20.03 | | |
| Plástico PET | 0.00 Kg | S/ - | S/ - | | |

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 42***Análisis de costo unitario para concreto convencional con adición de plástico PET**(PET-4.5%)*

| Descripción | Cantidad | m ³ de concreto (4.5% PET) | | | |
|-----------------|---------------------|---------------------------------------|---------------|-------------|--------|
| | | Costo unitario | Costo parcial | Costo total | |
| Cemento | 7.77 Bol | S/ 23.90 | S/ 185.76 | | |
| Agua | 0.21 m ³ | S/ 2.60 | S/ 0.55 | | |
| Agregado fino | 0.32 m ³ | S/ 58.00 | S/ 18.32 | S/ | 223.77 |
| Agregado grueso | 0.32 m ³ | S/ 60.00 | S/ 20.03 | | |
| Plástico PET | 80.56 Kg | S/ - | S/ - | | |

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 43***Análisis de costo unitario para concreto convencional con adición de plástico PET**(PET-7.5%)*

| Descripción | Cantidad | m ³ de concreto (7.5% PET) | | | |
|-----------------|---------------------|---------------------------------------|---------------|-------------|--------|
| | | Costo unitario | Costo parcial | Costo total | |
| Cemento | 7.77 Bol | S/ 23.90 | S/ 185.76 | | |
| Agua | 0.21 m ³ | S/ 2.60 | S/ 0.55 | | |
| Agregado fino | 0.31 m ³ | S/ 58.00 | S/ 17.73 | S/ | 222.59 |
| Agregado grueso | 0.31 m ³ | S/ 60.00 | S/ 18.56 | | |
| Plástico PET | 134.27 Kg | S/ - | S/ - | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44*Análisis de costo unitario para concreto convencional con adición de plástico PET**(PET-9.5%)*

| Descripción | m ³ de concreto (9.5% PET) | | | | |
|-----------------|---------------------------------------|----------------|---------------|-------------|--|
| | Cantidad | Costo unitario | Costo parcial | Costo total | |
| CEMENTO | 7.77 Bol | S/ 23.90 | S/ 185.76 | | |
| AGUA | 0.21 m ³ | S/ 2.60 | S/ 0.55 | | |
| AGREGADO FINO | 0.30 m ³ | S/ 58.00 | S/ 17.34 | S/ 221.81 | |
| AGREGADO GRUESO | 0.30 m ³ | S/ 60.00 | S/ 18.16 | | |
| PLASTICO PET | 170.08 Kg | S/ - | S/ - | | |

Fuente: Elaboración propia.

En los cuadros mostrados, vemos que el producir un concreto convencional cuesta S/. 225.53 aproximadamente, puesto que el costo de los materiales varía con respecto a sectores y proveedores.

En cuanto a un concreto convencional con adición de plástico PET reciclado en un 4.5% el costo de producción es de S/. 223.77 de esta manera al comparar con el concreto convencional patrón existe una diferencia de S/. 1.77, ahorrando esta cantidad.

Los resultados del concreto convencional adicionado con plástico PET reciclado en un 7.5% el costo de producción es de S/. 222.59, en comparación con el concreto convencional patrón existe un ahorro de S/. 2.94.

Los resultados del concreto convencional con adición de plástico PET reciclado en un 9.5% el costo de producción sería de S/. 221.81 el cual presenta un ahorro de S/. 3.73 respecto al concreto convencional patrón, pero este concreto no cumple con los estándares requeridos, por lo que se descarta.



3.3.2. Discusión

Al realizar el análisis de costos de producción del concreto con adición de plástico PET reciclado, con 7.5% de PET reciclado alcanza los niveles de resistencia a la compresión del diseño, se evidencia que al reemplazar ambos agregados por este material reciclado genera un ahorro en el costo de producción puesto que este material por ser reciclado no tiene ningún costo adicional, es decir, su costo es de S/ 0.00, como afirma Pari, R. (2016) en su tesis titulada “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”, que al producir este tipo de concreto ecológico concluyó que existe una reducción del costo por unidad del material. De igual manera se contribuye a la reutilización de los residuos plásticos y a su vez a la economía circular, como lo sugiere Meys et al (2020). Para hacer realidad la visión de una economía circular, se aboga por el reciclaje químico como una vía a gran escala para disminuir el agotamiento de los recursos fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).



V. CONCLUSIONES

- Las características de los agregados estudiados en la presente investigación, se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma, así como también el módulo de fineza considerando que la norma ASTM, recomienda especificaciones para agregados pétreos para concreto, recomienda que el módulo de fineza de los agregados finos no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 para su uso en concreto. El cual se considera la mejor opción para garantizar las adecuadas propiedades de trabajabilidad, resistencia y durabilidad del concreto.
- De los análisis y pruebas realizadas se demostró que al considerar al plástico PET reciclado como adición en el concreto convencional sustituyendo en porcentajes iguales a ambos agregados, ofrece resistencias comparables a un concreto convencional, El plástico PET hace que las propiedades del concreto modificado disminuya la resistencia a la compresión, sin embargo, el concreto modificado de codificación CC-7.5% logró alcanzar los estándares a los 28 días el cual cumple con lo requerido de las normas establecidas con respecto a la resistencia a la compresión, siendo éste el porcentaje óptimo de adición de plástico PET reciclado por lo que sí es aceptable y posible el uso de este tipo de concreto como propuesta para canales de riego. Así mismo, el uso de residuos plásticos para fines de construcción en la ingeniería, tiene una gran capacidad de reducir la contaminación ecológica y ambiental en nuestra región.
- La inclusión de plástico PET reciclado como adición en un concreto convencional sustituyendo porcentualmente a ambos agregados (CC-7.5%) presenta un ahorro en



el precio de elaboración de este concreto, al analizar esta variación en comparación al concreto convencional patrón existe un ahorro de S/. 2.90, siendo este un impacto positivo al hacer uso de un concreto modificado adicionando plástico PET reciclado. El uso de residuos plásticos en la construcción reduce la utilización de materiales convencionales de esta manera disminuyendo la huella de carbono al realizar la producción de los mismos, además de reducir el presupuesto de construcción se incentiva el reciclaje y de esta manera se contribuye en la reducción de la contaminación del medio ambiente.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que al adicionar plástico PET reciclado al concreto convencional, utilizar hasta un 7.5% en sustitución de los agregados para la mezcla, puesto que al reemplazar ambos elementos por la misma cantidad de PET hace que el concreto pueda cumplir con los estándares requeridos, si por algún caso nos excedemos de la cantidad de adición de PET en la mezcla, esto nos generará una baja uniformidad en los materiales, baja adherencia de los materiales, baja consistencia y por ende una muy baja resistencia del concreto.
- Al elaborar un concreto con adición de plástico PET reciclado, se debe de llevar un adecuado control de los materiales, elaboración del concreto y ensayos viendo que cumplan las recomendaciones, así mismo en el proceso del curado de los especímenes de concreto debemos de tener en consideración de temperatura de la poza de curado el cual debe de estar entre los 10°C y 27°C, puesto que si el agua tiene una mayor temperatura mayor será el curado y más rápido el fraguado, y muy esencial adicionar a la poza de curado la cal hidratada en 2gr a 3gr por litro, puesto que en concreto en proceso de endurecimiento genera ácido por ende genera pérdida de resistencia del concreto.
- Se recomienda el uso correcto del agua en la mezcla (relación agua-cemento), puesto que la cantidad de agua regula la resistencia del concreto (Kg/cm²) y la durabilidad (años), a menor cantidad de agua mayor la resistencia y durabilidad, pero menor trabajabilidad. La relación agua cemento es una de las principales causas de variaciones de resistencia ya que a variaciones excesivas en la humedad de los agregados y un control deficiente en la dosificación del agua genera malos resultados. Así mismo, los mismos métodos de construcción pueden causar variaciones en la



resistencia, un mezclado inadecuado, una mala compactación, un curado erróneo, y demás hacen que las resistencias varíen considerablemente.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (1994). *Tecnología del concreto*. Lima-Perú: San Marcos.
- Aguila P., G. (2014). YURA S.A. - Class & Asociados S.A.
- Ambientum, (2000). *Reciclado de envases PET* (en línea, sitio web). Disponible en <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=305>
- Angumba, P. (2016). *Ladrillos Elaborados con Plástico Reciclado (PET), para mampostería no Portante*. Tesis de Postgrado. Universidad de Cuenca, Ecuador.
- ANA. (2010). *Manual: Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*. Lima - Perú.
- Arroyo, A. (1999). *Gestion Concertada de Recursos y Desarrollo Local*. La Paz - Bolivia: CICDA.
- Arunkumar et al. (2023). Concrete constructed with recycled water to experimental analysis of the physical behavior of polypropylene aggregate (PPA). *Glob. Nest J*, 25.
- Bahadori, A. (2019) Sustainable development of medium strength concrete using polypropylene as aggregate replacement. *Civil and Environmental Engineering*, 13(9) <https://publications.waset.org/10010763/pdf>
- Bahij S, Omary S, Feugeas F y Faqiri A (2020). Fresh and Hardened Properties of Concrete Containing Different Forms of Plastic Waste: A Review *Waste Management*. Francia. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.048>
- Bardales, R. (2012). *Gestion del Desarrollo Territorial Rural*. Puno - Perú: Copyright 2012 por Grupo G.D.R. S.A.
- Bustamante, N. (2019). *Revestimiento del canal alimentador de las lagunas Boro, tramo: Bola de Oro hasta ingreso, que permita captar agua cruda en cantidad para abastecer a la planta de tratamiento de la ciudad de Chiclayo*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Calla, R. (2013). *Resistencia del concreto utilizando aditivos superplastificantes y microsilice con agregados de la cantera Cutimbo*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú.
- Carhuapoma, C. (2018). *Efecto de las fibras de polipropileno para concretos de resistencias a la compresión de 210 kg/cm² y 280 kg/cm², elaborados con agregados de la cantera de Cochamarca – Pasco*. Tesis (Título profesional de



- Ingeniero civil). Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/329>.
- Castillo et al. (2015). *Diseño de Planta Productora de Adoquines a base de Cemento y Plástico Reciclado*. Perú, Piura.
- Ecodes. (2019). *Contaminación por plásticos*. Uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI. pp. 8,9.
- Cemento Pacasmayo. Recuperado de: <http://www.cementospacasmayo.com.pe/>
- Cemento Yura (2014). Recuperado de: <https://www.yura.com.pe>
- Cemento Rumi (2021). Ficha técnica. disponible en <https://www.yura.com.pe/wp-content/uploads/2021/09/ficha-tecnica-cemento-rumi-ip.pdf>
- Echeverría, E. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado*. Tesis de Pregrado. Universidad de Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Kamaruddin et al. (2017). *Uso potencial de Residuos plásticos como materiales de construcción: avances recientes y perspectivas en Serie de conferencias sobre ingeniería y ciencia de materiales, 267(1)*. Malasia. DOI: 10.1088/1757-899X/267/1/012011
- Mascheroni et al. (2013). Ingeniería de usabilidad. Una propuesta tecnológica para contribuir a la evaluación de la usabilidad del software. *Archivo de la revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 1(4), 125-134. Argentina. DOI: <https://doi.org/10.18294/relais.2013.125-134>
- Mayta, J. (2014). *Influencia del aditivo superplasticante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto*. Huancayo - Perú. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/403>
- Meys et al. (2020). Towards a circular economy for plastic packaging wastes—the environmental potential of chemical recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105010>
- MINAM. (2018). “En el Perú solo se recicla el 1.9 por ciento del total de residuos sólidos reaprovechables”. Lima. <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/en-el-peru-solo-se-recicla-el-1-9-del-total-de-residuos-solidosreaprovechables/>.
- MINAM. (2022). *Ministerio del Ambiente del Peru*. <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- Molina et al. (2007). *Características Físico - Mecánicas de Ladrillos Elaborados con Plástico Reciclado*. Lima-Perú.



- Muñoz, F. (2018). *Consumo responsable del plástico y reducción del plástico de un solo uso*. Piura-Perú.
- Ogundairo, et al. (2021). A review on plastic waste as sustainable resource in civil engineering applications. In IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering IOP Publishing*.
- Pari, R. (2016). *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*. Tesis de Postgrado. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú
- Pilares, I. y Alfaro, R. (2021). Characterization of expansive soils for the foundation of an irrigation canal in the Peruvian Andes, Cabana-Mañazo case. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* (Vol. 939, No. 1, p. 012062). IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/939/1/012062
- Quevedo, E. (2013). *Granulometría de agregados (grueso y fino)*. Manual de tecnología de materiales, Universidad Nacional del Santa, E. AP, Ingeniería civil, Chimbote - Perú.
- Ramirez, D. (2011). *Propuesta de un Material Compuesto con Base al PET Reciclado con Aplicaciones en Construcción*. Tesis de grado. Bucaramanga, Colombia. Universidad Industrial de Santander. 109p.
- Rendón, N. (2008). *Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet) - cemento*. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, 23(1), 76-86. Recuperado en 05 de julio de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652008000100006&lng=es&tlng=es.
- Rivera, L. (2013). *Materiales Alternativos para la Elaboración de Tabiques Ecológicos*. Perú.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Perú, Lima: ACI Perú.
- Rivva, E. (2010). *Materiales para el Concreto (2da Edición ed.)*. Lima: ICG.
- Rivva, E. (2012). *Diseño de mezclas*. Lima-Perú.
- Rodríguez, J. (2015). *Tecnología del concreto*. Perú.
- Sánchez, F., y Campagnoli, S. (2016). *Pavimentos asfálticos de carreteras guía práctica para los estudios y diseño*. Bogota.



- Sanjuan, M. y Chinchón, S. (2014). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. España. ISBN 978-84-9717-305-6. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/45347>
- Sapag, N., Sapag, R., y Sapag, J. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos*. Mc Graw Hill. México.
- Terreros, L. y Carvajal, I. (2016) *Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo*. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/7cf94860-21d1-4fbd-b81ccffc204cce12>
- Villahermosa, D. (2015). *Caracterización y generación del manejo de residuos sólidos urbanos en la ciudad de puno*. Puno, Perú. http://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/4497/Dai_Li_VILLAHERMOSA_YUCRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- INACAL (2015). NTP-339.034: CONCRETO. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. Recuperado de: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-santo-toribio-de-mogrovejo/tecnologia-del-concreto/ntp-339034-metodo-de-ensayo-normalizado-para-la-determinacion-de-la-resistencia-a-la-compresion-del-concreto-en-muestras-cilindricas-compress/17223149>
- ASTM C 1064 – NTP 339.184 *Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete American Society for Testing and Materials*.
- ASTM C143 – NTP 339.008 *Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete American Society for Testing and Materials*.
- NTP 339.033 HORMIGÓN (CONCRETO). *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*.





ANEXOS

Anexo 01. Granulometría del agregado fino.



| | | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | | | | |
|------------------|------------|---|-------------|-----------|------------|-----------|---|
| | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | | | |
| | | MTC E 107, E 204, E-202 - ASTM D 422, D 1241 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88 | | | | | |
| PROYECTO | : | EVALUACION DE MEZCLA S DE CONCRETO CON ADICION DE PLASTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES DE RIEGO EN PUNO | | | | | |
| MATERIAL | : | Arena Zarandeada | | | | RESP. | : L.A.Y.Ch. |
| PROCEDENCIA MAT. | : | Cantera Río Cabanillas | | | | HECHO POR | : L.A.Y.Ch. |
| MUESTRA | : | M-1 | | | | FECHA | : 2/09/2022 |
| ENSAYO | : | | | | | CANTERA | : Río Cabanillas |
| GRANULOMETRIA | | | | | | | |
| ASTM C 33 | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PA SA | ESPECIF. | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
| 3" | 76.200 | | | | | | PESO TOTAL = 1,112.5 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | PESO LAVADO = 1067.9 gr |
| 2" | 50.800 | | | | | | PESO FINO = 1,070.6 gr |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | LÍMITE LÍQUIDO = 14.18 % |
| 1" | 25.400 | | | | | | LÍMITE PLÁSTICO = N.P. % |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. % |
| 1/2" | 12.700 | | | | | | Ensayo Malla #200 P.S. Seco: P.S.Lavado % 200 |
| 3/8" | 9.525 | | | | 100.0 | 100 | 112.5 1067.9 4.01 |
| # 4 | 4.760 | 41.9 | 3.8 | 3.8 | 96.2 | 95 - 100 | MÓDULO DE FINURA = 2.64 % |
| # 8 | 2.360 | 116.6 | 10.5 | 14.3 | 85.8 | 80 - 100 | EQUIVALENTE ARENA = 79.0 % |
| # 16 | 1.180 | 161.3 | 14.5 | 28.8 | 71.3 | 50 - 85 | |
| # 30 | 0.600 | 270.1 | 24.3 | 53.0 | 47.0 | 25 - 60 | |
| # 50 | 0.300 | 234.0 | 21.0 | 74.1 | 25.9 | 10 - 30 | |
| # 100 | 0.150 | 180.5 | 16.2 | 90.3 | 9.7 | 2 - 10 | % HUMEDAD |
| # 200 | 0.075 | 63.5 | 5.7 | 96.0 | 4.0 | 0 - 3 | P.S.H. P.S.S. % Humedad |
| < # 200 | FONDO | 44.6 | 4.0 | 100.0 | 0.0 | | 127.7 126.2 1.20% |
| FINO | | 1,070.6 | | | | | OBSERVACIONES: |
| TOTAL | | 1,112.5 | | | | | Arena limpia no presenta plasticidad (NP). |
| | | | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Anexo 02. Granulometría del agregado grueso.

|  | | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 204 - ASTM C 33/136 - AASHTO T-27 | | | |  | |
|---|-----------|---|-------------|------------------|-----------|---|-----------------------------------|
| PROYECTO | : | EVALUACION DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICION DE PLASTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES DE RIEGO EN PUNO | | | | | |
| MATERIAL | : | Grava | RESP. | : L.A.Y.Ch. | | | |
| PROCEDENCIA MAT. | : | Cantera Río Cabanillas | HECHO POR | : L.A.Y.Ch. | | | |
| MUESTRA | : | M-1 | FECHA | : 2/09/2022 | | | |
| ENSAYO | : | | CANTERA | : Río Cabanillas | | | |
| GRANULOMETRIA | | | | | | | |
| ASTM C 33 | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm | PESO RET. | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | HUSO 67 | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
| 3" | 76.200 | | | | | | PESO TOTAL = 17,130 gr |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | MÓDULO DE FINUR = 3.69 |
| 2" | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | 100 - 100 | ENSAYO MALLA # 200 |
| 3/4" | 19.050 | 185.0 | 1.1 | 1.1 | 98.9 | 90 - 100 | P.S. Seco. P.S. Lavad <% 200 |
| 1/2" | 12.700 | 8,865.0 | 51.8 | 52.8 | 47.2 | | 17130.0 15417.0 10.0% |
| 3/8" | 9.525 | 3,056.0 | 17.8 | 70.7 | 29.3 | 20 - 55 | |
| # 4 | 4.760 | 4,639.0 | 27.1 | 97.8 | 2.3 | 0 - 10 | |
| # 8 | 2.360 | 236.0 | 1.4 | 99.1 | 0.9 | 0 - 5 | |
| < # 8 | FONDO | 142.0 | 0.8 | 100.0 | 0.0 | | % HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad |
| | | | | | | | 110.4 110.2 0.15% |
| TOTAL | | 17,123.0 | | | | | |
| CURVA GRANULOMÉTRICA | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | |





Anexo 03. Peso específico y absorción del agregado fino.

|  | | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | |  | |
|---|---|---|--------|--|---|-------------------------|
| | | GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO | | | | |
| | | (MTC E-205, ASTM C-128, AASHTO T-84) | | | | |
| PROYECTO | : | EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES DE RIEGO EN PUNO | | | | |
| MATERIAL | : | Arena Zarandeada | | | | RESP.: L.A.Y.Ch. |
| PROCEDENCIA MAT. | : | Cantera Rio Cabanillas | | | | HECHO POR: L.A.Y.Ch. |
| MUESTRA | : | M-1 | | | | FECHA: 02/09/22 |
| ENSAYO | : | | | | | CANTERA: Rio Cabanillas |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | | | |
| A | Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr) | 402.1 | 402.1 | | | |
| B | Peso frasco + agua (gr) | 668.2 | 664.8 | | | |
| C | Peso frasco + agua + A (gr) | 1070.3 | 1066.9 | | | |
| D | Peso del material + agua en el frasco (gr) | 919.4 | 915.6 | | | |
| E | Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3) | 150.9 | 151.3 | | | |
| F | Peso de material seco en estufa (105°C) (gr) | 396.8 | 396.3 | | | |
| G | Volumen de masa = E - (A - F) (cm3) | 145.6 | 145.5 | | | PROMEDIO |
| | Pe bulk (Base seca) = F/E | 2.630 | 2.619 | | | 2.624 |
| | Pe bulk (Base saturada) = A/E | 2.665 | 2.658 | | | 2.661 |
| | Pe aparente (Base seca) = F/G | 2.725 | 2.724 | | | 2.724 |
| | % de absorción = ((A - F)/F)*100 | 1.336 | 1.464 | | | 1.40% |
| OBSERVACIONES: | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |





Anexo 04. Peso específico y absorción del agregado grueso.

|  | | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | |  | |
|--|---|--|---------|---------|---|--------------|
| | | GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS MTC E 206 - ASTM C-127 - AASHTO T-85 | | | | |
| PROYECTO : EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES DE RIEGO EN PUNO | | | | | | |
| MATERIAL : Grava | | RESP.: L.A.Y.Ch. | | | | |
| PROCEDENCIA MAT.: Cantera Río Cabanillas | | HECHO POR: L.A.Y.Ch. | | | | |
| MUESTRA : M-1 | | FECHA: 02/09/2022 | | | | |
| ENSAYO : | | CARRIL: Río Cabanillas | | | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | | | |
| A | Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr) | 1907.00 | 2012.00 | 1978.00 | | |
| B | Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr) | 1216.00 | 1262.00 | 1256.00 | | |
| C | Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr) | 691.00 | 750.00 | 722.00 | | |
| D | Peso material seco en estufa (105 °C)(gr) | 1897.00 | 2001.00 | 1967.00 | | |
| E | Vol. de masa = C- (A - D) (gr) | 681 | 739 | 711 | | PROMEDIO |
| | Pe bulk (Base seca) = D/C | 2.745 | 2.668 | 2.724 | | 2.713 |
| | Pe bulk (Base saturada) = A/C | 2.760 | 2.683 | 2.740 | | 2.727 |
| | Pe Aparente (Base Seca) = D/E | 2.786 | 2.708 | 2.767 | | 2.753 |
| | % de absorción = ((A - D) / D * 100) | 0.53 | 0.55 | 0.56 | | 0.55 |
| Observaciones: | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |



Anexo 05. Peso unitario suelto y varillado del agregado fino.

|  | | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | | |  |
|---|--|---|------|------|--------------------------|---|
| | | PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-19 | | | | |
| PROYECTO | EVALUACION DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICION DE PLASTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES DE RIEGO EN PUNO | | | | ING° RESP. : L.A.Y.Ch. | |
| MATERIAL | : Arena Zarandeada | | | | HECHO POR : L.A.Y.Ch. | |
| PROCEDENCIA MAT. | : Cantera Río Cabanillas | | | | FECHA : 02/09/2022 | |
| MUESTRA | : M-1 | | | | CANTERA : Río Cabanillas | |
| ENSAYO | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | | | |
| PESO UNITARIO SUELTO | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | Und. | IDENTIFICACIÓN | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Peso del recipiente + muestra | (gr) | 6823 | 6821 | 6856 | | |
| Peso del recipiente | (gr) | 4262 | 4262 | 4262 | | |
| Peso de la muestra | (gr) | 2561 | 2559 | 2594 | | |
| Volumen | (cm ³) | 1571 | 1571 | 1571 | | |
| Peso unitario suelto promedio | (kg/m ³) | 1630 | 1629 | 1651 | | |
| Peso unitario suelto prom. | (kg/m³) | 1637 | | | | |
| PESO UNITARIO VARILLADO | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | Und. | IDENTIFICACIÓN | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Peso del recipiente + muestra | (gr) | 7090 | 7102 | 7118 | | |
| Peso del recipiente | (gr) | 4262 | 4262 | 4262 | | |
| Peso de la muestra | (gr) | 2828 | 2840 | 2856 | | |
| Volumen | (cm ³) | 1571 | 1571 | 1571 | | |
| Peso unitario compactado promedio | (kg/m ³) | 1800 | 1808 | 1818 | | |
| Peso unitario compact. prom | (kg/m³) | 1809 | | | | |
| OBS.: | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |





Anexo 06. Peso unitario suelto y varillado del agregado grueso.

| | | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | | | |
|------------------------------------|--|---|-------|-------|--------------------------|--|
| | | PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-19 | | | | |
| PROYECTO | EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES DE RIEGO EN PUNO | | | | | |
| MATERIAL | Grava | | | | ING° RESP. : L.A.Y.Ch. | |
| PROCEDENCIA MAT. | Cantera Rio Cabanillas | | | | HECHO POR: L.A.Y.Ch. | |
| MUESTRA | M-1 | | | | FECHA : 02/09/22 | |
| ENSAYO | | | | | CANTERA : Rio Cabanillas | |
| AGREGADO GRUESO | | | | | | |
| PESO UNITARIO SUELTO | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | Und. | IDENTIFICACIÓN | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Peso del recipiente + muestra | (gr) | 28102 | 28120 | 28158 | | |
| Peso del recipiente | (gr) | 7910 | 7910 | 7910 | | |
| Peso de la muestra | (gr) | 20192 | 20210 | 20248 | | |
| Volumen | (cm ³) | 14137 | 14137 | 14137 | | |
| Peso unitario suelto | (kg/m ³) | 1428 | 1430 | 1432 | | |
| Peso unitario suelto prom. | (kg/m³) | 1430 | | | | |
| PESO UNITARIO VARILLADO | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | Und. | IDENTIFICACIÓN | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Peso del recipiente + muestra | (gr) | 30201 | 30182 | 30215 | | |
| Peso del recipiente | (gr) | 7910 | 7910 | 7910 | | |
| Peso de la muestra | (gr) | 22291 | 22272 | 22305 | | |
| Volumen | (cm ³) | 14137 | 14137 | 14137 | | |
| Peso unitario compactado | (kg/m ³) | 1577 | 1575 | 1578 | | |
| Peso unitario compact. prom | (kg/m³) | 1577 | | | | |
| OBS.: | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |



Anexo 07. Contenido de humedad de los agregados.

|  | | CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA ASTM D-2216, MTC E 108) | | | |  |
|---|-------------|--|------------------------|-----------|-------------|---|
| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO | | | | | | |
| PROYECTO | : | EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES DE RIEGO EN PUNO | | | | |
| ESTRUC TURA | : | CANAL DE RIEGO | | | | |
| ELEMENTO | : | CANAL DE RIEGO | | | | |
| CANTERA | : | RIO CABANILLAS | | | | |
| REALIZADO POR | : | L.A.Y.Ch. | | | | |
| FECHA DE MUESTREO | : | 13/09/2022 | FECHA DE ENSAYO | : | 13/09/2022 | |
| AGREGADO GRUESO | | | | | | |
| IDENTIFICACION | UND. | 01 | 02 | 03 | PROM | |
| Número de Tara | | 1 | 2 | 3 | | |
| Masa de la muestra húmeda+tara | gr. | 109.86 | 110.90 | 110.37 | 110.38 | |
| Masa de la muestra seca+tara | gr. | 109.74 | 110.73 | 110.26 | 110.24 | |
| Masa de la tara | gr. | 18.63 | 19.20 | 18.90 | 18.91 | |
| Masa del agua | gr. | 0.12 | 0.17 | 0.11 | 0.13 | |
| Masa de la muestra seca | gr. | 91.11 | 91.53 | 91.36 | 91.33 | |
| Contenido de humedad | % | 0.13 | 0.19 | 0.12 | 0.15 | |
| PROMEDIO | % | 0.15 | | | | |
| AGREGADO FINO | | | | | | |
| IDENTIFICACION | UND. | 01 | 02 | 03 | PROM | |
| Número de Tara | Nro. | 4 | 5 | 6 | | |
| Masa de la muestra húmeda+tara | gr. | 126.74 | 128.40 | 127.35 | 127.50 | |
| Masa de la muestra seca+tara | gr. | 124.80 | 127.51 | 126.32 | 126.21 | |
| Masa de la tara | gr. | 18.50 | 18.86 | 18.62 | 18.66 | |
| Masa del agua | gr. | 1.94 | 0.89 | 1.03 | 1.29 | |
| Masa de la muestra seca | gr. | 106.30 | 108.65 | 107.70 | 107.55 | |
| Contenido de humedad | % | 1.83 | 0.82 | 0.96 | 1.20 | |
| PROMEDIO | % | 1.20 | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |



Anexo 08. Diseño de mezclas de concreto convencional.

| DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CONVENCIONAL | | | | |
|--|--|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| PROYECTO | EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES DE RIEGO EN PUNO | | | |
| ELEMENTO | CANAL DE RIEGO | | | |
| CANTERA | RIO CABANILLAS | | | |
| REALIZADO POR | L. A. Y. Ch. | FECHA | 20-Set-2022 | |
| MÉTODO DISEÑO | ACI (COMITÉ 211) | TIPO CONSTRUCCIÓN : | CANAL DE RIEGO | |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS f'_{c} | = 175 Kg/cm ² | ASENTAMIENTO (SLUMP) | 3 4 pulg | |
| CEMENTO PORTLAND (ASTM C-150) | TIPO : IP | MARCA : YURA | PC PESO ESPECÍFICO : 2.85 | |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS | | AGREGADOS | | |
| | | F | GRUESO | |
| 1.00 | GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK (BASE SATURADA) | 2.66 | 2.73 | |
| 2.00 | PESO UNITARIO SUELTO SECO Kg/m ³ | 1,637.00 | 1,430.00 | |
| 3.00 | PESO UNITARIO SECO COMPACTADO - ASTM C-129 Kg/m ³ | 1,809.00 | 1,577.00 | |
| 4.00 | PORCENTAJE DE ABSORCIÓN - ASTM C-29 % | 1.40 | 0.55 | |
| 5.00 | CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216 % | 1.20 | 0.15 | |
| 6.00 | MÓDULO DE FINEZA - ASTM C-125 | 2.64 | 3.69 | |
| 7.00 | TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO Pulg. | | 3/4 | |
| CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA | | FÓRMULAS | VALORES | |
| A | ASENTAMIENTO-REVENIMIENTO (SLUMP) Pulg. | A DATO | 3" - 4" | |
| B | VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA Lt/m ³ | B VER TABLA 1y2 | 205.0 | |
| C | PORCENTAJE DE AIRE A TRAPADO % | C VER TABLA 3y4 | 2.0 | |
| D | RELACION AGUA - CEMENTO | D VER TABLA 5Y6 | 0.63 | |
| E | VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO COMPACTADO m ³ | E VER TABLA 5 | 0.64 | |
| H | PESO DEL CEMENTO Kg/m ³ | H B/D | 326.4 | |
| I | PESO SECO DEL AGREGADO GRUESO kg | I $[(W/G)*E]$ | 909.5 | |
| J | VOLUMEN ABSOLUTO DEL CEMENTO m ³ | J $H/(PC*1000)$ | 0.115 | |
| K | VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGUA m ³ | K B/1000 | 0.205 | |
| L | VOLUMEN ABSOLUTO DEL AIRE m ³ | L C/100 | 0.020 | |
| M | VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO m ³ | M $V/[(W)*1000]$ | 0.333 | |
| N | VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO m ³ | N $1-(J+K+L+M)$ | 0.327 | |
| O | PESO SECO DEL AGREGADO FINO Kg. | O $N*[W]*1000$ | 869.0 | |
| P | PESO DEL AGREGADO FINO HUMEDO Kg. | P $O*(1+[V F]/100)$ | 879.5 | |
| Q | PESO DEL AGREGADO GRUESO HUMEDO Kg. | Q $I*(1+[V G]/100)$ | 910.8 | |
| R | HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO FINO % | R $[V F]-[V F]$ | -0.20 | |
| S | HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO GRUESO % | S $[V G]-[V G]$ | -0.40 | |
| T | A PORTE DE AGUA DEL AGREGADO FINO Lt. | T $O*(R/100)$ | -1.74 | |
| U | A PORTE DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO Lt. | U $I*(S/100)$ | -3.64 | |
| V | A PORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS Lt. | V T+U | -5.38 | |
| W | AGUA EFECTIVA Lt. | W B-V | 210.4 | |
| VALORES DE DISEÑO POR METRO CÚBICO DE MEZCLA (SECO) | | | | |
| CEMENTO : | 326 Kg | AGUA : | 205 lt | |
| AGREGADO FINO : | 869 Kg | AGREGADO GRUESO : | 909 Kg | |
| VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS | | | | |
| CEMENTO : | 326 Kg | AGUA : | 210 lt | |
| AGREGADO FINO : | 879 Kg | AGREGADO GRUESO : | 911 Kg | |
| PROPORCIONES DE MEZCLA DE DISEÑO | | | | |
| COMPONENTES DEL CONCRETO | PROPORCIÓN EN PESO | | PROPORCIÓN EN VOLUMEN | |
| | SECO | CORREGIDA POR HUMEDAD | SECO | CORREGIDA POR HUMEDAD |
| CEMENTO | 1 | 1 | 1 | 1 |
| AGREGADO FINO | 2.66 | 2.69 | 2.44 | 2.44 |
| AGREGADO GRUESO | 2.79 | 2.79 | 2.92 | 2.92 |
| AGUA (En litros/bol.) | 26.69 | 27.39 | 26.69 | 27.39 |

Anexo 09. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto convencional.



| CÓDIGO DE TESTIGO | | GRUPO (Nº) | f _c DISEÑO Kg/cm ² | TIPO DE ESTRUCTURA ELEMENTO | FECHA DE ENSAYO | | EDAD (DÍAS) | DIÁMETRO | ÁREA (CM ²) | LECTURA DIAL (Kgf) | RESISTENCIA ALCANZADA | | | | RESISTENCIA REQUERIDA (%) | CONSULTA |
|-------------------|--|------------|--|-----------------------------|-----------------|----------|-------------|----------|-------------------------|--------------------|--|---|---------------------------------------|--------------|---------------------------|----------|
| | | VACIADO | | | MOLDEO | ROTURA | | | | | f _c OBTENIDO Kg/cm ² | f _c PROMEDIO (Kg/cm ²) | f _c OBTENIDO vs DISEÑO (%) | PROMEDIO (%) | | |
| CC-0.0%-001 | | G-1 | fc 175 | CANAL DE RIEGO | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.17 | 81.2 | 12174 | 149.9 | 153.3 | 85.6% | 87.6% | 70% | CUMPLE |
| CC-0.0%-002 | | G-1 | fc 175 | | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 12693 | 155.9 | | 89.1% | | | CUMPLE |
| CC-0.0%-003 | | G-1 | fc 175 | | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 12545 | 154.1 | | 88.1% | | | CUMPLE |
| CC-0.0%-004 | | G-1 | fc 175 | | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 13468 | 165.5 | 167.4 | 94.6% | 95.7% | 80% | CUMPLE |
| CC-0.0%-005 | | G-1 | fc 175 | | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 13796 | 169.5 | | 96.9% | | | CUMPLE |
| CC-0.0%-006 | | G-1 | fc 175 | | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.19 | 81.6 | 13647 | 167.3 | | 95.6% | | | CUMPLE |
| CC-0.0%-007 | | G-1 | fc 175 | | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.18 | 81.4 | 16296 | 200.2 | 197.4 | 114.4% | 112.8% | 100% | CUMPLE |
| CC-0.0%-008 | | G-1 | fc 175 | | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 15942 | 195.5 | | 111.7% | | | CUMPLE |
| CC-0.0%-009 | | G-1 | fc 175 | | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 16025 | 196.5 | | 112.3% | | | CUMPLE |

Resistencia la compresión (0%PET)

| Edad (Días) | f _c Obtenido (Kg/cm ²) | Resistencia mínima (Kg/cm ²) | f _c Diseño (Kg/cm ²) |
|-------------|---|--|---|
| 7 | 149.9 | 122.0 | 175.0 |
| 7 | 155.9 | 122.0 | 175.0 |
| 7 | 154.1 | 122.0 | 175.0 |
| 14 | 166.5 | 138.0 | 175.0 |
| 14 | 169.5 | 138.0 | 175.0 |
| 14 | 167.3 | 138.0 | 175.0 |
| 28 | 200.2 | 175.0 | 175.0 |
| 28 | 195.5 | 175.0 | 175.0 |
| 28 | 196.5 | 175.0 | 175.0 |

OBSERVACIONES :

Anexo 10. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de PET – 4.5%.

|  | | CUADRO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL | | | | | | | | | |  | | | |
|--|-----------------------|--|--------------------------------|-----------------|----------|-------------|----------|-------------------------|--|---|--|---|--------------|---------------------------|----------|
| PROYECTO : EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES DE RIEGO EN PUNO | | | | | | | | | | | | | | | |
| ELEMENTO : CANAL DE RIEGO | | | | | | | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR : L.A.Y.Ch. | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTRUCTURA : CANAL DE RIEGO | | | ADICION PET: 4.50% | | | | | | RESISTENCIA: f _c 175 | | | | | | |
| Código de testigo | Grupo (Nº) Vaciado | f _c Diseño Kg/cm ² | Tipo de Estructura Elemento | FECHA DE ENSAYO | | Edad (Días) | Diámetro | Área (cm ²) | Lectura dial (Kgf) | RESISTENCIA ALCANZADA | | | | Resistencia Requerida (%) | Consulta |
| | | | | Moldeo | Rotura | | | | | f _c Obtenido Kg/cm ² | f _c Promedio (Kg/cm ²) | f _c Obtenido vs Diseño (%) | Promedio (%) | | |
| CC-4.5%-001 | G-1 | f _c 175 | CANAL DE RIEGO | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 11173 | 137.3 | | 78.4% | 77.7% | 70% | CUMPLE |
| CC-4.5%-002 | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 10873 | 133.6 | 135.9 | 76.3% | | | |
| CC-4.5%-003 | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.19 | 81.6 | 11169 | 137.0 | | 78.3% | | | |
| CC-4.5%-004 | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 11968 | 147.0 | | 84.0% | 85.7% | 80% | CUMPLE |
| CC-4.5%-005 | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 12423 | 152.6 | 150.0 | 87.2% | | | |
| CC-4.5%-006 | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 12236 | 150.3 | | 85.9% | | | |
| CC-4.5%-007 | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 15189 | 186.2 | | 106.4% | 106.1% | 100% | CUMPLE |
| CC-4.5%-008 | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.18 | 81.4 | 14968 | 183.9 | 185.6 | 105.1% | | | |
| CC-4.5%-009 | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 15225 | 186.7 | | 106.7% | | | |

Resistencia la compresión (4.5%PET)

| Edad (Días) | f _c Obtenido (Kg/cm ²) | Resistencia mínima (Kg/cm ²) | f _c Diseño (Kg/cm ²) |
|-------------|---|--|---|
| 7 | 137.3 | 123.6 | 175 |
| 14 | 147.0 | 142.6 | 175 |
| 28 | 186.2 | 150.3 | 175 |

OBSERVACIONES :

Anexo 11. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de PET – 7.5%.

| Código de testigo | | Grupo (Nº) | f _c Diseño Kg/cm ² | Tipo de Estructura Elemento | FECHA DE ENSAYO | | Edad (Días) | Díametro | Área (cm ²) | Lectura dial (Kgf) | RESISTENCIA ALCANZADA | | | | Resistencia Requerida (%) | Consulta |
|-------------------|--|------------|--|-----------------------------|-----------------|----------|-------------|----------|-------------------------|--------------------|--|---|---------------------------------------|--------------|---------------------------|----------|
| | | | | | Moldeo | Rotura | | | | | f _c Obtenido Kg/cm ² | f _c Promedio (Kg/cm ²) | f _c Obtenido vs Diseño (%) | Promedio (%) | | |
| CC-7.5%-001 | | G-1 | f _c 175 | CANAL DE RIEGO | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.17 | 81.2 | 9804 | 120.7 | | 69.0% | 69.7% | 70% | BAJO |
| CC-7.5%-002 | | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 10089 | 124.0 | 122.0 | 70.8% | | | CUMPLE |
| CC-7.5%-003 | | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 9867 | 121.2 | | 69.3% | | | BAJO |
| CC-7.5%-004 | | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 11189 | 137.5 | | 78.6% | 79.9% | 80% | BAJO |
| CC-7.5%-005 | | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 11649 | 143.1 | 139.9 | 81.8% | | | CUMPLE |
| CC-7.5%-006 | | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.19 | 81.6 | 11347 | 139.1 | | 79.5% | | | BAJO |
| CC-7.5%-007 | | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.18 | 81.4 | 14468 | 177.8 | | 101.6% | 101.8% | 100% | CUMPLE |
| CC-7.5%-008 | | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 14706 | 180.3 | 178.2 | 103.0% | | | CUMPLE |
| CC-7.5%-009 | | G-1 | f _c 175 | | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 14397 | 176.5 | | 100.9% | | | CUMPLE |

Resistencia la compresión (7.5%PET)

| Edad (Días) | f _c Obtenido Kg/cm ² | Resistencia mínima | f _c Diseño Kg/cm ² |
|-------------|--|--------------------|--|
| 7 | 120.7 | 120.7 | 175 |
| 7 | 125.0 | 125.0 | 175 |
| 7 | 121.2 | 121.2 | 175 |
| 14 | 137.5 | 137.5 | 175 |
| 14 | 143.1 | 143.1 | 175 |
| 14 | 138.1 | 138.1 | 175 |
| 28 | 177.8 | 176.5 | 175 |
| 28 | 180.3 | 176.5 | 175 |
| 28 | 176.5 | 176.5 | 175 |

OBSERVACIONES :

Anexo 12. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto convencional con adición de PET – 9.5%

| | | CUADRO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|--|--------------------------------|-----------------|----------|-------------|----------|-------------------------------|--------------------|--------------------------------------|---|------------------------------|--------------|---------------------------|----------|
| PROYECTO : EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES DE RIEGO EN PUNO | | | | | | | | | | | | | | | |
| ELEMENTO : CANAL DE RIEGO | | | | | | | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR : L.A.Y.Ch. | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTRUCTURA : CANAL DE RIEGO | | ADICION PET: 9.50% | | | | | | RESISTENCIA: f_c 175 | | | | | | | |
| Código de testigo | Grupo (Nº) Vaciado | f_c Diseño Kg/cm ² | Tipo de Estructura Elemento | FECHA DE ENSAYO | | Edad (Días) | Diámetro | Área (cm ²) | Lectura dial (Kgf) | RESISTENCIA ALCANZADA | | | | Resistencia Requerida (%) | Consulta |
| | | | | Moldeo | Rotura | | | | | f_c Obtenido Kg/cm ² | f_c Promedio (Kg/cm ²) | f_c Obtenido vs Diseño (%) | Promedio (%) | | |
| CC-9.5%-001 | G-1 | f_c 175 | CANAL DE RIEGO | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.17 | 81.2 | 7824 | 96.3 | | 55.0% | 53.3% | 70% | BAJO |
| CC-9.5%-002 | G-1 | f_c 175 | | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 7298 | 89.7 | 93.3 | 51.2% | | | BAJO |
| CC-9.5%-003 | G-1 | f_c 175 | | 27/09/22 | 04/10/22 | 7 | 10.18 | 81.4 | 7654 | 94.0 | | 53.7% | | | BAJO |
| CC-9.5%-004 | G-1 | f_c 175 | | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 8929 | 109.7 | | 62.7% | 63.8% | 80% | BAJO |
| CC-9.5%-005 | G-1 | f_c 175 | | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.18 | 81.4 | 9267 | 113.9 | 111.7 | 65.1% | | | BAJO |
| CC-9.5%-006 | G-1 | f_c 175 | | 27/09/22 | 11/10/22 | 14 | 10.19 | 81.6 | 9096 | 111.5 | | 63.7% | | | BAJO |
| CC-9.5%-007 | G-1 | f_c 175 | | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.18 | 81.4 | 12834 | 157.7 | | 90.1% | 89.0% | 100% | BAJO |
| CC-9.5%-008 | G-1 | f_c 175 | | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 12724 | 156.0 | 155.8 | 89.2% | | | BAJO |
| CC-9.5%-009 | G-1 | f_c 175 | | 27/09/22 | 25/10/22 | 28 | 10.19 | 81.6 | 12524 | 153.6 | | 87.8% | | | BAJO |

Resistencia la compresión (9.5%PET)

| Edad (Días) | f_c Obtenido (Kg/cm ²) | Resistencia mínima (Kg/cm ²) | f_c Diseño (Kg/cm ²) |
|-------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|
| 7 | 96.3 | 111.5 | 175 |
| 7 | 89.7 | 111.5 | 175 |
| 7 | 94.0 | 111.5 | 175 |
| 14 | 109.7 | 111.5 | 175 |
| 14 | 113.9 | 111.5 | 175 |
| 14 | 111.5 | 111.5 | 175 |
| 28 | 157.7 | 111.5 | 175 |
| 28 | 156.0 | 111.5 | 175 |
| 28 | 158.6 | 111.5 | 175 |

OBSERVACIONES :

Anexo 13. Evaluación económica

| EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONCRETO CON ADICION DE PLASTICO PET RECICLADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------------|------------------|-------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|---------|----------|-----------|-----------|-------------|---------------------------|--|--|--|----------|----------------|---------------|-------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|------|---------|---------|---------|---------------|---------|----------|----------|-----------------|---------|----------|----------|--------------|---------|------|------|-------------|---------------------------|--|--|--|----------|----------------|---------------|-------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|------|---------|---------|---------|---------------|---------|----------|----------|-----------------|---------|----------|----------|--------------|----------|------|------|-------------|---------------------------|--|--|--|----------|----------------|---------------|-------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|------|---------|---------|---------|---------------|---------|----------|----------|-----------------|---------|----------|----------|--------------|-----------|------|------|-------------|---------------------------|--|--|--|----------|----------------|---------------|-------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|------|---------|---------|---------|---------------|---------|----------|----------|-----------------|---------|----------|----------|--------------|-----------|------|------|
| PROYECTO : | EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET RECICLADO COMO PROPUEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ELEMENTO : | CANAL DE RIEGO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REALIZADO POR : | L.A.Y.Ch. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="4">PESOS Kg/m3</th> </tr> <tr> <th>0.00%</th> <th>4.50%</th> <th>7.50%</th> <th>9.50%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>326.43 Kg</td> <td>326.43 Kg</td> <td>326.43 Kg</td> <td>326.43 Kg</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>210.37 lt</td> <td>210.43 lt</td> <td>210.43 lt</td> <td>210.43 lt</td> </tr> <tr> <td>AGREGADO FINO</td> <td>879.47 Kg</td> <td>839.18 Kg</td> <td>812.33 Kg</td> <td>794.43 Kg</td> </tr> <tr> <td>AGREGADO GRUESO</td> <td>910.84 Kg</td> <td>870.56 Kg</td> <td>843.71 Kg</td> <td>825.80 Kg</td> </tr> <tr> <td>PLASTICO PET</td> <td>0.00 Kg</td> <td>80.56 Kg</td> <td>134.27 Kg</td> <td>170.08 Kg</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="4">M3 DE CONCRETO (0.0% PET)</th> </tr> <tr> <th>CANTIDAD</th> <th>COSTO UNITARIO</th> <th>COSTO PARCIAL</th> <th>COSTO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>7.77 Bol</td> <td>S/ 23.90</td> <td>S/ 185.76</td> <td rowspan="5" style="vertical-align: middle;">S/ 225.53</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>0.21 m3</td> <td>S/ 2.60</td> <td>S/ 0.55</td> </tr> <tr> <td>AGREGADO FINO</td> <td>0.33 m3</td> <td>S/ 58.00</td> <td>S/ 19.20</td> </tr> <tr> <td>AGREGADO GRUESO</td> <td>0.33 m3</td> <td>S/ 60.00</td> <td>S/ 20.03</td> </tr> <tr> <td>PLASTICO PET</td> <td>0.00 Kg</td> <td>S/ -</td> <td>S/ -</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="4">M3 DE CONCRETO (4.5% PET)</th> </tr> <tr> <th>CANTIDAD</th> <th>COSTO UNITARIO</th> <th>COSTO PARCIAL</th> <th>COSTO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>7.77 Bol</td> <td>S/ 23.90</td> <td>S/ 185.76</td> <td rowspan="5" style="vertical-align: middle;">S/ 223.77</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>0.21 m3</td> <td>S/ 2.60</td> <td>S/ 0.55</td> </tr> <tr> <td>AGREGADO FINO</td> <td>0.32 m3</td> <td>S/ 58.00</td> <td>S/ 18.32</td> </tr> <tr> <td>AGREGADO GRUESO</td> <td>0.32 m3</td> <td>S/ 60.00</td> <td>S/ 19.15</td> </tr> <tr> <td>PLASTICO PET</td> <td>80.56 Kg</td> <td>S/ -</td> <td>S/ -</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="4">M3 DE CONCRETO (7.5% PET)</th> </tr> <tr> <th>CANTIDAD</th> <th>COSTO UNITARIO</th> <th>COSTO PARCIAL</th> <th>COSTO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>7.77 Bol</td> <td>S/ 23.90</td> <td>S/ 185.76</td> <td rowspan="5" style="vertical-align: middle;">S/ 222.59</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>0.21 m3</td> <td>S/ 2.60</td> <td>S/ 0.55</td> </tr> <tr> <td>AGREGADO FINO</td> <td>0.31 m3</td> <td>S/ 58.00</td> <td>S/ 17.73</td> </tr> <tr> <td>AGREGADO GRUESO</td> <td>0.31 m3</td> <td>S/ 60.00</td> <td>S/ 18.56</td> </tr> <tr> <td>PLASTICO PET</td> <td>134.27 Kg</td> <td>S/ -</td> <td>S/ -</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="4">M3 DE CONCRETO (9.5% PET)</th> </tr> <tr> <th>CANTIDAD</th> <th>COSTO UNITARIO</th> <th>COSTO PARCIAL</th> <th>COSTO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CEMENTO</td> <td>7.77 Bol</td> <td>S/ 23.90</td> <td>S/ 185.76</td> <td rowspan="5" style="vertical-align: middle;">S/ 221.81</td> </tr> <tr> <td>AGUA</td> <td>0.21 m3</td> <td>S/ 2.60</td> <td>S/ 0.55</td> </tr> <tr> <td>AGREGADO FINO</td> <td>0.30 m3</td> <td>S/ 58.00</td> <td>S/ 17.34</td> </tr> <tr> <td>AGREGADO GRUESO</td> <td>0.30 m3</td> <td>S/ 60.00</td> <td>S/ 18.16</td> </tr> <tr> <td>PLASTICO PET</td> <td>170.08 Kg</td> <td>S/ -</td> <td>S/ -</td> </tr> </tbody> </table> | | DESCRIPCIÓN | PESOS Kg/m3 | | | | 0.00% | 4.50% | 7.50% | 9.50% | CEMENTO | 326.43 Kg | 326.43 Kg | 326.43 Kg | 326.43 Kg | AGUA | 210.37 lt | 210.43 lt | 210.43 lt | 210.43 lt | AGREGADO FINO | 879.47 Kg | 839.18 Kg | 812.33 Kg | 794.43 Kg | AGREGADO GRUESO | 910.84 Kg | 870.56 Kg | 843.71 Kg | 825.80 Kg | PLASTICO PET | 0.00 Kg | 80.56 Kg | 134.27 Kg | 170.08 Kg | DESCRIPCIÓN | M3 DE CONCRETO (0.0% PET) | | | | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO TOTAL | CEMENTO | 7.77 Bol | S/ 23.90 | S/ 185.76 | S/ 225.53 | AGUA | 0.21 m3 | S/ 2.60 | S/ 0.55 | AGREGADO FINO | 0.33 m3 | S/ 58.00 | S/ 19.20 | AGREGADO GRUESO | 0.33 m3 | S/ 60.00 | S/ 20.03 | PLASTICO PET | 0.00 Kg | S/ - | S/ - | DESCRIPCIÓN | M3 DE CONCRETO (4.5% PET) | | | | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO TOTAL | CEMENTO | 7.77 Bol | S/ 23.90 | S/ 185.76 | S/ 223.77 | AGUA | 0.21 m3 | S/ 2.60 | S/ 0.55 | AGREGADO FINO | 0.32 m3 | S/ 58.00 | S/ 18.32 | AGREGADO GRUESO | 0.32 m3 | S/ 60.00 | S/ 19.15 | PLASTICO PET | 80.56 Kg | S/ - | S/ - | DESCRIPCIÓN | M3 DE CONCRETO (7.5% PET) | | | | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO TOTAL | CEMENTO | 7.77 Bol | S/ 23.90 | S/ 185.76 | S/ 222.59 | AGUA | 0.21 m3 | S/ 2.60 | S/ 0.55 | AGREGADO FINO | 0.31 m3 | S/ 58.00 | S/ 17.73 | AGREGADO GRUESO | 0.31 m3 | S/ 60.00 | S/ 18.56 | PLASTICO PET | 134.27 Kg | S/ - | S/ - | DESCRIPCIÓN | M3 DE CONCRETO (9.5% PET) | | | | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO TOTAL | CEMENTO | 7.77 Bol | S/ 23.90 | S/ 185.76 | S/ 221.81 | AGUA | 0.21 m3 | S/ 2.60 | S/ 0.55 | AGREGADO FINO | 0.30 m3 | S/ 58.00 | S/ 17.34 | AGREGADO GRUESO | 0.30 m3 | S/ 60.00 | S/ 18.16 | PLASTICO PET | 170.08 Kg | S/ - | S/ - |
| DESCRIPCIÓN | PESOS Kg/m3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.00% | 4.50% | 7.50% | 9.50% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CEMENTO | 326.43 Kg | 326.43 Kg | 326.43 Kg | 326.43 Kg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGUA | 210.37 lt | 210.43 lt | 210.43 lt | 210.43 lt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGREGADO FINO | 879.47 Kg | 839.18 Kg | 812.33 Kg | 794.43 Kg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGREGADO GRUESO | 910.84 Kg | 870.56 Kg | 843.71 Kg | 825.80 Kg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLASTICO PET | 0.00 Kg | 80.56 Kg | 134.27 Kg | 170.08 Kg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | M3 DE CONCRETO (0.0% PET) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CEMENTO | 7.77 Bol | S/ 23.90 | S/ 185.76 | S/ 225.53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGUA | 0.21 m3 | S/ 2.60 | S/ 0.55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGREGADO FINO | 0.33 m3 | S/ 58.00 | S/ 19.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGREGADO GRUESO | 0.33 m3 | S/ 60.00 | S/ 20.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLASTICO PET | 0.00 Kg | S/ - | S/ - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | M3 DE CONCRETO (4.5% PET) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CEMENTO | 7.77 Bol | S/ 23.90 | S/ 185.76 | S/ 223.77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGUA | 0.21 m3 | S/ 2.60 | S/ 0.55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGREGADO FINO | 0.32 m3 | S/ 58.00 | S/ 18.32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGREGADO GRUESO | 0.32 m3 | S/ 60.00 | S/ 19.15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLASTICO PET | 80.56 Kg | S/ - | S/ - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | M3 DE CONCRETO (7.5% PET) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CEMENTO | 7.77 Bol | S/ 23.90 | S/ 185.76 | S/ 222.59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGUA | 0.21 m3 | S/ 2.60 | S/ 0.55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGREGADO FINO | 0.31 m3 | S/ 58.00 | S/ 17.73 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGREGADO GRUESO | 0.31 m3 | S/ 60.00 | S/ 18.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLASTICO PET | 134.27 Kg | S/ - | S/ - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | M3 DE CONCRETO (9.5% PET) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CEMENTO | 7.77 Bol | S/ 23.90 | S/ 185.76 | S/ 221.81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGUA | 0.21 m3 | S/ 2.60 | S/ 0.55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGREGADO FINO | 0.30 m3 | S/ 58.00 | S/ 17.34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGREGADO GRUESO | 0.30 m3 | S/ 60.00 | S/ 18.16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLASTICO PET | 170.08 Kg | S/ - | S/ - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <h4>COSTO DE PRODUCCIÓN</h4> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Mezcla</th> <th>Costo Total (S/)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CC-0.0%</td> <td>225.53</td> </tr> <tr> <td>CC-4.5%</td> <td>223.77</td> </tr> <tr> <td>CC-7.5%</td> <td>222.59</td> </tr> <tr> <td>CC-9.5%</td> <td>221.81</td> </tr> </tbody> </table> | | Mezcla | Costo Total (S/) | CC-0.0% | 225.53 | CC-4.5% | 223.77 | CC-7.5% | 222.59 | CC-9.5% | 221.81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mezcla | Costo Total (S/) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CC-0.0% | 225.53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CC-4.5% | 223.77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CC-7.5% | 222.59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CC-9.5% | 221.81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 14. Panel fotográfico

Figura 29. Elaboración de mezcla de concreto adicionando distintos porcentajes de plástico PET reciclado



Figura 30. Integración de los materiales a utilizar a la mezcla de concreto.



Figura 31. Poza de curado de probetas de concreto (ASTM C 192).



Figura 32. Curado de los testigos de concreto con distintos porcentajes de adición de plástico PET reciclado.



Figura 33. Agregado plástico PET reciclado transformarlo en una similitud a hojuelas, sin mayor valor agregado.



Figura 34. Peso de las dosificaciones de los agregados para la mezcla.



Figura 35. Realizando otro tipo de ensayo del concreto en estado fresco (Slump).



Figura 36. Tomando medidas de los moldes a utilizar para los especímenes de concreto.



Figura 37. Preparación de los moldes para las probetas de concreto.



Figura 38. Especímenes de concreto con diferentes cantidades de adición de PET para realizar la prueba de resistencia.



Figura 39. Pesado de los especímenes de concreto con distintos porcentajes de adición de PET para determinar su densidad.



Figura 40. Prensa hidráulica para realización del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días con una adición de 0.0% de plástico PET reciclado.



Figura 41. Prensa hidráulica para realización del ensayo de resistencia a la compresión con incorporación de 9.5% de plástico PET reciclado.



Figura 42. Restos de los especímenes de concreto después de realizar ensayos de resistencia a compresión.





DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo LUIS ANGEL YANA CHOQUE
identificado con DNI 70496245 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA AGRÍCOLA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“EVALUACIÓN DE DIERCLOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE
PLASTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES
DE RIEGO EN PUNO.”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 10 de ENERO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo LUIS ANGEL YANA CHOQUE,
identificado con DNI 70496249 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA AGRÍCOLA,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE
PLÁSTICO PET RECICLADO COMO PROPUESTA PARA CANALES
DE RIEGO EN PUNO. ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

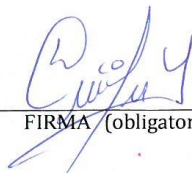
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 10 de ENERO del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella