

# UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

---

**Diseño de concreto  $F'c=140 \text{ Kg/cm}^2$  utilizando probetas recicladas para la construcción de un piso de concreto en viviendas socioeconómicas.**

---

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural.

Sub Línea de Investigación: Estructuras y Materiales.

#### **Autores:**

Carhuatocto Frias, Juan Luis

Mogollón Calle, Doris Alexia

#### **Jurado Evaluador:**

**Presidente** : Príncipe Reyes, Roger Alberto  
**Secretario** : Valdiviezo Castillo, Krissia del Fátima  
**Vocal** : Chan Heredia, Miguel Ángel

#### **Asesor:**

Ramal Montejo, Rodolfo Enrique

**Código ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9023-6567>

**PIURA – PERÚ**

**2024**



**Fecha de sustentación: 2024 / 10 / 25**



# UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

---

**Diseño de concreto  $F'c=140 \text{ Kg/cm}^2$  utilizando probetas recicladas para la construcción de un piso de concreto en viviendas socioeconómicas.**

---

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural.

Sub Línea de Investigación: Estructuras y Materiales.

#### **Autores:**

Carhuatocto Frias, Juan Luis

Mogollón Calle, Doris Alexia

#### **Jurado Evaluador:**

**Presidente** : Príncipe Reyes, Roger Alberto  
**Secretario** : Valdiviezo Castillo, Krissia del Fátima  
**Vocal** : Chan Heredia, Miguel Ángel

#### **Asesor:**

Ramal Montejo, Rodolfo Enrique

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9023-6567>



**PIURA – PERÚ**

**2024**

**Fecha de sustentación: 2024 / 10 / 25**

# Diseño de concreto $F'c=140$ Kg/cm<sup>2</sup> utilizando probetas recicladas para la construcción de un piso de concreto en viviendas socioeconómicas

## INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[pirhua.udep.edu.pe](http://pirhua.udep.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

2

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

2%

3

[idoc.pub](http://idoc.pub)

Fuente de Internet

1%

4

[recordcenter.sgc.gov.co](http://recordcenter.sgc.gov.co)

Fuente de Internet

1%

5

[repositorioacademico.upc.edu.pe](http://repositorioacademico.upc.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana

Trabajo del estudiante

1%

7

[tesis.ucsm.edu.pe](http://tesis.ucsm.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

8

[repositorio.upao.edu.pe](http://repositorio.upao.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

  
Rodolfo Enrique Ramal Montejo  
INGENIERO CIVIL  
CIP- 88658

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Ramal Montejo Rodolfo Enrique**, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **“DISEÑO DE CONCRETO F’C=140 KG/CM2 UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS”**, de los autores **Carhuatocto Frias Juan Luis** y **Mogollón Calle Doris Alexia**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 9%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 17 de Octubre del 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis **“DISEÑO DE CONCRETO F’C=140 KG/CM2 UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS”**, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Ciudad y fecha: Piura 17 de Octubre del 2024



.....  
Carhuatocto Frias, Juan Luis  
DNI: 76585933



.....  
Mogollón Calle, Doris Alexia  
DNI: 76445306



.....  
Ramal Montejo, Rodolfo Enrique  
DNI: 40025063  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9023-6567>



## **DEDICATORIA**

A Dios por guiarme y fortalecerme en todo este trayecto Universitario.

A mis padres Juan Carhuatocto y Socorro Frias por haber forjado mi camino, durante el cual siempre me brindan su apoyo en todo momento, y a sus consejos y enseñanzas que me ofrecen día a día.

A mis hermanas Mariela y Sindy Carhuatocto por motivarme y ayudarme en los momentos que más necesitaba.

**JUAN LUIS CARHUATOCTO FRIAS**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta Tesis a mis padres Guillermo Mogollón y Doris Calle por haber forjado mi camino, por las enseñanzas y valores que desde pequeña me han inculcado, por su gran apoyo durante toda mi carrera; porque a pesar de las adversidades siempre han estado conmigo y me han sacado adelante, y porque gracias a ellos me he convertido en la persona que soy.

A mis hermanos Melody Mogollón y Khrisnan Mogollón por contar ellos siempre y motivarme a seguir esforzándome.

A mi pareja que días tras día me apoyó a sacar adelante este proyecto y por no dejarme rendir en el proceso.

A mis amigos con los que he compartido tantos buenos momentos desde que inició la carrera y han sido parte de esta etapa, por haberme sacado tantas sonrisas y ofrecerme su apoyo en momentos difíciles.

**DORIS ALEXIA MOGOLLÓN CALLE.**

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas en general que de una u otra manera han contribuido para la culminación exitosa de este proyecto.

A la Ing. Rodolfo Enrique Ramal Montejo, por su experiencia científica, sus valiosas críticas e incondicional apoyo en la revisión y esclarecimiento de las diferentes etapas para la concreción de la tesis.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación en Ingeniería Civil, centrado en el área de construcción, tuvo como objetivo analizar y comparar el rendimiento del concreto al sustituir diferentes proporciones de agregado grueso natural (AN) por agregado de concreto reciclado (AGR), considerando la reutilización de probetas ensayadas. Con el fin de obtener un diseño de concreto que permita la disminución y uso de agregados naturales, y así disminuir la depredación de canteras y también destinado a mejorar calidad de vida de las personas con escasos recursos tomando como referencia “Villa La Luna del norte”. Se analizó el comportamiento a través de la evaluación de las propiedades mecánicas y la durabilidad de las diferentes mezclas, con el fin de determinar la proporción óptima de sustitución de AGN por AGR, asegurando que las propiedades cumplan con los estándares establecidos por la norma.

Palabras Claves: Concreto 140 Kg/cm<sup>2</sup>, concreto reciclado, resistencia a la compresión, propiedades físicas y mecánicas.

## **ABSTRACT**

The present research work in Civil Engineering, focused on the construction area, aimed to analyze and compare the performance of concrete when replacing different proportions of natural coarse aggregate (AN) with recycled concrete aggregate (AGR), considering the reuse of tested specimens. In order to obtain a concrete design that allows the reduction and use of natural aggregates, and thus reduce the depredation of quarries and also intended to improve the quality of life of people with limited resources, taking as a reference "Villa La Luna del norte". The behaviour was analysed through the evaluation of the mechanical properties and durability of the different mixtures, in order to determine the optimal proportion of AGN substitution by AGR, ensuring that the properties meet the standards established by the standard.

Keywords: Concrete 140 Kg/cm<sup>2</sup>, recycled concrete, compressive strength.

## PRESENTACIÓN

### Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego sede Piura, es grato presentarles el trabajo de investigación titulado: **“DISEÑO DE CONCRETO F’C=140 KG/CM2 UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS”**, con el fin de cumplir lo estipulado para obtener el TÍTULO PROFESIONAL de INGENIERO CIVIL.

Consideramos señores miembros del jurado, que este trabajo ayudará a la reutilización de probetas de concreto, por lo tanto, a la disminución del uso de agregados naturales en los diseños de mezcla de concreto, a través de nuestra investigación y recomendaciones basadas en lo estudiado.

Piura, 18 de Setiembre de 2024

## Índice

<b>PORTADA</b> .....	<b>I</b>
<b>PÁGINA DE RESPETO</b> .....	<b>II</b>
<b>CONTRACARÁTULA</b> .....	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>VI</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>VII</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>X</b>
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>XI</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>20</b>
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	20
1.1.1. Realidad problemática .....	20
1.1.2. Planteamiento del problema .....	21
1.2. OBJETIVOS .....	22
1.2.1. Objetivo General:.....	22
1.2.2. Objetivo específico: .....	22
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	22
1.3.1. Justificación técnica.....	22
1.3.2. Justificación social .....	22
1.3.3. Justificación económica.....	23
<b>II. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	<b>23</b>
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	21
2.1.1. Antecedentes Locales .....	23
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	24
2.1.3. Antecedentes Internacionales .....	25
2.2. MARCO TEÓRICO.....	27
2.2.1. Residuos de Construcción y Demolición (RCD) .....	27
2.2.2. El sector de la construcción y sus problemas ambientales.....	29
2.2.3. Influencia del árido natural en las propiedades del concreto ....	30

2.2.3.1. Trabajabilidad .....	30
2.2.3.2. Consistencia .....	31
2.2.3.3. Segregación.....	32
2.2.3.4. Exudación .....	32
2.2.3.5. Tiempo de fraguado.....	33
2.2.3.6. Temperatura de concreto.....	33
2.2.3.7. Abrasión.....	33
2.2.3.8. Resistencia .....	33
2.2.3.9. Módulo de elasticidad .....	35
2.2.4. Influencia del árido reciclado en las propiedades del concreto.	35
2.2.4.1. Características del árido reciclado .....	35
2.2.5. Clasificación según la composición de los agregados reciclados	36
2.2.6. Propiedades físico – mecánicas del concreto reciclado .....	37
2.2.7. Durabilidad del concreto reciclado.....	38
2.2.8. Proceso para obtener el agregado grueso a partir de los RCD	39
2.2.8.1. Limpieza preliminar y acortamiento de tamaño.....	40
2.2.8.2. Triturado primario.....	40
2.2.8.3. Separación Manual y magnética de fragmentos ferrosos ...	41
2.2.8.4. Selección de impurezas ligeras .....	41
2.2.8.5. Trituración secundaria .....	42
2.2.9. Beneficios de reciclar el concreto .....	42
2.2.10. Empresas en Perú con el fin de reciclar en la construcción.....	43
2.2.11. Ejecución en obra .....	43
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	44
2.3.1. Materiales Constituyentes .....	44
2.3.2. Proporciones de Mezcla .....	45
2.3.3. Método de Diseño.....	45
2.3.4. Pruebas y Evaluación .....	46
2.3.5. Documentación y Control de Calidad .....	46
2.3.6. Consideraciones ambientales y económicas .....	46
2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS.....	47
2.4.1. Variables.....	47
2.4.1.1. Variables independientes.....	47
2.4.1.2. Variable dependiente .....	47

<b>III. METODOLOGÍA EMPLEADA .....</b>	<b>49</b>
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	49
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRAS DE ESTUDIO .....	49
3.2.1. Población .....	49
3.2.2. Muestra .....	49
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	49
3.3.1. Diseño de Contrastación .....	49
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....	50
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	50
<b>IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
4.1. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN .....	51
4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	51
4.2.1. Descripción del Proyecto .....	51
4.2.2. Calidad de Materiales .....	55
4.2.2.1. Cemento Mochica tipo MS .....	56
4.2.2.2. Agregado grueso natural .....	58
4.2.2.2.1. Análisis mecánico por tamizado de agregados (NTP 400.012/ ASTM D – 422) .....	59
4.2.2.2.2. Peso unitario y vacíos del agregado grueso (NTP 400.017) .....	62
4.2.2.2.3. Ensayo de Contenido de Humedad Evaporable en agregado grueso por secado (NTP 339.185 / ASTM C - 566) .....	65
4.2.2.2.4. Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso (NTP 400.021) .....	66
4.2.2.2.5. Ensayo de Resistencia a la Abrasión de los Ángeles (NTP 400.019) .....	69
4.2.2.3. Agregado Fino .....	72
4.2.2.3.1. Análisis mecánico por tamizado de agregados (NTP 400.012/ ASTM D – 422) .....	72
4.2.2.3.2. Peso unitario y vacíos del agregado fino (NTP 400.017) .....	74
4.2.2.3.3. Ensayo de Contenido de Humedad Evaporable en agregado fino por secado (NTP 339.185 / ASTM C - 566) .....	77

4.2.2.3.4. Ensayo de Gravedad Especifica y Absorción del agregado fino (NTP 400.022).....	76
4.2.2.4. Agregado reciclado de concreto .....	78
4.2.2.4.1. Criterio de selección del agregado de concreto reciclado .....	79
4.2.2.4.2. Proceso de trituración y tamizado del agregado de concreto reciclado.....	79
4.2.2.4.3. Análisis mecánico por tamizado de agregados (NTP 400.012/ ASTM D – 422) .....	80
4.2.2.4.4. Peso unitario y vacíos del agregado grueso reciclado (NTP 400.017) .....	81
4.2.2.4.5. Ensayo de Contenido de Humedad Evaporable en agregado grueso reciclado por secado (NTP 339.185 / ASTM C - 566).....	83
4.2.2.4.6. Ensayo de Gravedad Especifica y Absorción del agregado grueso reciclado (NTP 400.021) .....	84
4.2.2.4.7. Ensayo de Resistencia a la Abrasión de los Ángeles (NTP 400.019) .....	85
4.2.3. Diseño de Mezcla Según ACI 211 .....	86
4.2.3.1. Propiedades Mecánicas y Físicas de Diseño .....	87
4.2.3.2. Diseño de concreto convencional .....	90
4.2.3.3. Diseño de concreto con porcentajes de reemplazo .....	90
4.2.4. Preparación de las muestras .....	91
4.2.5. Propiedad del concreto en estado fresco .....	93
4.2.5.1. Trabajabilidad .....	93
4.2.6. Propiedad del concreto en estado endurecido .....	95
4.2.6.1. Resistencia a la compresión .....	95
4.3. DOCIMASIA DE HIPÓTESIS .....	97
<b>V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>98</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>102</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>106</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1.	Elementos principales en residuos de construcción y demolición .....	28
Tabla 2.	Clasificación de áridos reciclados de acuerdo a su composición .....	37
Tabla 3.	Cuadro de Operalización de variables .....	48
Tabla 4.	Ensayo químico de sulfatos.....	56
Tabla 5.	Categorías y clases de exposición .....	56
Tabla 6.	Requerimientos del hormigón por clase de exposición .....	57
Tabla 7.	Propiedades físicas del cemento Tipo MS Mochica. ....	58
Tabla 8.	Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global .....	60
Tabla 9.	Análisis granulométrico del agregado grueso natural.....	61
Tabla 10.	Peso Unitario Suelto del agregado grueso natural .....	63
Tabla 11.	Peso Unitario Compactado del agregado grueso natural.....	64
Tabla 12.	Tamaño de la muestra del agregado.....	65
Tabla 13.	Contenido de Humedad de agregado grueso natural.....	66
Tabla 14.	Cantidad mínima de muestra de agregado grueso .....	67
Tabla 15.	Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso natural.....	68
Tabla 16.	Cantidad de esferas de acero .....	69
Tabla 17.	Gradación de las muestras de ensayo .....	70
Tabla 18.	Resistencia a la Abrasión de los Ángeles de agregado grueso natural...	71
Tabla 19.	Análisis Granulométrico del agregado fino. ....	73
Tabla 20.	Peso Unitario Suelto del agregado fino .....	74
Tabla 21.	Peso Unitario Compactado del agregado fino.....	74
Tabla 22.	Contenido de Humedad del agregado fino.....	75
Tabla 23.	Gravedad Específica y Absorción del agregado fino.....	77
Tabla 24.	Análisis Granulométrico del agregado grueso reciclado .....	80
Tabla 25.	Peso Unitario Suelto del agregado grueso reciclado.....	82
Tabla 26.	Peso Unitario Compactado del agregado grueso reciclado .....	82
Tabla 27.	Contenido de Humedad del agregado grueso reciclado .....	83
Tabla 28.	Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso reciclado .....	84
Tabla 29.	Resistencia a la Abrasión de los Ángeles del agregado grueso reciclado.....	85
Tabla 30.	Relaciones agua cemento y resistencia a la compresión del concreto. ..	86



Tabla 31. Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción .....	87
Tabla 32. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados .....	88
Tabla 33. Contenido de aire atrapado .....	89
Tabla 34. Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	89
Tabla 35. Diseño de mezcla convencional en peso, en kg/m <sup>3</sup> .....	90
Tabla 36. Diseño de mezcla con diferentes porcentajes de reemplazo en peso, en kg/m <sup>3</sup> .....	91
Tabla 37. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los 5 diseños.	95

### Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de la Cantera Sojo con respecto a Piura .....	52
Figura 2. Ubicación de la cantera Cerro Mocho con respecto a Sullana.....	52
Figura 3. Ubicación de relleno ilegal en Km 1.20 .....	53
Figura 4. Ubicación de laboratorio Quality Pavements.....	54
Figura 5. Ubicación de laboratorio de la Universidad de Piura.....	54
Figura 6. Ubicación de laboratorio de la Universidad Privada Antenor Orrego - Piura .....	55
Figura 7. Agregado grueso natural utilizado en la investigación .....	59
Figura 8. Curva granulométrica del agregado grueso natural de la cantera de Sojo .....	61
Figura 9. Agregado fino utilizado en la investigación .....	72
Figura 10. Curva granulométrica del agregado fino de la cantera de Cerro Mocho.	73
Figura 11. Probetas acumuladas después de ser ensayadas.....	78
Figura 12. Curva Granulométrica de agregado grueso reciclado.....	81
Figura 13. Saturación de AGR en baldes herméticos 24 horas antes del mezclado .....	92
Figura 14. Características de Cono de Abrams .....	93
Figura 15. Resultados del asentamiento para los 5 diseños de mezcla.....	94
Figura 16. Resultados del asentamiento para los 5 diseños de mezcla.....	96
Figura 17. Viviendas “UPIS Villa La Luna del norte” .....	147
Figura 18. Vivienda ubicada en Villa La Luna del Norte.....	147

Figura 19. Muestra para Determinación de Sulfatos Solubles en Suelos y Agua Subterránea. ....	148
Figura 20. Recolección de probetas recicladas en relleno ilegal.....	148
Figura 21. Granulometría de agregado fino de Cantera Cerro Mocho en laboratorio Quality Paviments.....	148
Figura 22. Granulometría de agregado grueso de Cantera Chulucanas en laboratorio Quality Paviments.....	149
Figura 23. Granulometría de agregado fino de Cantera Chulucanas en laboratorio Quality Paviments.....	149
Figura 24. Granulometría de agregado grueso de Cantera Sojo en laboratorio Quality Paviments. ....	150
Figura 25. Trituración de probetas en laboratorio de UDEP.....	150
Figura 26. Ensayo de Granulometría de agregado grueso reciclado en laboratorio de UPAO.....	150
Figura 27. Ensayo de Granulometría de agregado grueso en laboratorio de UPAO. ....	151
Figura 28. Ensayo de Granulometría de agregado fino en laboratorio de UPAO..	151
Figura 29. Ensayo de contenido de humedad de agregado fino en laboratorio de UPAO. ....	151
Figura 30. Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso en laboratorio de UPAO. ....	152
Figura 31. Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso reciclado en laboratorio de UPAO.....	152
Figura 32. Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso en laboratorio de UPAO. ....	152
Figura 33. Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso reciclado en laboratorio de UPAO.....	153
Figura 34. Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado fino en laboratorio de UPAO. ....	153
Figura 35. Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino en laboratorio de UPAO. ....	154
Figura 36. Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso natural en laboratorio de UPAO. ....	154

Figura 37. Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso reciclado en laboratorio de UPAO.....	155
Figura 38. Ensayo de abrasión de los Ángeles de agregado grueso natural en laboratorio de UPAO. ....	155
Figura 39. Ensayo de abrasión de los Ángeles de agregado grueso reciclado en laboratorio de UPAO.....	155
Figura 40. Limpieza y engrasado de probetas.....	156
Figura 41. Pesado de materiales para mezcla.....	156
Figura 42. Elaboración de mezcla de concreto.....	156
Figura 43. Ensayo de Trabajabilidad.....	156
Figura 44. Medición del slump. ....	157
Figura 45. Curado de probetas. ....	157
Figura 46. Rotura de probetas en prensa hidráulica .....	157

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1.1. Realidad problemática**

En el tiempo previo a la emergencia mundial ocasionada por el Covid-19, el rubro de las construcciones en la Provincia de Piura se recuperó de un declive constante ocasionado en el transcurso de la crisis financiera mundial, junto con un notable crecimiento de la población. Sin embargo, este avance sostenido se debe al continuo crecimiento en el uso de recursos como es el cemento, y también en gran medida, la explotación de canteras vírgenes para obtener áridos gruesos y finos, a fin de cubrir las necesidades de este sector como es el caso de la construcción y desarrollo de infraestructura de transporte; lo que conduce a una mayor producción de desechos alrededor de los vertederos y esto afecta la salud de la población circundante e incluso ocasiona agotamiento temprano de recursos.

En Piura, los agregados de un concreto que han sido previamente usado en otra obra del sector construcción no reciben suficiente atención por parte de las autoridades reguladoras y de la construcción. Debido a esto, los desechos se eliminan en vertederos ilegales sin pruebas previas de toxicidad o reciclabilidad.

Si bien en el Perú se tiene un programa de Control de los Desechos Sólidos desde 2005, aprobado por el Decreto No. 004-2005-CONAM / CD del Consejo Ejecutivo; lo que incluye, entre otros objetivos, promover la adopción de prácticas de consumo sustentable, minimizar la producción de desechos sólidos y maximizar la reutilización, el reciclaje amigable con el medio ambiente, resolver carencias existentes, así como la falta de "infraestructura adecuada" para tratar los desafíos sociales, económicos y ambientales frente a las ciudades del país. De hecho, solo hay 12 rellenos sanitarios oficiales para más de 1.800 provincias en todo el Perú, como tenemos al "Relleno de seguridad de Are Yaku Pacha S.A.C." ubicado en la Provincia de Piura. Es por eso que al contar con pocas opciones de disposición final; favorece el surgimiento y uso indiscriminado de vertederos externos sin ningún tipo de control, que se ubican mayoritariamente en las franjas urbanas, cerca del río o de la costa.

Es por tal que en la presente tesis se propone destinar estos agregados reciclados para diseñar un concreto  $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ , en el uso de la construcción de un piso de concreto con este material, aprovechando que el correcto proceso de

reutilización de estos agregados reciclados brindan una alternativa a la construcción de nuevas estructuras y así poder ayudar a transformar las vidas de los que residen en situaciones precarias las cuales no cuentan con un piso de concreto, ocasionando enfermedades, ya que al estar en contacto directo con la tierra pueden contraer algún tipo de enfermedad, llegando hasta afectar a los niños que son los más propensos a enfermarse, puesto que juegan libremente en este ambiente, tomando como referencia uno de los sectores humildes “UPIS Villa La Luna del norte”.(Ver Anexos – Figura 19)

### **1.1.2. Planteamiento del problema**

Piura en los últimos años ha ido expandiéndose notablemente, con ello, la construcción de diferentes estructuras. Asimismo, la demolición y renovación de edificaciones antiguas ha provocado una considerable producción de residuos de construcción y demolición (RCD).

En cuanto al reciclaje específico de residuos de concreto, se pueden obtener agregados de concreto reciclado (AGR), como son las probetas de concreto que se requieren en toda obra para la elaboración de los distintos análisis, y estos al culminar los ensayos se vuelven escombros en los laboratorios.

Estos desechos a través de los años se han convertido en un tema de consideración, pues el concreto que se desecha debido a la gran cantidad de probetas ensayadas asciende a miles de unidades por año. La gestión final de este desecho es, simplemente, botarlas en algún lugar de acopio de desechos que muchas veces son botaderos ilegales y no tienen un control adecuado de estos ya que las normas disponibles son bastante escasas, generando así un impacto negativo no solo al medio ambiente sino también a la salud de los habitantes aledaños.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General:**

- Determinar el diseño de un concreto  $F'C=140 \text{ Kg/cm}^2$  a partir de probetas ensayadas recicladas para la construcción de un piso de concreto en viviendas socioeconómicas.

### **1.2.2. Objetivo específico:**

- Establecer las propiedades mecánicas y físicas del agregado grueso provenientes de probetas recicladas de concreto a través de ensayos de peso específico, contenido de humedad, granulometría, peso unitario, abrasión y absorción.
- Reemplazar en porcentajes de 25%, 30%, 40% y 50% el agregado grueso natural por el agregado grueso reciclado proveniente de probetas ensayadas.
- Evaluar la resistencia a la compresión de los diseños de mezcla con diferente % de reemplazo a los 7, 14 y 28 días.

## **1.3. Justificación del estudio**

El presente proyecto de investigación se justifica por:

### **1.3.1. Justificación técnica**

La presente investigación utilizará especímenes de concreto reciclado del cual se obtendrá agregado grueso para diseñar un concreto con una resistencia a la compresión de  $F'c 140 \text{ kg/cm}^2$ . Se analizará su comportamiento de la resistencia a las 7, 14 y 28 días con la adición de diferentes porcentajes de reemplazo (0%, 25%, 30%, 40% y 50%). Una vez que se haya verificado la veracidad de los resultados, estos servirán como un referente para futuras investigaciones que buscan técnicas alternativas de diseño.

### **1.3.2. Justificación social**

La eliminación de estructuras y residuos de laboratorios e industrias de materiales de construcción genera un importante impacto ambiental. Estos residuos, en su mayoría inertes, ocupan espacio, generan polvo y ruido y degradan el paisaje cuando se eliminan de forma inadecuada. Por ende, este proyecto de investigación tiene como finalidad hallar una nueva finalidad para estos residuos,

en este caso; los agregados gruesos de concreto reciclado (AGR), para añadirles valor, y así poder contribuir a preservar el medio ambiente paralelamente satisfacemos las demandas de crecimiento del país.

### **1.3.3. Justificación económica**

En la presente investigación se analiza la oportunidad de obtener agregado grueso a partir de probetas recicladas, las cuales son elementos que son arrojados en botaderos, es así que surge la idea de utilizar este material para el diseño de un concreto f'c 140 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo beneficios semejantes a la de un concreto convencional con el objetivo de emplearlo en la construcción de pisos de concreto en viviendas clasificadas como extrema pobreza, limitándonos en el Asentamiento Villa Perú Canadá, los cuales podrán acceder al material en menor costo y a la vez reforzando la conciencia social ecológica.

## **II. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Antecedentes del estudio**

#### **2.1.1. Antecedentes Locales**

- (San Martín, 2019), en su tesis nombrada “Uso de probetas ensayadas del LEMC como agregado grueso reciclado en mezclas nuevos de concreto” realizada en la Universidad de Piura, con el objetivo del estudio pretende evaluar las propiedades del hormigón fresco y endurecido mediante la sustitución del árido grueso natural por árido de hormigón reciclado triturado, dado esto concluye lo siguiente; Al evaluar la absorción del hormigón endurecido a los 35 días luego de se haya procedido la sustitución de los áridos gruesos naturales al 30%, 50%, 70% y 100% para cada relación a/c (0,45 y 0,65). que el agregado grueso de concreto reciclado presenta propiedades menos óptimas en comparación con los agregados naturales, incluyendo su capacidad de absorción, densidad y resistencia a la abrasión de Los Ángeles. No obstante, el uso de áridos reciclados de buena calidad, como los residuos de hormigón prefabricado, puede dar lugar a un hormigón con propiedades mecánicas similares o mejores que las de los áridos convencionales.

Esta tesis nos ayuda a identificar que tanto afecta al hormigón convencional reemplazar estos porcentajes de árido grueso reciclado por el natural y también como lograr que las propiedades del hormigón reciclado se asemejen al de uno convencional.

- (Samaniego, 2018), desarrolló una investigación titulada “Uso del concreto simple como agregado grueso para el diseño de los elementos de concreto simple de un parque recreativo en la Urbanización San José del distrito Veintiséis de Octubre-Piura-Piura”, elaborada en la Universidad Cesar Vallejo, cuyo objetivo principal es utilizar concreto simple como agregado grueso en el diseño de los elementos de concreto simple en un parque recreativo. Donde concluye que el hormigón fabricado con RCD cumple y supera los requisitos de diseño, sin embargo, necesita mucha agua para alcanzar la consistencia adecuada, lo que supone un inconveniente. Es importante esta tesis para nuestro proyecto ya que nos ayuda a identificar la importancia de la cantidad de agua en el cálculo y así que no se presente una alta fluidez. Ya que, si queremos que el proyecto siga siendo viable, la relación agua/cemento no debe modificarse significativamente, porque eso implicaría utilizar más cemento y aumentaría el coste del proyecto.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

- (Capuñay, 2019), en su trabajo denominado “Modelo para la gestión de residuos sólidos generados en el laboratorio de materiales-FICSA-UNPRG” realizado en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo del Perú. Cuyo objetivo general es proponer una solución viable para la gestionar y manejar los residuos sólidos producidos por las actividades realizadas en la Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y Arquitectura de la UNPRG, llegando a concluir del estudio realizado en el laboratorio de materiales de FICSA-UNPRG en el que se analizaron los residuos sólidos generados durante las pruebas de resistencia del hormigón. Se encontró que las regulaciones para los residuos de construcción y demolición (RCD) en Perú son



relativamente nuevas en comparación de grandes residuos que se deja en este sector, y, por lo tanto, es importante entender la dinámica de la generación de RCD. El aporte de este trabajo es muy importante, ya que nos indica como en el Perú se está considerando esta alternativa para sus proyectos, a su vez también conocer las leyes y reglamentos establecidas para promover su gestión ambiental eficaz.

- (Rodrich y Silva, 2018), en su tesis “Influencia del agregado de concreto reciclado sobre las propiedades mecánicas en un concreto convencional” realizada en la Universidad Privada Del Norte. Cuyo objetivo general es estudiar cómo afecta el uso de áridos de hormigón reciclado a la resistencia y durabilidad del hormigón normal. Llegando a concluir que el reciclado de hormigón puede contribuir a la construcción sostenible y reducir el impacto ambiental, al tiempo que crea nuevas oportunidades de negocio. Para este estudio se utilizó hormigón reciclado procedente de una vereda demolida en la ciudad de Trujillo como sustituto de los áridos gruesos en el hormigón convencional, considerando cantidades de 15%, 30%, 45% y 60% con respecto al peso del agregado grueso, al igual que la variación de la relación agua/cemento (0.55, 0.65 y 0.70); Todo esto basándose en la norma ACI 211. Esta tesis nos brinda una información confiable para poder comprobar si nuestro proyecto será viable al reemplazar una cierta cantidad del árido convencional.

### **2.1.3. Antecedentes Internacionales**

- (Hernández Ramírez & Valera Vargas, 2020), con su tesis titulada “Propuesta para la reutilización de residuos y escombros provenientes de los laboratorios de concreto en Villavicencio”, tiene como objetivo abordar los daños medioambientales y reducir los costos al reutilizar los residuos y escombros provenientes de los laboratorios de concreto. Esta investigación llegó a la conclusión de que la adición de estos materiales residuales mejoraba la resistencia de las probetas de concreto con un porcentaje de implementación de 50% y un 1% de fibras de acero en comparación, si se hace la implementación del

100% y un 1% de fibras de acero. Cabe aclarar que ambas mezclas las compraron con una mezcla tradicional a los 28 días de edad. Esta tesis nos brinda un precedente confiable para nuestra investigación, ya que corroboramos que la reutilización de las probetas de los laboratorios es una buena opción.

- (Al Adday, Awad et al., 2019), presentaron su tesis titulada “Propiedades frescas y endurecidas del agregado de concreto reciclado modificado por polvo de hierro y sílice”, cuyo objetivo general es analizar el comportamiento del concreto tanto en estado fresco como endurecido al reemplazar el agregado grueso natural con agregado de concreto reciclado en diferentes porcentajes (0%, 15%, 30%, 45% y 60%), evaluando la resistencia de cada diseño después de pasar 7, 14 y 28 días. concluyendo que las diferentes mezclas aumentaban en sus propiedades con la ayuda significativa de un aditivo como el superplastificante (0% y 2.5%) mejorando así su trabajabilidad, pero esta puede disminuir si se aumenta el porcentaje de agregado grueso reciclado. El aporte de esta investigación es muy importante ya que nos brinda información verídica del comportamiento del concreto al utilizar agregado de concreto reciclado.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Residuos de Construcción y Demolición (RCD)**

Estos se definen específicamente como "desechos resultantes de actividades de construcción, renovación y demolición, incluidas excavaciones o movimientos de tierra, construcción civil, bienes raíces, limpieza del sitio, demolición, obras viales y renovación de edificios" (Shen et al., 2004). Esta cadena de actividades vinculadas ha generado un impacto ambiental más grave debido al creciente volumen de desechos generados y porque la escasez de su tratamiento sigue siendo muy compleja para algunos países.

Cuchí y Sagrera, en el entorno de España, sintetiza los impactos ambientales de alta incidencia para los RCD en cuatro pilares:

(1) Descarga incontrolada en áreas de valor ecológico como bosques o reservas acuíferas.

(2) La descarga incontrolada y gestionada de manera inadecuada de desechos en las instalaciones conduce a la deposición de lixiviados, la contaminación del suelo y el nivel del agua subterránea.

(3) Debido al traslado en basureros, se usa energía y genera la dispersión de dióxido de carbono.

(4) Explotación y producción de nuevos elementos básicos. Por consiguiente, el grado de reciclaje de residuos de las edificaciones es bajo (2007).

Por tanto, para mejorar en el aspecto del problema ambiental generado por el campo de la industria y mejorar su gestión de residuos; deben buscar nuevas técnicas de reutilización. Para ello, se tendrá que distinguir los orígenes de donde se generan de los RCD según sus elementos principales (Tabla 1), este es un punto importante debido a las irregularidades de la actividad, cantidades totales producidas, integrantes, sistemas de gestión, etc. (Mañá et al., 2000a).

**Tabla 1**

*Elementos principales en residuos de construcción y demolición*

<b>RESIDUOS PROVENIENTES:</b>	<b>OBEJETO</b>	<b>ELEMENTOS PRINCIPALES</b>	<b>CONSIDERACIONES</b>	
DEMOLICION        CONSTRUCCION	<b>Viviendas</b>	<b>Antiguas:</b> Marroquinería, ladrillos, madera, tejas, yeso.	Los elementos están condicionados por la antigüedad de la edificación y de la utilización del concreto en el mismo, con respecto a los de prestación.	
		<b>Recientes:</b> plásticos, tejas, hierro, hormigón, acero y metales.		
	<b>Otros edificios</b>	<b>Productos de Industrias:</b> Albañilería, ladrillo, hormigón y acero.		Los elementos están condicionados en gran medida de la antigüedad y el tipo de infraestructura que será demolido y este proceso es raro.
		<b>Prestación:</b> Hormigón, ladrillo, albañilería, hierro, madera		
	<b>Obras Públicas</b>	<b>Albañilería,</b> hormigón, armado, hierro, acero.		Los elementos están condicionados en gran medida de la antigüedad y el tipo de infraestructura que será demolido y este proceso es raro.
	<b>Construcción de edificios y obras públicas</b>	Hormigón, hierro, acero, ladrillos, bloques, tejas, Materiales cerámicos, plásticos, materiales no féreos		A menudo se reutilizan en gran cantidad.
	<b>Reparación y mantenimiento</b>	Elementos bituminosos, suelo, hormigón, roca.		Provenientes fundamentalmente por residuos, elementos desechados, calidad insuficiente y roturas por manipulación inadecuada.
	<b>Reconstrucción y Rehabilitación</b>	Casas: Ladrillo, maderas, tejas, cal, yeso, materiales, cerámicos, pavimentos. Otros: Madera, acero, ladrillo, albañilería, yeso, hormigón, cal.		Genera un mínimo de desechos con respecto a la edificación.

**Fuente:** “Gestión de RCD y su repercusión en el desarrollo sostenible”, adaptación de L.M. Aneiros, 2008, pp. 48 – 60

De este modo, se reafirma la necesidad latente de una adecuada gestión de los RCD. Todo ello dará lugar al correcto reaprovechamiento de estos.

### **2.2.2. El sector de la construcción y sus problemas ambientales**

El ámbito de la construcción es un sector con actividades económicas que generan más problemas medioambientales. El Worldwatch Institute estima que el sector de la construcción es responsable de consumir el 25% de la madera virgen, el 40% de la energía global, 40% de la arena y la piedra, y el 16% del agua.

Valdivia (2009) presenta los siguientes impactos, distinguiéndolos según la etapa del plan en que se crean, teniendo así la etapa de extracción de material y la etapa de construcción. A esto podemos adicionar dos conjuntos de impactos, uno el que se genera en el transcurso de la ocupación de la edificación y el otro el que se realiza en el transcurso del derribo de la edificación.

Indica que los impactos ambientales que se producen en el transcurso de la etapa de construcción son los siguientes:

- El combustible utilizado para producir electricidad.
- Utilización de agua.
- Arena y rocas.
- Fragmentos de pétreos inorgánicos.
- Gestión de los desechos y materiales peligrosos.
- Gestión de desechos seguros.
- Elementos para colocación final (desechos seguros, desechos nocivos y elementos inertes).
- Dispersión de gases a la atmósfera.
- Olores y Polvo.
- Contaminación auditiva.
- Vibraciones.
- Acarreo.

A un grado mundial, los elementos empleados en la edificación causan los siguientes impactos importantes en el entorno:

- Uso de energía.
- Generación de escombros.
- Impacto sobre el efecto invernadero.

- Impacto en la capa que filtra la radiación ultravioleta.

### **2.2.3. Influencia del árido natural en las propiedades del concreto**

Los agregados Naturales son un material crítico para definir el comportamiento del concreto, ya que una óptima selección y empleo de estos en correctas proporciones puede dar un concreto adecuado, caso contrario nos encontraríamos con un concreto pobre. Además, actúa como un material de relleno económico. Refiriéndonos a las propiedades del concreto veremos algunas de ellas en las que influyen los agregados.

#### **2.2.3.1. Trabajabilidad**

La trabajabilidad se refiere a la capacidad de manejo de la mezcla de concreto para ser transportado y colocado con un mínimo y máximo de homogeneidad; es decir el concreto debe estar lo suficiente trabajable para que al momento de vaciar este llene completamente los espacios vacíos en la estructura, evitando la separación de los ingredientes; presencia de aire atrapado o bolsas de agua en el concreto.

- **Acción del agregado fino**

Con respecto al agregado fino se sabe que este actúa como un lubricante para el agregado grueso, ya que lo ayuda a que se distribuya de forma uniforme en la mezcla.

Para saber el porcentaje adecuado de agregado fino nos debemos apoyar en el ensayo de granulometría, siendo adecuado que no menos del 10% y, preferentemente, no menos del 15% de la fracción que pase el Tamiz N° 50. También se sugiere que el porcentaje acumulativo que pasa el Tamiz N° 100 esté entre el 2% - 10% y así nos resulte un contenido de agua bajo, pero con una trabajabilidad óptima.

Para complementar esto, recurrimos a la Norma ASTM C 33 en la que nos dice que dos tamices consecutivos (N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100) no retenga más de 45%. Además, el módulo de fineza esté en el rango de 2.3 y 3.1.

- **Acción del agregado grueso**

El agregado grueso debe estar distribuido uniformemente en tal sentido que se puedan desplazarse con facilidad durante las etapas de mezcla y aplicación.

Las variaciones en la angulosidad del agregado influyen sobre la trabajabilidad, es así que mientras más anguloso es el agregado menos trabajable es y mientras más redondeados sean más trabajables son.

Al utilizar agregados con forma alargada y chata con una mayor área superficial, nos obliga a emplear mayor cantidad de agregado fino en los diseños de mezcla, por ende, utilizar mayor cantidad de cemento y agua. Cabe señalar, que si estas partículas se encuentran en un porcentaje moderado no mayor del 5% no tendrán un impacto significativo en la trabajabilidad.

Por otro lado, existe una relación entre la capacidad de absorción del agregado y su trabajabilidad, es decir mientras más poroso es este; más contenido de agua absorberá y aumentará su consistencia disminuyendo su trabajabilidad.

### **2.2.3.2. Consistencia**

La consistencia es una propiedad que determina la humedad que se presenta en la mezcla tomando como referencia su grado de fluidez; Por lo cual se puede definir como que cuanto más húmeda esté la mezcla, más fácilmente fluirá el cemento en el proceso de la colocación.

- **Importancia del agregado**

En una mezcla, el uso de áridos de perfil esférico es propenso a reducir la consistencia. Asimismo, el uso de árido grueso con una textura superficial suave da como resultado mezclas menos consistentes.

Las partículas cubiertas de polvo o con impurezas en su superficie incrementan la consistencia de la mezcla, ya que necesitan más agua para su correcta hidratación.

Al adicionar los áridos secos o muy porosos estos pueden incrementar la consistencia, haciendo la mezcla más seca, ocasionado por la disminución de agua disponible.

#### **2.2.3.3. Segregación**

Esta propiedad se define como la separación mecánica de cada uno de los elementos que constituyen la mezcla de hormigón fresco, esto va surgiendo a medida que el agregado grueso tiende a separarse del mortero.

El uso del agregado grueso es una de las primeras causas de esta segregación, comparado con el uso del agregado fino, dado que su gravedad específica es distinta, entre otras sería que el grueso puede que tenga dimensiones mayores a las requeridas a las dimensiones del elemento estructural.

#### **2.2.3.4. Exudación**

Esta propiedad se define como el ascenso de una parte de la cantidad agua antes ingresada en la mezcla, esto como consecuencia de la sedimentación de sólidos.

Esta exudación se ve reflejado un poco después de finalizar el proceso de vaciado del concreto en los encofrados, llegando a obtener su máxima exudación durante el punto en el que ya se empieza el proceso de fraguado.

El agregado fino forma parte importante, dado que su perfil angular y granulometría son unos de los principales factores que influye en la exudación, entre otras características como puede ser materiales y adiciones.

Una de las formas de controlar la exudación cuando es excesiva, es verificando que se utilice arenas muy finas y combinándolas adecuadas correctamente con arenas gruesas, esto con la intención de lograr aumentar la superficie específica y disminuir el volumen de exudación.



#### **2.2.3.5. Tiempo de fraguado**

Los agregados a usar es uno de los factores que pueden afectar este tiempo, tomando como referencia a los agregados finos o con alta absorción de agua, ya que estos pueden influir en la tasa de hidratación y en el tiempo de fraguado. También existen aditivos que pueden acelerar el tiempo de fraguado.

#### **2.2.3.6. Temperatura de concreto**

En esta propiedad influye la temperatura y el calor específico de los materiales que constituyen la mezcla.

La ACI 306R, recomienda que para casos en que el clima es frío se debe calentar el agregado con el fin de lograr que la mezcla tenga la temperatura adecuada.

La ACI 306R, recomienda que para casos en que el clima es cálido se debe rociar el agregado o ser inmerso en agua, logrando que este enfríe y pueda usarse en la mezcla.

#### **2.2.3.7. Abrasión**

En esta propiedad se define como la resistencia que tiene el concreto al desgaste, en lo cual influye la calidad de la mezcla y agregado los cuales están expuestos a la superficie recibiendo esfuerzos abrasivos.

Para poder determinar la resistencia a la abrasión existe la norma ASTM C131, el cual se usar como ensayo de calidad, que generalmente es conocida como norma para El Ensayo de Los Ángeles, donde se aplica impactos que logran romper agregados duros y frágiles.

#### **2.2.3.8. Resistencia**

La resistencia es el esfuerzo máximo que el concreto puede soportar sin romperse. La resistencia en compresión se emplea como medidor de la calidad del hormigón.

- **Influencia de la dureza del agregado**

Esta dureza depende mucho de los elementos que lo constituyen, ya que eso influirá en su resistencia al desgaste por abrasión o erosión.

Clasificando como partículas blandas, a las partículas que fallan al ser sometidas a procesos de abrasión o desgaste.

- **Efectos del agregado grueso**

Los agregados compuestos de grava tienden a generar resistencias apropiadas en elementos sometidos a pura compresión, gracias a que estos facilitan que el agregado se coloque correctamente y favoreciendo a una menor necesidad de agua por unidad cubica del concreto, lo que tiene como consecuencia a una relación agua-cemento más baja para la misma consistencia y, por ende, una mayor resistencia a la compresión.

- **Influencia del tamaño máximo del agregado**

Investigaciones han demostrado que el tamaño de estos agregados puede tener un gran impacto en la mezcla, tal como son los siguientes:

Que para los diversos tamaños de agregados se debe considerar diferente relación entre resistencia y relación agua respectivamente.

De manera similar, la relación entre la resistencia y el tamaño máximo del agregado puede verse influenciada por las características de dicho agregado.

Según la resistencia, el tamaño máximo óptimo de los agregados variará dependiendo de su tipo de dureza, perfil, textura superficial, limpieza y composición mineral, al igual que también afectará al factor del cemento.

### **2.2.3.9. Módulo de elasticidad**

Se ha podido establecer a través de estudios que el módulo de elasticidad del concreto depende del módulo de elasticidad de sus componentes, entonces al tomar esto en cuenta para crear una mezcla específica, el impacto del módulo de elasticidad del agregado en el módulo de elasticidad del concreto es menor que el que se puede calcular a partir de las proporciones volumétricas del agregado en la mezcla de concreto.

Se debe tener en cuenta que a medida que se incrementa el módulo de elasticidad del agregado, sucede lo mismo con el módulo del concreto.

### **2.2.4. Influencia del árido reciclado en las propiedades del concreto**

Definiremos este agregado como aquel material inorgánico procedente de los residuos que se generan en una construcción y laboratorio.

Dado que el material que más abunda en la construcción es el concreto, el cual es usado por diversas estancias para múltiples aplicaciones estructurales en este sector. Por ende, es que se genera su mayor desperdicio y debe de someterse a trituración y diversos procesos para poder crear el material final denominado Agregado de Concreto Reciclado (AGR), recalcando que este material está compuesto de cemento, agua, agregados, aditivos, etc. Formando así “concreto”; siendo así este el material primario para crear este agregado (AGR).

#### **2.2.4.1. Características del árido reciclado**

La calidad de estos áridos está condicionada por varias causas, como es el nivel de la limpieza de estos áridos, o las técnicas de procesamiento utilizadas.

Para poder aplicar correctamente el árido reciclado se debe tener en cuenta las características que presenta, las cuales son las siguientes:

- ❖ Los áridos reciclados tienen presencia de una capa mortero adherido, es por esto que se diferencian de los naturales en algunos aspectos, como son el incremento de la filtración de agua, pequeña resistencia al fraccionamiento, poca dureza y poca densidad.

- ❖ El árido reciclado presenta una granulometría que depende del proceso que ha tenido para producir, por lo cual es muy importante el sistema de trituración a aplicarse.
- ❖ La textura que presentan las partículas de agregados reciclados es más porosa y rugosa que la de los agregados naturales. Dado que tiene mortero adherido.
- ❖ El agregado reciclado presenta poca densidad a comparación que del agregado convencional. Sus fracciones finas tienen menor densidad, ya que contiene una cantidad superior de mortero adherido.
- ❖ Absorben una mayor porción de agua debido a la porosidad que ofrece.
- ❖ Muestra un deterioro significativo en la máquina de los ángeles, pues en el proceso del examen se elimina por completo el mortero adherido.
- ❖ Los fragmentos con mayor grosor del agregado reciclado tienen la densidad mucho más alta en comparación con los fragmentos finos del agregado reciclado.

### **2.2.5. Clasificación según la composición de los agregados reciclados**

Los agregados reciclados se obtienen como resultados del procesado de materiales inorgánicos empleados preliminarmente en una construcción. Es decir, este proceso al que se someten los RCD obtenidos comprende el de cribado, machacado y el limpiado de las impurezas orgánicas que tenga presentes, de esto se obtiene el agregado reciclado de hormigón. Sin embargo, se debe tener en consideración que estos desechos, los cuales van a servir como materia prima de los agregados reciclados, van a tener una estructura heterogénea, ya que en ciertos casos provienen de hormigón (cemento, agua, áridos, aditivos y adiciones), albañilería, cerámicos, etc. (ACHE, 2006)

Su carencia de uniformidad es uno de los principales motivos para explicar la diferencia entre el árido reciclado y su función como material sostenible. (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Clasificación de áridos reciclados de acuerdo a su composición*

<b>ÁRIDO PROPIEDADES</b>	<b>RECICLADO DE CONCRETO</b>	<b>RECICLADO DE CERÁMICO</b>	<b>RECILADO MIXTO</b>
<b>BASE</b>	Hormigón	Cerámico	Hormigón y materiales pétreos
<b>% BASE</b>	90% mínimo	85% mínimo	50% mínimo
<b>DENSIDAD</b>	Mayor a 2.1 tn/m <sup>3</sup>	Mayor a 1.6 tn/m <sup>3</sup>	Mayor a: 2.1 tn/m <sup>3</sup> / 1.6 tn/m <sup>3</sup>
<b>USOS</b>	Estructurales	Rellenos de capas en carreteras, etc.	

**Fuente:** “Utilización de árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural”, adaptación de Asociación Científico – Técnica del Hormigón Estructural (ACHE), 1era ed., 2006.

### **2.2.6. Propiedades físico – mecánicas del concreto reciclado**

En principio, cabe señalar que el agregado reciclado en la preparación del concreto; perjudica a las propiedades mecánicas del material, y a las vinculadas con el módulo de elasticidad, contracción y fluencia. En este aspecto, también se recomienda considerar la envergadura del tamaño máximo de agregado reciclado utilizado; porque varios estudios apuntan al hecho de que las fracciones más finas son las que tienen el mayor impacto en la reducción de la calidad del hormigón.

- **Resistencia a la compresión del concreto reciclado**

En general, los expertos concuerdan con que la resistencia a la compresión reducida se manifiesta en el concreto donde el árido natural es reemplazado por árido reciclado, además la relación agua/cemento (a/c) de este y el concreto convencional son iguales. Cabe aclarar que a medida que incrementa la cantidad de porcentaje de sustitución de agregado natural con árido proveniente de reciclaje, los datos de resistencia a la compresión disminuyen. Varias indagaciones en este sector han demostrado que, por causa a la gran pérdida de propiedades mecánicas provocada por el reemplazo de

áridos finos naturales por árido fino reciclado, el uso de concreto reciclado solo debe estimar a partir del reemplazo del árido grueso.

- **Módulo de Young del concreto reciclado**

El módulo de Young es una propiedad del concreto reciclado que más se ve perjudicada. Se ha comprobado que a causa de que tiene el mortero adherido, el módulo de elasticidad o Young del concreto reciclado comparado con el de concreto elaborado completamente de agregados naturales es menor. La mayoría de los estudios elaborados concuerdan en que los reemplazos de hasta el 20% tienen poco efecto sobre el desarrollo del módulo de elasticidad.

En contraste con la sustitución del 25%, en la que el módulo se reduce en aproximadamente un 15% de lo que se debe obtener con el hormigón convencional que tiene la misma dosificación. Para las alternativas de 50% y 100%, las reducciones son de aproximadamente 20% y 40%, respectivamente. También se puede considerar que, al reemplazar por fracciones finas el módulo de elasticidad se reduce aún más, pudiendo llegar hasta el 80%.

### **2.2.7. Durabilidad del concreto reciclado**

- **Porosidad, Absorción Y Permeabilidad**

El deterioro del hormigón es causado por fenómenos o causas no mecánicas, pero principalmente porque el agua en su interior contiene sustancias nocivas para el hormigón disuelto en ella. El agua en el hormigón se traslada a través de los poros y grietas en las que depende de la naturaleza, el tamaño y la distribución.

Con la utilización de agregados reciclados en la producción de concreto, la porosidad, absorbencia y permeabilidad aumentan. El aumento se vuelve más pronunciado con el incremento del porcentaje de sustitución. El valor de estos incrementos oscila entre el 15% y el 70%. Cuando también se reemplaza la fracción fina del agregado, los valores de porosidad y permeabilidad se duplican. Si la proporción de sustitución del árido grueso es inferior al 30%, prácticamente no hay diferencia en los valores de porosidad y absorción. La permeabilidad del hormigón reciclado, para diferentes niveles de resistencia,

alcanza valores entre dos y siete veces la del concreto de control al sustituir el 100% del árido grueso.

- **Resistencia a la helada**

En general, el comportamiento del concreto reciclado frente a la helada es peor que el del concreto convencional. Esto se debe principalmente a la mayor absorción de árido reciclado, lo que significa que en estado saturado la cantidad de agua absorbida es mayor que la del hormigón de control. Como resultado, la degradación del hormigón reciclado ante los ciclos de hielo-deshielo será mayor. Si también se reemplaza las fracciones finas del agregado, sus propiedades se deteriorarán significativamente.

Cabe señalar que cuando se utiliza árido reciclado de hormigón provenientes aditivos de aireación, se mejora su conducta cuando se expone a los ciclos de hielo- deshielo.

- **Resistencia a sulfatos**

El ataque del sulfato ocurre cuando reacciona el aluminato tricálcico hidratado en el cemento y conduce a la creación de sulfoaluminato tricálcico hidratado. Se llama etringita o sal de Candlot, este compuesto aumenta en volumen dos veces y media, entonces esta expansión hace que se formen grietas en el hormigón para facilitar el acceso al agua en la cavidad y promover la disgregación del concreto. Otro de los puntos como notar esto, es que en la superficie se genera una arcilla blanca característica.

La resistencia del hormigón reciclado que se expone al ataque de sulfatos depende principalmente del cemento utilizado en la mezcla para la creación del hormigón nuevo y del cemento que ya está adherido en el árido reciclado a usar. Si estos cementos son resistentes a los sulfatos, el comportamiento del concreto reciclado será similar al del concreto convencional.

### **2.2.8. Proceso para obtener el agregado grueso a partir de los RCD**

Los procesos por los que pasa en una planta de reciclaje se pueden abreviar según los siguientes puntos:

#### **2.2.8.1. Limpieza preliminar y acortamiento de tamaño**

Las piezas de concreto cubiertas con barras de refuerzo o malla de alambre son los escombros que principalmente conforman el sistema de reciclaje, aparte de estos; también se considera una gran porción de madera y ladrillo, así como reducidas cantidades de plástico, vidrio y yeso. En el paso de limpieza previa, se utilizan una o más excavadoras con cuchara, las cuales nos sirven para alzar pedazos grandes de piedra triturada que no sean de concreto.

En el caso de tener bloques de concreto que son demasiado grandes para ingresar al sistema de reciclaje deben disminuir en tamaño. Esto es posible en las plantas de reciclaje mediante uno o más martillos hidráulicos montados en las retroexcavadoras sin cucharones. Dado que en la mayor parte de estos sistemas actuales no admiten aquellas barras de refuerzo que tengan más de 7 cm, por ende, se debe proceder a usar un cortador de varillas.

#### **2.2.8.2. Triturado primario**

Tras las operaciones de pre-limpieza y acortamiento de tamaño, los escombros se colocan en una tolva, para luego pasar por un tamiz, estos son clasificados en dos clases: desechos que resultan del derribo de una construcción, que tienen una medida mayor de 10 cm van a requerir trituración preliminar y los desechos que resultan del derribo de una construcción, que tienen una medida menor de 10 cm no será necesario esto.

El equipamiento de alimentación empleado en las 4 plantas está compuesto por cargadores frontales. Así mismo, en el caso de las dos plantas mayores, abarca una grúa de arrastre con cucharones. Luego del equipamiento indicado sigue una tolva y un alimentador, las cuales vibran y regulan la circulación del escombro hacia el tamiz.

El último elemento del equipamiento en las 3 mayores plantas diseñadas es la placa perforada, la cual elige las barras de acero que no se encuentran adheridas en el concreto, para no tener problemas al alimentar el triturador primario de mandíbulas; el cual ayuda a reducir las rocas grandes o el mineral por medio de la compresión.



Una vez pasado el triturador de mandíbula, el escombros aún contiene pedazos de varillas. Por lo cual se utilizan equipos como los trituradores especiales para este trabajo pesado.

En el paso donde utilizamos el triturador de mandíbulas, las barras de acero son manualmente divididas del concreto y depositadas a lo largo, por medio del orificio de descarga del triturador de mandíbulas que se encuentra ubicado debajo de este. Teniendo en cuenta que en el caso la separación entre el orificio de descarga y la banda transportadora no sea lo bastante espacioso, es probable que las varillas de mayor dimensión se atasquen y obstruyan este orificio.

#### **2.2.8.3. Separación Manual y magnética de fragmentos ferrosos**

Después de separar las barras de acero de los pedazos de hormigón con ayuda de la trituradora de mandíbulas, se seleccionan de manera manual cuando estos son lo suficientemente largas o usando un separador magnético desde la parte superior y un imán magnético el cual se instala al final de una cinta transportadora larga y ancha, también se usa como una "mesa de selección".

Aquella banda transportadora tiene un dispositivo de resorte ubicado después del triturador de mandíbula. Para evitar la parada de todo el sistema en caso de avería provocada por las barras de acero, al diseñar las tres plantas superiores incluye un tanque de compensación que sirve como respaldo, para que los procesos secundarios en los que comprende la trituración secundaria, lavado y tamizado, puedan trabajar de manera independiente de los principales procesos en los que se encuentra la alimentación, trituración primaria y selección magnética. El mecanismo de tanque de compensación consiste en realizar una excavación en el suelo con su propio alimentador y una banda de transportación.

#### **2.2.8.4. Selección de impurezas ligeras**

Se trata principalmente de material como el yeso, usado de manera común en la construcción, al igual que piezas de madera y plástico.

Cualquiera de los muchos métodos utilizados en la industria de procesamiento en agregado, se pueden considerar para seleccionar estos materiales. Pero para lograr esta selección, se debe contar con un escurridor con sistema helicoidal con la función de separar y seleccionar las impurezas ligeras al mismo tiempo y drena el agregado lavado, el resultado de este drenado pasa directamente al proceso de triturado secundario.

#### **2.2.8.5. Trituración secundaria**

Luego de pasar por el proceso de escurridor con sistema helicoidal, hay un tamiz el cual hace pasar al agregado de más de 1.5 pulgadas en la trituradora de cono para reducir más su tamaño. Este último pertenece al tipo cabezal corto y funciona en un circuito cerrado.

#### **2.2.9. Beneficios de reciclar el concreto**

Reciclar concreto ofrece muchos beneficios, entre estos tenemos:

- La explotación en canteras se reduce, dado que se reemplaza los áridos naturales por los áridos reciclados. Ayudando a si en la preservación de los recursos naturales por más tiempo.
- Se puede presentar una gran demanda en áreas donde los áridos naturales no están disponibles.
- Se puede considerar como un sustituto cuando los áridos naturales son de calidad deficiente.
- Su uso es beneficioso en lugares donde se producen una gran cantidad de escombros, lo que constituye un problema en el sector ambiental.
- Ayuda al gobierno local a lidiar con la mayoría de los desechos de la construcción, lo que se refiere a sus problemas de eliminación de estos, esto aumentaría la vida útil de los vertederos.
- Si bien la energía necesaria para procesar áridos naturales y reciclar residuos de hormigón están en un mismo orden, se pueden lograr ahorros de energía significativos gracias a una reducción del

consumo en combustible, cuando se refiere al transporte de material.

- El almacenamiento y el transporte cuando se refiere a este material no causa problemas ni crean actividades específicas.
- Genera más oportunidades laborales.
- El uso de áridos reciclados puede ayudar para ahorrar dinero a los compradores de estos. Dado que, los materiales reciclados a menudo son más baratos, no necesariamente por el precio, sino porque no le generan costos al constructor para su desecho, y así mismo no tiene que comprar algún material similar para la construcción.

#### **2.2.10. Empresas en Perú con el fin de reciclar en la construcción**

En el Perú se tiene la empresa MP RECICLA SAC, la cual creó su marca CICLO con el fin de abarcar el mercado de la construcción sostenible, esto comprende desde viviendas sociales hasta proyectos certificados como LEED. Además, en agosto de 2018, la empresa firmó un convenio con el municipio de Cieneguilla. Asimismo, cabe señalar que están en el camino correcto para obtener una certificación “B”.

El crédito por la innovación de los materiales se atribuye al enfoque en la economía circular, la cual se enfoca en optimizar recursos y recuperar desechos. También nos indica que los materiales se deben reciclar al 100% cuando pasa por el final de su vida útil y así poder reutilizarlos como insumos.

Los materiales nuevos provenientes del reciclaje de materiales de construcción desechados, que obtienen son:

- Ladrillo King Kong 18 huecos
- Adoquín para pavimento vehicular y peatonal
- Áridos reciclados para reemplazo de arena natural

#### **2.2.11. Ejecución en obra**

El comportamiento que tiene el concreto estructural en el que se empleó árido de concreto reciclado está vinculado a la calidad del propio árido proveniente

de concreto reciclado y el porcentaje que se considera al reemplazarse por el agregado natural. Entonces cuando se reemplaza una parte de árido grueso por árido proveniente de concreto reciclado, el porcentaje reemplazado del agregado grueso natural es menor o semejante al 20% en peso, y considerando que su calidad es la correcta, se entiende que proviene de un concreto con las características adecuadas y que, al pasar por el proceso de reciclaje, su capacidad de absorción de agua será menor o semejante al 7% en peso, dado esto es que su comportamiento que presenta es similar al del concreto convencional. Si se presentan dichas condiciones, cuando se realicen la construcción de las obras usando concreto proveniente del árido de concreto reciclado serán semejantes a las obras que se construyan con el concreto convencional. Pero cuando el porcentaje reemplazado del árido grueso natural es mayor al 20%, genera que algunas características del concreto con agregado proveniente de concreto reciclado sean diferentes a las del concreto convencional, por lo que el proceso constructivo se debería modificar.

## **2.3. Marco Conceptual**

### **2.3.1. Materiales Constituyentes**

- **Cemento portland:** Es un polvo molido finamente, el cual está conformado por silicatos de calcio y en menor porcentaje por aluminatos de calcio.
- **Agregados:** Son llamados también áridos, estos se usan como materia prima en las construcciones para la preparación de concretos y morteros, los cuales se mezclan con aglomerantes como la cal, cemento, etc.; y el agua.

**Agregado fino:** Es la arena o piedra natural que se tritura finamente proveniente de la desintegración de la roca volcánica, por sus dimensiones pasan el tamiz 9.35mm (3/8") y se detienen en el tamiz N°200. Además, obedece los estándares determinados en la norma técnica peruana (NTP.400.037)

**Agregado grueso:** Este material es originado por la descomposición de la roca volcánica, por sus dimensiones pasan el tamiz 4.75mm (N°4). Además, cumple con los estándares

determinados en la normativa. Dicho agregado puede ser grava o piedra chancada.

**Piedra chancada:** Este material es obtenido de manera artificial, triturado por maquinarias pesadas, dicho material debe estar limpio, es de consistencia dura y resistente. Este se encuentra en tamaños de 1", 3/4" y 1/2" y se escogen de acuerdo al tipo de estructura en el que se va a usar.

- **Agua:** Es aquel que al reaccionar con el cemento forma una pasta que amalgama a los agregados.
- **Aditivos:** Son aquellos que modifican las propiedades del concreto fresco o endurecido; como los retardantes, plastificantes, acelerantes, entre otros.

### 2.3.2. Proporciones de Mezcla

- **La relación agua-cemento (a/c)** es crucial para garantizar que el concreto tenga una resistencia y durabilidad óptima.
- **La relación agregado-cemento (a/c)** asimismo es importante para la resistencia y economía.
- **La dosificación de Aditivos** influye en las propiedades del concreto como su trabajabilidad y el tiempo de fraguado.

### 2.3.3. Método de Diseño

- **Método de Módulo de fineza:** Este es un coeficiente empírico derivado de la suma, dividida por 100, del porcentaje acumulado restante de los siguientes tamices No. 100, No. 50, No. 30, No. 16, No. 8, No. 4, No. 3 / 8.
- **Método ACI (American Concrete Institute):** Este método usa fórmulas y tablas que ayudan a calcular la proporción de los materiales a emplear.
- **Método DOE (Departamento de Medio Ambiente):** Se emplea en la industria para la elaboración del diseño de mezclas de concreto que cumplan con criterios de rendimiento específicos.

#### 2.3.4. Pruebas y Evaluación

- **Pruebas de Laboratorio:** Se utilizan para evaluar las propiedades mecánicas del concreto. Algunos de los que se emplean son los siguientes:

\_ **Granulometría:** Es una clasificación de partículas por tamaño de partícula o distribución de tamaño de partícula, cuya división está determinada por una serie de mallas con medidas estandarizadas.

\_ **Contenido de humedad:** Es el volumen de agua en agregados, tanto pequeños como grandes, en determinadas condiciones y denotado como porcentaje del peso húmedo del elemento, esto es, el peso inicial, incluidos los sólidos y la humedad existente.

\_ **Absorción:** Es el agua que queda en cualquier material después de un período de exposición (áridos gruesos y finos).

\_ **Pesos unitarios:** Es peso a volumen. Tomando como unidad de volumen el metro cúbico o unidad cúbica, el ensayo se realiza utilizando el peso específico compacto o el peso específico volumétrico para el cálculo de mezclas.

\_ **Peso específico:** Es la relación entre el peso de elemento y su volumen que ocupa en el espacio.

- **Pruebas de Campo:** Sirve para determinar el comportamiento en condiciones reales.

#### 2.3.5. Documentación y Control de Calidad

- **Controlar la calidad de los** materiales y el desarrollo del diseño de mezcla para garantizar un comportamiento óptimo del concreto.
- **Curado de concreto:** Implica el proceso de controlar las condiciones ambientales durante el fraguado o curado del concreto.

#### 2.3.6. Consideraciones ambientales y económicas

Además de considerar las propiedades del concreto, otro aspecto importante a tener en cuenta es el costo de los materiales y el impacto ambiental que se genera al producirse este.

## **2.4. Sistema de hipótesis**

Con relación a la problemática planteada, donde se sustenta la creciente producción de residuos de construcción y demolición que hay en la ciudad de Piura y que no son controlados de manera adecuada, ya que afectan no solo la salud de los pobladores aledaños sino también al medio ambiente, se propone la posterior hipótesis:

Sería una opción viable el diseño de un concreto  $f'c=140 \text{ Kg/cm}^2$  a partir de probetas ensayadas recicladas para la construcción de un piso de concreto en viviendas socioeconómicas.

### **2.4.1. Variables**

#### **2.4.1.1. Variables independientes**

Diseño de mezcla de concreto simple  $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$

#### **2.4.1.2. Variable dependiente**

Propiedades Físicas y Mecánicas.

**Tabla 3**

*Cuadro de Operalización de variables*

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Independiente	Diseño de mezcla de concreto simple F'C=140 Kg/cm <sup>2</sup> .	Proceso en donde se centra mayormente en el diseño de mezcla para obtener la consistencia óptima en un determinado tiempo. SENSICO (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de mezcla de concreto simple.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de AGR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía de laboratorio, de observación, investigación de las normas peruanas e internacionales como la ACI 211 Y NTP, notas de campo.</li> </ul>
Dependiente	Propiedades Mecánicas	Son aquellas que afectan a la resistencia mecánica de los materiales al aplicarles una fuerza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades Mecánicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la compresión F'c: 140 Kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>• Abrasión de los Ángeles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máquina universal de ensayos.</li> </ul>
	Propiedades Físicas	Se basa principalmente en la estructura visible y medible de un objeto, sustancia o materia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades Físicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayos de Laboratorio: peso específico, contenido de humedad, granulometría, peso unitario, porcentaje de Absorción (%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notas de campo, guía de laboratorio y de observación.</li> </ul>



### III. METODOLOGÍA EMPLEADA

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

- De acuerdo a la orientación o finalidad: Aplicada
- De acuerdo a la técnica de contrastación: Básico

#### 3.2. Población y muestras de estudio

##### 3.2.1. Población

Grupo de probetas cilíndricas con medidas de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto, con un diseño de concreto de 140 Kg/cm<sup>2</sup>, las cuales tendrán un periodo de curado de 7, 14 y 28 días para posteriormente ver su resistencia a la compresión.

##### 3.2.2. Muestra

Cuarenta y cinco (45) probetas de concreto reemplazando el agregado reciclado grueso proveniente de probetas ensayadas de concreto en diferentes proporciones (0%, 25%, 30%, 40%, 50%)

Porcentaje de AGR	0%	25%	30%	40%	50%	TOTAL
Compresión 7 días.	3	3	3	3	3	15
Compresión 14 días.	3	3	3	3	3	15
Compresión 28 días.	3	3	3	3	3	15
<b>Total de muestras</b>						<b>45</b>

#### 3.3. Diseño de Investigación

##### 3.3.1. Diseño de Contrastación

Se empleará un diseño básico, aplicado, cuasi experimental, ya que vamos alterar la variable independiente; en este caso es el diseño de un concreto F'c=140 Kg/cm<sup>2</sup> a base de AGR para analizar las variaciones que se realizarán en sus propiedades físicas y mecánicas.

El esquema a seguir en esta investigación es el siguiente:

$G_1 X_1 O_1$

$G_2 X_2 O_2$

$G_3 X_3 O_3$

$G_4 X_4 O_4$

$G_5 X_5 O_5$

- $G_1$ : Probeta de concreto con 0% de AGR.
- $G_2$ : Probeta de concreto con 25% de AGR.
- $G_3$ : Probeta de concreto con 30% de AGR.
- $G_4$ : Probeta de concreto con 40% de AGR.
- $G_5$ : Probeta de concreto con 50% de AGR.
- $O_{1,2,3,4,5}$ : Ensayo de compresión.
- $X_{1,2,3,4,5}$ : Reemplazo del agregado grueso por AGR al 0%, 25%, 30%, 40%, 50%.

#### **3.4. Técnicas e instrumentos de investigación**

- Técnica: Se empleará la técnica de observación estructurada indirecta, pues es necesario tener registros de recopilación de datos para elaborar los diferentes ensayos y así obtener las características físicas y mecánicas necesarias.
- Instrumento: En esta investigación emplearemos los registros de recolección de datos para ver las alteraciones de las propiedades del concreto nuevo.

#### **3.5. Procesamiento y análisis de datos**

Como base utilizaremos las Normas Técnicas Peruana como: E. 060, 339.187, 339.04 para seguir el proceso adecuado al realizar los respectivos ensayos.

Además, utilizaremos el software Excel donde plasmaremos los diferentes datos que nos facilitará el cálculo de los ensayos para obtener las propiedades requeridas.

## IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Propuesta de investigación

Se propone elaborar el diseño de concreto  $F'c=140 \text{ Kg/cm}^2$  utilizando probetas recicladas para la construcción de un piso de concreto en viviendas socioeconómicas. Primero se establecerá que agregados cumplen con los estándares de calidad basándonos en las normas peruanas. Una vez reunidas las probetas de concreto recicladas necesarias las pasaremos por una trituradora de mandíbulas para obtener nuestro agregado grueso reciclado, además para la elección del tipo de cemento se obtendrá una muestra de suelo del área estudiada para su respectivo ensayo. Cuando ya tengamos todos los materiales se procederá a realizar los diferentes ensayos en laboratorio para obtener sus propiedades físicas y mecánicas de los agregados, luego se elaborará los cinco diseños con porcentajes de reemplazo (0%, 25%, 30%, 40% y 50%) y finalmente se evaluará la resistencia a la compresión en 3 repeticiones; a los 7, 14 y 28 días de curado del concreto para después procesar todos los datos obtenidos en el trabajo de campo y así determinar el comportamiento de nuestro nuevo concreto comparándolo con la mezcla patrón de concreto.

### 4.2. Análisis e Interpretación de Resultados

#### 4.2.1. Descripción del Proyecto

- **Trabajo de Campo:** El trabajo de campo abarca las siguientes etapas:  
**A). Canteras.** - Las canteras de donde obtuvimos los agregados para elaborar el diseño de mezcla de  $140 \text{ Kg/cm}^2$  fueron las siguientes:

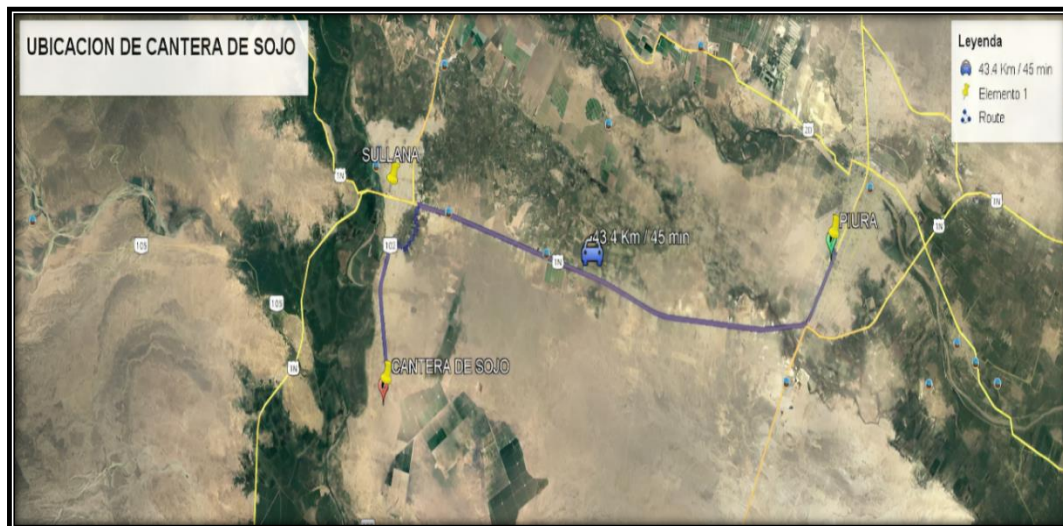
\_El agregado grueso natural triturado (Piedra Chancada) proviene de la Cantera de Sojo, localizada a 44.5 Km de la ciudad de Piura. En cuanto a su ubicación respecto a la carretera Sullana – Paita; sus coordenadas son  $4^{\circ}54'53.5''\text{S } 80^{\circ}46'34.3''\text{W}$ .

El acceso a esta cantera se encuentra a 2 km hacia la izquierda de la vía principal. Dicha Cantera pertenece a la municipalidad distrital de Miguel Checa.

La Figura 1 presenta un mapa que indica la ubicación de la cantera en relación a la ciudad de Piura.

### Figura 1

*Ubicación de la Cantera Sojo con respecto a Piura*



**Fuente:** Google Maps, 2024.

El agregado fino es procedente de la cantera de Cerro Mocho; localizada a 28.5 km. de la ciudad de Sullana, con coordenadas  $4^{\circ}48'10.6''S$   $80^{\circ}52'56.8''W$ .

La Figura 2 presenta un mapa que indica la localización de esta cantera con relación a la ciudad de Sullana.

### Figura 2

*Ubicación de la cantera Cerro Mocho con respecto a Sullana*



**Fuente:** Google Earth, 2024

**B). Relleno ilegal.** - En este relleno se obtuvieron las probetas recicladas de concreto que se trituraron para así obtener agregado grueso reciclado y este se pueda utilizar como reemplazo del agregado grueso natural. Este está ubicado en la Carretera Piura - Paita en el km 1.20. Está a las afueras de la empresa INKABLOCK.

La Figura 3 indica la localización de este relleno no autorizado.

### Figura 3

*Ubicación de relleno ilegal en Km 1.20*



**Fuente:** Google Earth, 2024.

**C). Laboratorio para Ensayos.** – La etapa ejecutiva del trabajo de campo se elaboró en los siguientes laboratorios:

\_Laboratorio Quality Pavements S.A.C., con RUC 20603361131 ubicado en la Urb. Los Jardines Corpiura Mz. N Lote 10, distrito de Piura, Provincia de Piura en el departamento de Piura. En este laboratorio hicimos los ensayos basados en la norma NTP 400.012 para saber cuáles agregados cumplían mejor con los estándares de calidad; trabajamos con la Cantera de Cerro Mocho, Cantera Chulucanas y Cantera Sojo; y al final escogimos las descritas en el **ítem A)**; porque éstas estaban dentro del rango recomendado por la norma. Además, para saber el tipo de material cementante que utilizaríamos hicimos el ensayo de Determinación de Sulfatos Solubles en Suelos y Agua Subterránea basada en la NTP 339.178.

En la Figura 4 se aprecia el mapa de la ubicación de dicho laboratorio.

## Figura 4

### Ubicación de laboratorio Quality Pavements



*Fuente: Google Earth, 2024.*

\_Laboratorio de la Universidad de Piura (UDEP), con RUC 20172627421 ubicado en Av. Ramon Mugica Nro. 131 URB. San Eduardo (Sector El Chipe), distrito de Piura, Provincia de Piura en el departamento de Piura. En este laboratorio hicimos la molienda de los especímenes de concreto, donde utilizamos la Trituradora de Mandíbulas para obtener nuestro agregado grueso reciclado.

En la Figura 5 se indica el mapa de la localización de dicho laboratorio.

## Figura 5

### Ubicación de laboratorio de la Universidad de Piura



*Fuente: Google Earth, 2024.*

\_Laboratorio de la Universidad Privada Antenor Orrego Sede de Piura (UPAO), con RUC 20141878477 ubicado en Av. Los Zanganos, Parcela Norte 03 (Carretera a los Ejidos), distrito de Piura, Provincia de Piura en el departamento de Piura. En este laboratorio se realizaron todos los ensayos de los agregados para conocer sus propiedades físicas y mecánicas, diseño de mezcla, producción de concreto, curado y la rotura de probetas por resistencia a la compresión.

En la Figura 6 se aprecia el mapa de la ubicación de dicho laboratorio.

## Figura 6

*Ubicación de laboratorio de la Universidad Privada Antenor Orrego - Piura*



**Fuente:** Google Earth, 2024.

### 4.2.2. Calidad de Materiales

Los materiales utilizados en esta investigación fueron seleccionados en función del tipo de suelo obtenido en el área de estudio y de los resultados de laboratorio, los cuales cumplían con los parámetros establecidos por las normas técnicas peruanas (NTP) correspondientes.

#### 4.2.2.1. Cemento Mochica tipo MS

El cemento empleado en esta investigación es el Cemento Mochica Tipo MS - PROTECCIÓN ANTI SALITRE Y ANTIHUMEDAD. Está pensado para todo tipo de construcciones que requieran moderada resistencia a los sulfatos, y contiene una mezcla adecuada de puzolana, Clinker, puzolana natural, yeso y aditivos especiales. Estos componentes ayudan a formar una matriz de cemento menos porosa, mejorando su impermeabilidad.

Además, gracias a la puzolana natural en su fórmula, este cemento incrementa su resistencia con el tiempo, superando los valores a los 28 días y manteniéndose incluso después de un año o más.

Este tipo de cemento se ha escogido en función de los resultados obtenidos del laboratorio (Ver Tabla 4) mediante un ensayo de Determinación de Sulfatos Solubles en Suelos y Agua Subterránea (NTP 339.178).

**Tabla 4**

*Ensayo químico de sulfatos*

Categoría	Resultado
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	0.0282 %    282 ppm

**Fuente:** *Elaboración Propia*

En relación con los datos obtenidos, nos apoyamos en la A.C.I. 318-19 para saber la clase de exposición del suelo, dándonos uno con sulfato moderado S1 como se ve en la Tabla 5.

Por último, de acuerdo al tipo de sulfato obtenido (S<sub>1</sub>) el A.C.I. 318-19 nos recomienda un cemento tipo MS como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 5**

*Categorías y clases de exposición*

Categoría	Clase	Condición
Sulfatos (S)	S1	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) disuelto en agua, ppm: 150 ≤ SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> < 1500

**Fuente:** *ACI 318-19*



**Tabla 6**

*Requerimientos del hormigón por clase de exposición*

Clase de Exposición	Relación a/c	Mínimo f'c MPa	Tipo de Material Cementante			Aditivo de Cloruro de Calcio	
			ASTM C150	ASTM C 595	ASTM C 1157		
S0	N/A	17	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción	
S1	0.5	28	II	Tipos con designación (MS)	MS	Sin restricción	
S2	0.45	31	V	Tipos con designación (HS)	HS	No se permite	
S3	Opción 1	0.45	31	V más puzolanas o cemento de escoria	Tipos con designación (HS) más puzolanas o cemento de escoria	HS más puzolanas o cemento de escoria	No se permite
	Opción 2	0.4	35	V	Tipos con designación (HS)	HS	No se permite
			Contenido máximo de iones de cloruro (CL) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de cemento.		Requisitos Adicionales		
			Concreto no Preesforzado (%)	Concreto Preesforzado (%)			
C0	N/A	17	1	0.06	Ninguno		
C1	N/A	17	0.3	0.06			
C2	0.4	35	0.15	0.06	Recubrimiento de Concreto		

**Fuente:** ACI 318-19

La Tabla 7 presenta algunas de las propiedades físicas de este tipo de cemento, de acuerdo con los requisitos establecidos de la NTP 334.082 y ASTM C-1157 "Cemento Portland".

**Tabla 7**Propiedades físicas del cemento *Tipo MS Mochica*.

Propiedades Físicas	Especificación	Requisito NTP 334.082 / ASTM C 1157
Contenido de aire del mortero (Volumen %)	6	NO ESPECIFICA
Superficie específica (m <sup>2</sup> /g)	484	NO ESPECIFICA
Retenido M325 (%)	1.6	NO ESPECIFICA
Expansión en autoclave (%)	0.04	0.80 max.
Resistencia a la compresión a los 28 días, (kgf/cm <sup>2</sup> )	394	286 mín.
Fraguado Inicial (min)	174	Mínimo 45
Fraguado Final (min)	287	Máximo 420
Peso Específico (g/cc)	2.95	NO ESPECIFICA

**Fuente:** Cementos Pacasmayo S.A.A. Fuente: Hoja técnica del producto. Pacasmayo, 18 de Agosto del 2023.

#### 4.2.2.2. Agregado grueso natural

Dado que el objetivo de este estudio es analizar la utilización de agregados reciclados de concreto en nuevas mezclas, se decidió utilizar un agregado grueso con características semejantes a las de los agregados reciclados (AGR). Por esta razón, se optó por un agregado grueso chancado, ya que su textura superficial y su forma angular son comparables a la de los agregados reciclados de concreto, como se muestra en la Figura 7.

El agregado grueso triturado proviene de la Cantera de Sojo, previamente descrita.

Este material se tritura mecánicamente utilizando una "trituradora de mandíbulas" y comúnmente se comercializa en el sector

de la construcción bajo el nombre de agregado chancado con un TMN de  $\frac{3}{4}$ ".

**Figura 7**

*Agregado grueso natural utilizado en la investigación*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**4.2.2.2.1. Análisis mecánico por tamizado de agregados (NTP 400.012/ ASTM D – 422)**

Se le llama así a la técnica de separar el material a usar en fracciones mediante una serie de tamices y encontrar su gradación, lo cual nos dará una caracterización del tamaño de las partículas del agregado y así poder clasificarlo correctamente.

Equipos y materiales para usar en este ensayo:

- Balanza con aproximación de 0.1 g y sensibilidad de 0.1 %.
- Tamices usados: 1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", N°4, N°8.
- Cucharones.
- Bandeja de acero.
- Horno que pueda mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ .

Para poder realizar este proceso se realizó el siguiente procedimiento:

\_ Lo primero que hay que comprobar es que la cantidad mínima de la muestra a utilizar en este ensayo debe ajustarse al tamaño máximo nominal del agregado, tal como se indica en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global*

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas		Cantidad mínima de la Muestra de Ensayo	
mm	pulg	kg	lb
9,5	3/8	1	2
12,5	1/2	2	4
19,0	3/4	5	11
25,0	1	10	22
37,5	1 ½	15	33
50	2	20	44
63	½	35	77
75	3	60	130
90	(3 ½)	100	220
100	4	150	330
125	5	300	660

**Fuente:** Norma Técnica Peruana (NTP 400.012)

\_ Segundo punto que se debe tener en cuenta es secar la muestra a 110°C ± 5°C.

\_ Para luego seleccionar los tamices correctos, colocándolos en un orden decreciente según su abertura y proceder a colocar la muestra sobre el tamiz superior, después con su respectiva tapa sellarlo correctamente para llevar esta columna de tamices al aparato mecánico para que sea agitado y se distribuya la muestra correctamente por la apertura de cada tamiz por un tiempo de 5 minutos. Nota: sin forzar con la mano que el material pase a través de los tamices.

\_ Una vez completado el ensayo, se obtuvieron los resultados que se aprecian en la Tabla 9, esta presenta el Análisis

Granulométrico del agregado grueso natural y en la Figura 8 se muestra la curva granulométrica del mismo.

**Tabla 9**

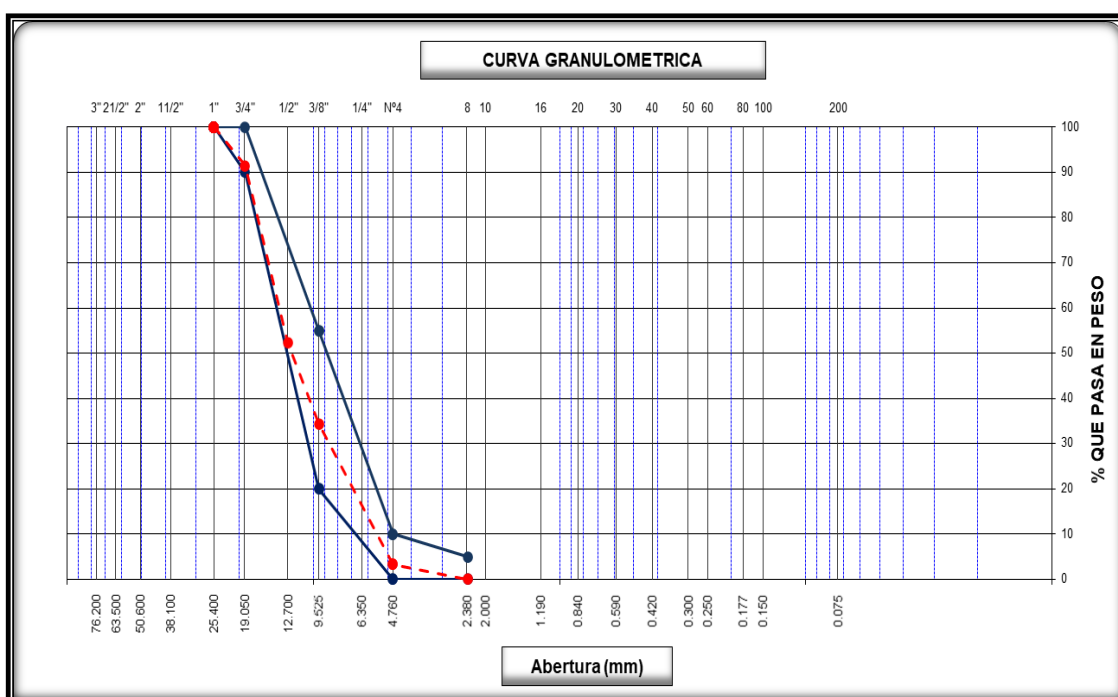
*Análisis granulométrico del agregado grueso natural*

Abertura(mm)	Tamiz	Porcentaje que pasa (%)
25.40	1"	100.0
19.00	3/4"	91.5
12.70	1/2"	52.4
9.52	3/8"	34.4
4.75	N°04	3.3
2.36	N°08	0.1

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 8**

*Curva granulométrica del agregado grueso natural de la cantera de Sojo*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Análisis de resultados:** Del ensayo visto se obtuvo que el TM es 1" y el TMN es  $\frac{3}{4}$ ", de acuerdo a esto, utilizamos el huso granulométrico N°67 de la NTP 400.037 para establecer los límites de la curva granulométrica, la cual se encontró dentro de dichos límites, esto indica que el material que se está empleado cumple con la calidad requerida.

Además, se apreció que el agregado es de forma angular con existencia de ciertas partículas redondeadas, con una superficie rugosa. Esto sugiere que la cantidad de pasta de cemento necesaria será mayor en comparación con las mezclas que utilizan agregados redondeados y lisos, debido a la mayor área superficial y a la existencia de más vacíos entre las partículas del agregado. Es importante destacar que esto afecta tanto la trabajabilidad de la mezcla como su resistencia: la resistencia tiende a aumentar, mientras que la trabajabilidad disminuye, y viceversa.

#### **4.2.2.2.2. Peso unitario y vacíos del agregado grueso (NTP 400.017)**

Este ensayo consiste prácticamente en calcular la densidad, Resultado de dividir la masa del agregado en su estado seco entre el volumen ocupado por el agregado, incluyendo los huecos entre las partículas.

Para el siguiente ensayo, se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Balanza digital sensible de 0.1%.
- Varilla de acero con un diámetro de 5/8" y una longitud de 60 cm, cuyos extremos están redondeados y terminan en punta esférica.
- Cucharón de acero.
- Recipiente metálico de forma cilíndrica para colocar el agregado.

Procedimiento para calcular el peso unitario suelto:

- Con ayuda del cucharón procedemos a llenar el recipiente hasta que llegue a desbordarse, teniendo en cuenta que al ser colocado este, no se haga a una altura mayor de 50 mm.

- Para luego con la varilla poder enrasar el material con respecto a la parte superficial del recipiente y eliminando todo el material sobrante.
- Una vez el material este uniforme en el cilindro, lo siguiente fue colocarlo en la balanza y calcular su peso.

Los resultados obtenidos se aprecian en la Tabla 10

**Tabla 10**

*Peso Unitario Suelto del agregado grueso natural*

Ensayo		1	Promedio
W.s + W.r	(g)	5691.0	5691.0
W.r	(g)	1757.0	1757.0
W.s	(g)	3934.0	3934.0
V.r	(cm <sup>3</sup> )	2739.1	2739.1
M.U.S	(g/cm <sup>3</sup> )	<b><u>1.436</u></b>	<b><u>1.436</u></b>
Gs. Aparente (S)		2.619	2.619
$V = 100((S*W)-M.U.S.) / (S*W)$	%	<b><u>45.1</u></b>	<b><u>45.1</u></b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Procedimiento para determinar el peso unitario compactado:

- Con ayuda del cucharón se llena la tercera parte del recipiente y se procede a realizar el apisonado de esta capa con la varilla dando 25 golpes uniformemente distribuidos.
- Se realiza el llenado de las 2/3 partes del recipiente, con los mismos pasos de apisonado de la capa anterior.
- Para terminar el llenado de recipiente, llegando hasta su desborde y con la varilla poder apisonarlo, considerando la misma cantidad de golpes.
- Con la misma varilla se enrasa para excluir el material excedente, dejando uniforme.
- Por último, se coloca el cilindro en la balanza y poder calcular el peso.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Peso Unitario Compactado del agregado grueso natural*

Ensayo		1	Promedio
W.s + W.r	(g)	6166.0	6166.0
W.r	(g)	1757.0	1757.0
W.s	(g)	4409.0	4409.0
V.r	(cm <sup>3</sup> )	2739.1	2739.1
M.U.C	(g/cm <sup>3</sup> )	<b><u>1.610</u></b>	<b><u>1.610</u></b>
Gs. Aparente (S)		2.619	2.619
$V = 100((S*W)-M.U.S.) / (S*W)$	%	<b><u>38.4</u></b>	<b><u>38.4</u></b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

DONDE:

- W.s + W.r = Masa de la muestra más el recipiente.
- W.r = Peso del recipiente.
- W.s = Peso de la muestra.
- V.r = Volumen del recipiente.
- M.U.S = Peso unitaria suelta.
- M.U.C = Peso unitaria compacta.
- Gs. Gravedad específica aparente (S) (base seca), determinada con las normas NTP 400.021 Y 400.022.
- W = Densidad del agua (0,998 g/cm<sup>3</sup>).
- V = % de vacíos

**Análisis de resultados:** Los datos obtenidos no son muy altos en comparación con un agregado de forma redondeada debido a la dificultad que existe de las partículas al acomodarse por la forma angular que presentan. Además, al hacer el comparativo del peso unitario suelto y el peso unitario compactado, este último es mayor, esto se debe a que al momento de hacer la compactación el porcentaje de vacíos disminuye; entrando así más material en un determinado volumen.



#### 4.2.2.2.3. Ensayo de Contenido de Humedad Evaporable en agregado grueso por secado (NTP 339.185 / ASTM C - 566)

Esta prueba mide el contenido de humedad presente en el agregado. Esto es importante para la calidad y consistencia de la mezcla de concreto.

Para el siguiente ensayo los equipos y materiales a usar fueron los siguientes:

- Balanza digital sensible de 0.1%.
- Horno capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Bandeja de acero.
- Cucharón de acero.

Nota: El tamaño de la muestra del agregado, dependerá del tamaño máximo nominal de este, tal cual se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Tamaño de la muestra del agregado*

Tamaño máximo nominal de agregado	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75(N°4)	0,5
9,5(3/8)	1,5
12,5(1/2)	2,0
19,0(3/4)	3,0
25,0(1)	4,0
37,5(1 1/2")	6,0
50,0(2)	8,0
63,0(2 1/2")	10,0
75,0(3)	13,0
90,0(3 1/2")	16,0
100,0(4)	25,0
150,0(6)	50,0

**Fuente:** Norma Técnica Peruana (NTP 339.185)

Procedimiento para realizar este ensayo:

- Una vez realizado el cuarteo del material, se extrajo 2 cantidades para que sean colocadas en dos bandejas de acero diferentes.
- Luego se colocaron estas bandejas, una después de otra sobre la balanza con precisión de 0,1%, teniendo en cuenta que ambas muestras al ser pesadas den 500g como mínimo.
- Luego se procedió a ingresar ambas bandejas en el horno, dejándolas secar por 24 horas.
- Después de este tiempo son retiradas ambas bandejas, hasta esperar que se enfríen para poder ponerlas sobre la balanza y finalmente calcular la masa de la muestra seca.

A continuación, en la Tabla 13 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de Contenido de Humedad por secado del presente agregado.

**Tabla 13**

*Contenido de Humedad de agregado grueso natural*

Descripción	Unidad	M - 1	M - 2
Peso de Tara	(g)	141.00	267.00
Peso de Tara + Muestra Húmeda	(g)	3233.00	3395.00
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	3211.00	3376.00
Peso de Agua	(g)	22.00	19.00
Peso Muestra Seca (horno)	(g)	3070.00	3109.00
Contenido de humedad	(%)	<b>0.72</b>	<b>0.61</b>
<b>Promedio - Contenido de humedad</b>		<b>0.66</b>	

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Análisis de resultados:** La humedad total del agregado es relativamente baja, debido a que los poros del agregado estaban parcialmente secos. Esto nos indica que, con respecto a la mezcla, este nos aporta una cantidad mínima de agua.

#### **4.2.2.2.4. Ensayo de Gravedad Especifica y Absorción del agregado grueso (NTP 400.021)**

Este ensayo tiene como objetivo determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso

específico aparente y la absorción del agregado grueso después de 24 horas.

Para el siguiente ensayo se utilizaron los siguientes quipos y materiales:

- Balanza digital sensible de 0.1%
- Horno que pueda mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ .
- Cesta de alambre con una malla que tiene aberturas del tamaño del tamiz N° 6 o más pequeñas.
- Depósito con las dimensiones adecuadas para que la cesta pueda ser sumergida sin ningún impedimento.
- Un dispositivo que permita suspender la cesta en el centro balanza.
- Un tamiz N°4.
- Bandeja de metal

Nota: La cantidad de la muestra a ensayar, dependerá del tamaño máximo nominal de este, tal cual se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Cantidad mínima de muestra de agregado grueso*

TMN (Abertura Cuadrada)		Cantidad mínima de muestra de ensayo	
mm	(pulg)	Kg	
9,5	3/8	2	
12,5	1/2	2	
19,0	3/4	3	
25,0	1	4	
37,5	1 1/2	5	
50,0	2	8	
63,0	2 1/2	12	
75,0	3	18	
90,0	3 1/2	25	
100,0	4	40	
125,0	5	75	

**Fuente:** Norma Técnica Peruana (NTP 400.021)

Procedimiento para realizar este ensayo:

- Se realiza tamizado seco, donde cualquier material que pase a través del tamiz de 4,75 mm (#4) se desecha, después se procede a lavar el material eliminando el polvo y otros contaminantes superficiales.
- Una vez que se obtiene la muestra de agregado libre de impurezas, este se procede a ingresar al horno por 24 horas.
- Luego de pasado este tiempo se retira y se deja ventilar, pasado esto se procede a sumergir la muestra en agua.
- Después de realizado estas actividades, se retira del agua y se coloca sobre una toalla extendida para que esta pueda absorber el agua, dejando la muestra saturados superficialmente seca. Luego se coloca esta muestra en la balanza para así calcular su peso.
- Consecuente a esto, la muestra se coloca en una cesta y es suspendida en el centro de la balanza con un dispositivo adaptable.
- Consecuente a esto se llena con abundante agua un depósito de dimensiones mayores a la cesta, de manera que esta pueda cubrir la cesta. Para al último tomar el peso que indica la balanza.
- Finalmente se coloca en una bandeja el material para que se vuelva a ingresar al horno, luego de esto se retira y se pesa.

A continuación, en la Tabla 15 se muestran los resultados obtenidos en este ensayo:

**Tabla 15**

*Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso natural*

<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	
W.s (A)	(g)	3171
W.s.s.s (B)	(g)	3206.5
W.w (C)	(g)	2036.2
Gs. Bulk = $A / (A - C)$	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><u>2.79</u></b>
Gs. Bulk S.S.S = $B / (B - C)$	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><u>2.74</u></b>
Gs. Aparente = $A / (B - C)$	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><u>2.71</u></b>
% Abs = $((B - A) / A) * 100$	<b>%</b>	<b><u>1.12%</u></b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Análisis de resultados:** Los resultados del peso específico y absorción están en un rango aceptable, con respecto a este último nos indica que el agregado retiene una cantidad baja de agua, lo cual es óptimo para una buena dosificación en la elaboración de concreto, es decir, el agua necesaria para la hidratación del cemento no será absorbida en su totalidad por la porosidad del agregado y así no afectará la relación a/c.

#### 4.2.2.2.5. Ensayo de Resistencia a la Abrasión de los Ángeles (NTP 400.019)

Este ensayo consiste en determinar la resistencia a la degradación de los áridos gruesos que tengan un tamaño inferior a 37,5 mm.

Para el siguiente ensayo los equipos y materiales a usar fueron los siguientes:

- Máquina de Los Ángeles
- Balanza digital sensible de 0.1%
- Horno que pueda mantener una temperatura uniforme de  $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Esferas de acero, la cantidad de esferas dependerá del tipo de esferas dependerá del tipo de gradación tal como se aprecia en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Cantidad de esferas de acero*

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

**Fuente:** Norma Técnica Peruana (NTP 400.019)

- Depósito con las dimensiones adecuadas para que se pueda recibir el material de la máquina.
- Bandeja de metal.

- Una serie de tamices (1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", 1/4", N°4, N°8), estos se usan para poder determinar su gradación, la cual se podrá identificar en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*Gradación de las muestras de ensayo*

Tamiz mm (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	1250 ± 25	.....	.....	.....
25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	1250 ± 25	.....	.....	.....
19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (1 ½ pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (¾ pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
9,5 mm (¾ pulg)	6,3 mm (¼ pulg)	.....	.....	2500 ± 10	.....
6,3 mm (¼ pulg)	4,75 mm (N°4)	.....	.....	2500 ± 10	.....
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	.....	.....	.....	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

**Fuente:** Norma Técnica Peruana (NTP 400.019)

Procedimiento para realizar este ensayo:

- Se lava el material extraído para luego proceder a colocarlo en el horno durante un tiempo de 24 horas.
- Una vez que se cumple este tiempo, se extrae 5000 gramos aproximadamente para que sea pasado por una serie de tamices, pesando lo que es retenido en cada tamiz, para

poder determinar cuál es su gradación y cuantas esferas se usaran en el ensayo. En este caso dio una gradación B y se usaran 11 esferas de acero.

- Se procede a colocar la muestra en la máquina de “Los Ángeles” y se rota a una velocidad constante entre 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones.
- Luego se coloca un depósito cuadrado bajo la máquina, para recibir el material y se prosigue hacer un tamizado de este solo por el tamiz N°12 y se pesa lo obtenido.
- Lo siguiente es lavar el material y dejarlo secar en el horno durante 24 horas, después de este tiempo se pesa.

A continuación, en la Tabla 18 se muestran los resultados obtenidos en este ensayo:

**Tabla 18**

*Resistencia a la Abrasión de los Ángeles de agregado grueso natural*

Tipo de muestra		Triturado
Tipo de gradación		B
Número de esferas		11
Masa de la Carga		4562
Peso seco muestra inicial	(g)	5010
Peso seco muestra final retenido en la Malla N° 12	(g)	4381
Pérdida	(g)	629
<b>Desgaste</b>	<b>%</b>	<b>12.55</b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Análisis de resultados:** La resistencia al desgaste obtenido está dentro del rango requerido con un valor de 12.55%, ya que basándonos en la NTP 400.037 nos dice que no debe ser mayor del 50%, concluyendo que, este material puede ser empleado en la presente investigación.

#### 4.2.2.3. Agregado Fino

Luego de haber hecho el proceso de calidad de las siguientes canteras: Cantera Cerro Mocho y Cantera Chulucanas; escogimos el agregado fino proveniente de la cantera “Cerro Mocho”, descrito anteriormente.

Por sus buenas características, esta arena tiene mucha demanda en la región para su empleo en la fabricación de concreto.

Como se aprecia en la Figura 9, es una arena gruesa de color marrón amarillento, con granos de forma angular constante, presenta una buena graduación y continuidad de tamaños, sin incluir demasiada cantidad de partículas finas. El agregado fino proveniente de este yacimiento, está constituido por partículas limpias, compactas y resistentes, no contiene materia orgánica ni sustancias perjudiciales, ofreciendo buenas características físicas y mecánica.

#### Figura 9

*Agregado fino utilizado en la investigación*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.2.2.3.1. Análisis mecánico por tamizado de agregados (NTP 400.012/ ASTM D – 422)

En la Tabla 19 se presentan los resultados obtenidos en el Análisis Granulométrico de este agregado, mientras que en la Figura 10 se aprecia la curva granulométrica del mismo.



**Tabla 19**

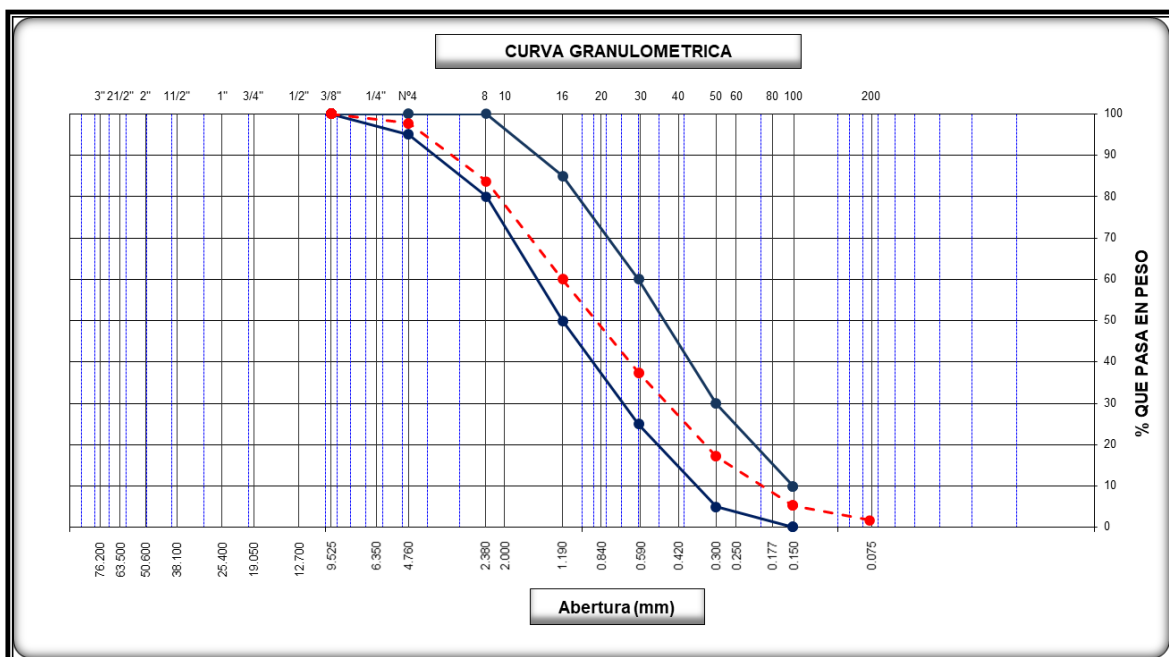
*Análisis Granulométrico del agregado fino.*

Abertura	Tamiz	Porcentaje que pasa (%)
9.52	3/8"	100.00
4.75	N°04	97.8
2.36	N°08	83.7
1.19	N°16	60.0
0.60	N°30	37.5
0.30	N°50	17.20
0.15	N°100	5.4
0.075	N°200	1.7
<b>MF %</b>		<b>3.00</b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Figura 10**

*Curva granulométrica del agregado fino de la cantera de Cerro Mocho.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Análisis de resultados:** Se aprecia que la distribución granulométrica que presenta el agregado fino se encuentra en los límites establecidos por la NTP 400.037, esto indica que el material que se está empleado cumple con la calidad requerida. Además, el MF de 3.00 se encuentra en el rango establecido por la norma mencionada anteriormente (2.3 – 3.1).

#### 4.2.2.3.2. Peso unitario y vacíos del agregado fino (NTP 400.017)

Como se aprecia en la Tabla 20 y 21 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de Peso Unitario y vacíos del presente agregado.

**Tabla 20**

*Peso Unitario Suelto del agregado fino*

Ensayo		1	Promedio
W.s + W.r	(g)	6198.0	6198.0
W.r	(g)	1757.0	1757.0
W.s	(g)	4441.0	4441.0
V.r	(cm <sup>3</sup> )	2739.1	2739.1
M.U.S	(g/cm <sup>3</sup> )	<b><u>1.621</u></b>	<b><u>1.621</u></b>
Gs. Aparente (S)		2.619	2.619
$V = 100((S*W)-M.U.S.) / (S*W)$	%	<b><u>38.0</u></b>	<b><u>38.0</u></b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 21**

*Peso Unitario Compactado del agregado fino*

Ensayo		1	Promedio
W.s + W.r	(g)	6513.0	6513.0
W.r	(g)	1757.0	1757.0
W.s	(g)	4756.0	4756.0
V.r	(cm <sup>3</sup> )	2739.1	2739.1
M.U.C	(g/cm <sup>3</sup> )	<b><u>1.736</u></b>	<b><u>1.736</u></b>
Gs. Aparente (S)		2.619	2.619
$V = 100((S*W)-M.U.S.) / (S*W)$	%	<b><u>33.6</u></b>	<b><u>33.6</u></b>

**Fuente:** Elaboración propia

DONDE:

- $W.s + W.r$  = Masa de la muestra más el recipiente.
- $W.r$  = Peso del recipiente.
- $W.s$  = Peso de la muestra.
- $V.r$  = Volumen del recipiente.
- $M.U.S$  = Peso unitaria suelta.
- $M.U.C$  = Peso unitaria compacta.
- $G_s$ . Gravedad específica aparente (S) (base seca), determinada con las normas NTP 400.021 Y 400.022.
- $W$  = Densidad del agua (0,998 g/cm<sup>3</sup>).
- $V$  = % de vacíos.

**Análisis de resultados:** Al hacer el comparativo del peso unitario suelto y el peso unitario compactado, este último es mayor, esto se debe a que al momento de hacer la compactación el porcentaje de vacíos disminuye; entrando así más material en un determinado volumen.

**4.2.2.3.3. Ensayo de Contenido de Humedad Evaporable en agregado fino por secado (NTP 339.185 / ASTM C - 566)**

A continuación, en la Tabla 22 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de Contenido de Humedad por secado del presente agregado.

**Tabla 22**

*Contenido de Humedad del agregado fino.*

Descripción	Unidad	M - 1	M - 2
Peso de Tara	(g)	147.00	143.00
Peso de Tara +Muestra Húmeda	(g)	680.00	687.00
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	677.00	684.00
Peso de Agua	(g)	3.00	3.00
Peso Muestra Seca (horno)	(g)	530.00	541.00
Contenido de humedad	(%)	<b>0.57</b>	<b>0.55</b>
<b>Promedio - Contenido de Humedad</b>		<b>0.56</b>	

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Análisis de resultados:** Esta propiedad es importante para saber la cantidad de agua que va aportar el agregado fino en el diseño de mezcla, entonces, con respecto a los resultados obtenidos nos da un valor relativamente bajo, aportando así una mínima cantidad de agua a la mezcla.

#### **4.2.2.3.4. Ensayo de Gravedad Especifica y Absorción del agregado fino (NTP 400.022)**

Para el siguiente ensayo los equipos y materiales a usar fueron los siguientes:

- Balanza digital sensible de 0.1%
- Horno que pueda mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ .
- Fiola con capacidad de 500 cm<sup>3</sup>
- Forma en forma cónica de metal con un diámetro interno de  $40 \pm 3$  mm para la base menor, un diámetro interno de  $90 \pm 3$  mm para la base mayor y una altura de  $75 \pm 3$  mm.
- Varilla de apisonamiento metálica recta con un peso de  $340 \pm 15$  g y una superficie de apisonamiento circular plana con un diámetro de  $25 \pm 3$  mm en un extremo.

Procedimiento para realizar este ensayo:

- Lo primero que se hace es el cuarteo para obtener el material a usar, después se lava el material y se coloca en el horno por 24 horas, cumplido este tiempo es retirado y se sumerge en agua, dejándolo reposar por otras 24 horas.
- Después de este tiempo, se desecha el agua y con ayuda de una pistola de calor se procede a secar el material, hasta el punto de dejarlo saturado superficialmente seco. Para comprobar que el material se encuentre en este estado, se coloca el cono al lado de la bandeja y se llena con el agregado, y si al retirar el cono este se desborona entonces se prosigue con los siguientes pasos.
- Se coloca agua en la fiola, hasta que llegue a la línea marcada de los 500 cm<sup>3</sup>, después se pesa.

- Con cuidado se introduce 500 g del agregado en la fiola y luego se agita esta levemente hasta que se eliminen las burbujas de aire, después de hacer esta actividad se procede a pesar.

Como se aprecia en la Tabla 23 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de Gravedad Específica y Absorción del presente agregado.

**Tabla 23**

*Gravedad Específica y Absorción del agregado fino.*

Ensayo	Unidad	Resultado
Peso de Material SSS (A)	(g)	500
Peso Fiola + Agua (B)	(g)	639
Peso Fiola + Agua + Muestra SSS (C)	(g)	945
Volumen de Masa + Volumen de Vacíos (D) = (A+B)-C	(cm <sup>3</sup> )	194
Peso de Material seco en el horno (E)	(g)	492
Volumen de Masa (F) = D-(A-E)	(cm <sup>3</sup> )	185.69
% Abs = ((A - E) / E) * 100	%	<b><u>1.69</u></b>
Gsb	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><u>2.53</u></b>
GsS.S.S.	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><u>2.58</u></b>
Gsa	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><u>2.65</u></b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

DONDE:

- Gsb = Peso Específico Bulk (Base Seca).
- GsS.S.S. = Peso Específico Superficie Seca (Base Saturada).
- Gsa = Peso Específico Aparente (Base Seca).
- %. Abs = Porcentaje de Absorción.

**Análisis de resultados:** Los datos obtenidos del peso específico y absorción están en un rango aceptable, con respecto a este último vemos que es mayor al contenido de humedad, lo cual nos indica que la cantidad de agua que se añade en el diseño de mezcla

será mayor. Sin embargo, el resultado obtenido es bajo, es decir su capacidad de retener agua es mínima, lo cual es ideal para lograr una adecuada dosificación en la producción de concreto, es decir, el agua necesaria para la hidratación del cemento no será absorbida en su totalidad por los poros del agregado fino y así no afectará la relación a/c.

#### 4.2.2.4. Agregado reciclado de concreto

Uno de los ensayos más solicitados por los clientes en el laboratorio es la prueba de resistencia a la compresión de los testigos de concreto. Esto explica la alta demanda de estas pruebas. En la figura 11 se observa el acopio de probetas ensayadas en un relleno ilegal.

**Figura 11**

*Probetas acumuladas después de ser ensayadas.*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Estos residuos, tras un periodo de tiempo, se entregan a terceros para que los manejen según su criterio, aunque rara vez de la forma más adecuada desde una perspectiva ambiental, lo que provoca un efecto negativo en el entorno.

Ante esta preocupación, surge la necesidad de buscar formas de aprovechar estos desechos y disminuir su impacto negativo. En este sentido, se propone la posibilidad de emplearlos como material base

para crear agregado grueso que se utilizará en la producción de concreto nuevo.

Los ensayos se realizaron de la misma forma que se hizo con el agregado grueso natural.

#### **4.2.2.4.1. Criterio de selección del agregado de concreto reciclado**

Las probetas seleccionadas como material base para el agregado fueron aquellas que lograron una resistencia a la compresión en el rango de 200 a 300 kg/cm<sup>2</sup>. Este rango se justificó por dos motivos:

a) El agregado grueso reciclado que se utilizó es de excelente calidad y está libre de impurezas, lo que asegura una mayor resistencia.

b) En nuestro entorno, la mayoría de las construcciones y obras que emplean concreto como material principal utilizan resistencias que caen dentro de este rango.

Además, no se consideró relevante que los especímenes seleccionados estuvieran hechos con un tipo específico de agregado, ya fuera redondeado o triturado.

En esta investigación, se decidió utilizar únicamente concreto triturado como agregado grueso en la nueva formulación de concreto, ya que la fracción fina de este tipo de agregado reciclado podría contener contaminantes que podrían interactuar negativamente con la nueva pasta de concreto, provocando así problemas de durabilidad en el futuro.

#### **4.2.2.4.2. Proceso de trituración y tamizado del agregado de concreto reciclado**

**Etapas de trituración:** El equipo utilizado de marca FIMA consistía en una trituradora de mandíbulas de acero con una abertura de 120 mm para poder ingresar las probetas, dado esto las probetas utilizadas tenían una medida de 4" x 8". Adicionalmente esta máquina también cuenta con un sistema de ajuste que se puede modificar de acuerdo al tamaño final deseado.

Según como la máquina vaya entregando el producto final este es recibido por una superficie metálica ubicada en la salida de la máquina,

con la intención de que el material obtenido no tenga contacto directo con el suelo y sea contaminado.

**Etapas de tamizado:** Esta máquina a la vez que realizaba el proceso de trituración, nos permitía hacer el tamizado del material, logrando así la separación de granos cuya dimensión sea mayor a  $\frac{3}{4}$ " y menor de 2.36 mm, considerando esta última como la fracción más fina del agregado. Dado esto y para poder eliminar el material fino no solicitado y conseguir las dimensiones del agregado grueso producto final del requerido en el triturado, se consideró en este proceso usar los tamices de 1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", N° 4 y N°8.

Finalmente, de obtener todo el agregado requerido para el nuevo diseño, este se mantuvo en un lugar seco y por prevención se colocó en sacos impermeables. Logrando así preservar la condición en la que se obtuvo, sin que este expuesto a ningún tipo de sustancia que pueda contaminar el material.

#### 4.2.2.4.3. Análisis mecánico por tamizado de agregados (NTP 400.012/ ASTM D – 422)

Tal como se aprecia en la Tabla 24 se indica los resultados obtenidos en el Análisis Granulométrico de este agregado y en la Figura 12 se aprecia la curva granulométrica del mismo.

**Tabla 24**

*Análisis Granulométrico del agregado grueso reciclado*

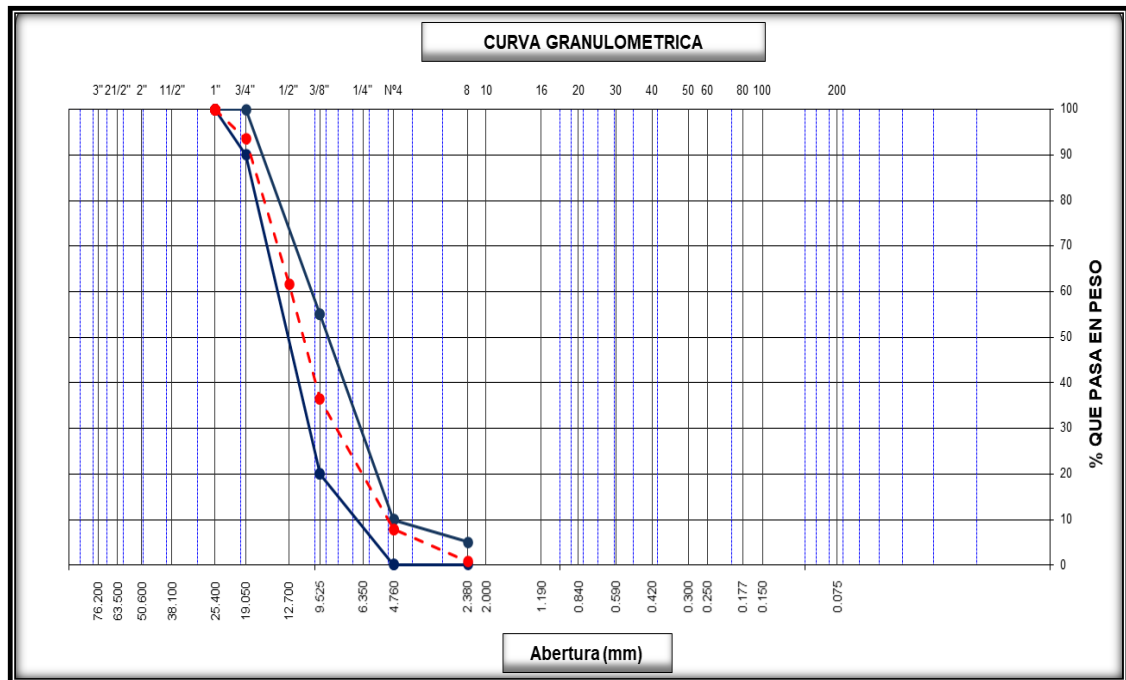
Abertura(mm)	Tamiz	Porcentaje que pasa (%)
25.40	1"	100.0
19.00	$\frac{3}{4}$ "	93.5
12.70	$\frac{1}{2}$ "	61.7
9.52	$\frac{3}{8}$ "	36.5
4.75	N°04	7.9
2.36	N°08	0.8

**Fuente:** *Elaboración propia*



**Figura 12**

*Curva Granulométrica de agregado grueso reciclado.*



*Fuente: Elaboración propia*

**Análisis de resultados:** Como se utilizó un agregado parecido a la piedra chancada natural se obtuvo como TM 1" y el TMN 3/4", igualmente está en los límites establecidos por el Huso 67 de la NTP 400.037, lo cual nos indica que el material que se está empleado también cumple con la calidad requerida.

Dentro de las partículas encontradas tenemos: partículas conformadas únicamente por pasta de cemento, partículas de agregado grueso natural debido a que al momento del triturado de este; el mortero se desprende y queda suelto y por último partículas de agregado con mortero adherido. Además, se apreció que el agregado es de forma angular e irregular, con una rugosidad y porosidad mucho mayor que el AGN.

#### **4.2.2.4.4. Peso unitario y vacíos del agregado grueso reciclado (NTP 400.017)**

Como se aprecia en la Tabla 25 y 26 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de Peso Unitario y vacíos del presente agregado.

**Tabla 25***Peso Unitario Suelto del agregado grueso reciclado*

Ensayo		1	Promedio
W.s + W.r	(g)	4944.0	4944.0
W.r	(g)	1757.0	1757.0
W.s	(g)	3187.0	3187.0
V.r	(cm <sup>3</sup> )	2739.1	2739.1
M.U.S	(g/cm <sup>3</sup> )	<b><u>1.164</u></b>	<b><u>1.164</u></b>
Gs. Aparente (S)		2.19	2.188
$V = 100((S*W)-M.U.S.) / (S*W)$	%	<b><u>46.7</u></b>	<b><u>46.7</u></b>

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 26***Peso Unitario Compactado del agregado grueso reciclado*

Ensayo		1	Promedio
W.s + W.r	(g)	5291.0	5291.0
W.r	(g)	1757.0	1757.0
W.s	(g)	3534.0	3534.0
V.r	(cm <sup>3</sup> )	2739.1	2739.1
M.U.C	(g/cm <sup>3</sup> )	<b><u>1.290</u></b>	<b><u>1.290</u></b>
Gs. Aparente (S)		2.19	2.188
$V = 100((S*W)-M.U.S.) / (S*W)$	%	<b><u>40.9</u></b>	<b><u>40.9</u></b>

*Fuente: Elaboración propia***DONDE:**

- W.s + W.r = Masa de la muestra más el recipiente.
- W.r = Peso del recipiente.
- W.s = Peso de la muestra.
- V.r = Volumen del recipiente.
- M.U.S = Peso unitaria suelta.

- M.U.C = Peso unitaria compacta.
- Gs. Gravedad específica aparente (S) (base seca), determinada con las normas NTP 400.021 Y 400.022.
- W = Densidad del agua (0,998 g/cm<sup>3</sup>).
- V = % de vacíos.

**Análisis de resultados:** Los datos obtenidos nos indican que este material es menos denso en comparación con el AGN, esto se debe al mortero adherido a este, además, el porcentaje de vacíos es mayor que el agregado grueso natural porque al tener una superficie mucho más rugosa; se vuelve más difícil el acomodo de sus partículas.

#### 4.2.2.4.5. Ensayo de Contenido de Humedad Evaporable en agregado grueso reciclado por secado (NTP 339.185 / ASTM C - 566)

A continuación, en la Tabla 27 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de Contenido de Humedad por secado del presente agregado.

**Tabla 27**

*Contenido de Humedad del agregado grueso reciclado*

Descripción	Unidad	M - 1	M - 2
Peso de Tara	(g)	271.00	290.00
Peso de Tara +Muestra Húmeda	(g)	3271.00	3470.00
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	3174.00	3370.00
Peso de Agua	(g)	97.00	100.00
Peso Muestra Seca (horno)	(g)	2903.00	3080.00
Contenido de humedad	(%)	<b>3.34</b>	<b>3.25</b>
<b>Promedio - Contenido de Humedad</b>		<b>3.29</b>	

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Análisis de resultados:** La humedad obtenida es 5 veces más que el AGN, esto se le atribuye una vez más al mortero adherido que presenta, también podemos decir que por ser un agregado reciclado producto de especímenes que se mantienen sumergidos en agua para su respectivo curado; aún tendrían un porcentaje de agua en sus poros. Esto nos indica que, con respecto a la mezcla, este nos aporta una cantidad mayor de agua en comparación con el agregado grueso natural.

#### 4.2.2.4.6. Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso reciclado (NTP 400.021)

Como se aprecia en la Tabla 28 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de Gravedad Específica y Absorción del presente agregado.

**Tabla 28**

*Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso reciclado*

Ensayo	Unidad	
W.s (A)	(g)	3103
W.s.s.s (B)	(g)	3292
W.w (C)	(g)	1874
Gs. Bulk = $A / (A - C)$	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><u>2.52</u></b>
Gs. Bulk S.S.S = $B / (B - C)$	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><u>2.32</u></b>
Gs. Aparente = $A / (B - C)$	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><u>2.19</u></b>
% Abs = $((B - A) / A) * 100$	<b>%</b>	<b><u>6.09</u></b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

DONDE:

- W.s = Peso en el aire de la muestra seca (A).
- W.s.s.s = Peso en el aire de la muestra saturada y superficialmente seca (B).
- W.w = Peso de la muestra sumergida en agua (C).
- Gs. Bulk = Peso específico nominal.

- Gs. Bulk S.S.S= Peso específico saturado y superficialmente seco.
- Gs. Aparente.
- %. Absorción.

**Análisis de resultados:** El peso específico obtenido es 15% menos con respecto al agregado grueso natural y su capacidad de absorción es aproximadamente 5 veces más que el AGN, esto se le atribuye una vez más a la pasta de cemento que tiene adherida. Cabe señalar que son propiedades que se deben tener en consideración al hacer la mezcla, ya que afectaría la relación a/c porque absorberá la mayor cantidad de agua en esta, para ello se tomarán ciertas medidas que se explicarán más adelante.

#### 4.2.2.4.7. Ensayo de Resistencia a la Abrasión de los Ángeles (NTP 400.019)

Como se aprecia en la Tabla 29 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la abrasión de los ángeles del presente agregado.

**Tabla 29**

*Resistencia a la Abrasión de los Ángeles del agregado grueso reciclado*

Tipo de muestra		Triturado
Tipo de gradación		B
Número de esferas		11
Masa de la Carga		4562
Peso seco muestra inicial	(g)	5006
Peso seco muestra final retenido en la Malla N° 12	(g)	3569
Pérdida	(g)	1437
<b>Desgaste</b>	<b>%</b>	<b>28.71</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Análisis de resultados:** La resistencia al desgaste obtenido es aproximadamente el doble del AGN con un valor de 28.71%, esto se debe al desgaste que ocurre de la pasta de cemento más el desgaste del agregado grueso natural. No obstante, este material es apto para su uso; ya que la NTP 400.037 establece que no debe ser mayor del 50%.

#### 4.2.3. Diseño de Mezcla Según ACI 211

Para la presente investigación se elaboraron 5 diseños de mezcla para una resistencia  $F'c = 140 \text{ kg/cm}^2$  con una relación a/c específica de 0.68 obtenida por la interpolación lineal de los datos presentados en la Tabla 30. El primer diseño se estableció como nuestro patrón (0% de reemplazo); es decir, este será nuestro punto de referencia para los diseños posteriores (25%, 30%, 40%, 50% de reemplazo de AGR).

**Tabla 30**

*Relaciones agua cemento y resistencia a la compresión del concreto.*

F'cr	Relación a/c en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

**Fuente:** Comité ACI 211

Otro punto importante es la elección del slump, el cual nos indica la trabajabilidad del concreto; este, se basa en el tipo de construcción que vamos a emplear, ya que va depender de eso; el cómo se va a colocar y manipular la mezcla de concreto. Para la elección de este nos apoyaremos del ACI, el cual nos recomienda los valores mostrados en la Tabla 31.

**Tabla 31***Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción*

Tipos de Construcción	Revenimiento (cm)		Revenimiento(pulg)	
	Max	Min	Max	Min
Muros y zapatas de cimentación de concreto reforzado	8	2	3.15	0.79
Zapatas de concreto simple, cajones y muros de subestructuras sencillos	8	2	3.15	0.79
Vigas, columnas, y muros reforzados para edificios	10	2	3.94	0.79
Pavimentos y losas	8	2	3.15	0.79
Concreto masivo	5	2	1.97	0.79

**Fuente:** Comité ACI 211

Con lo que respecta a esta investigación; la construcción requerida será pavimentos y losas, ya que se utilizará para un piso de concreto, por lo cual tendrá un revenimiento máx. de 8 cm y un mín. de 2 cm, con el fin de tener una mezcla trabajable e ideal para su respectiva colocación. Además, veremos como varía la trabajabilidad de este a medida que vamos incrementando el porcentaje de reemplazo de agregado grueso natural (AGN) por agregado grueso reciclado (AGR), por lo tanto, a medida que vamos haciendo los reemplazos no se hizo ninguna corrección y así obtener la variación entre ellos pero que estén dentro del rango escogido anteriormente.

#### **4.2.3.1. Propiedades Mecánicas y Físicas de Diseño**

Para la elaboración de un diseño de mezcla es importante primero saber las propiedades físicas de los agregados a utilizar, para ello se hacen diferentes ensayos en el laboratorio, estas propiedades se aprecian en la Tabla 32.

**Tabla 32***Propiedades físicas y mecánicas de los agregados*

Material	Agregado		Agregado Grueso		Arena	
	Grueso Natural		Reciclado			
Peso Unitario Suelto Húmedo	1436	kg/m <sup>3</sup>	1164	kg/m <sup>3</sup>	1621	kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado Stock	1610	kg/m <sup>3</sup>	1290	kg/m <sup>3</sup>	1736	kg/m <sup>3</sup>
PU varillado OD (kg/m <sup>3</sup> )	1599	kg/m <sup>3</sup>	1249	kg/m <sup>3</sup>	1726	kg/m <sup>3</sup>
Peso Específico de masa	2.74	gr/cm <sup>3</sup>	2.32	gr/cm <sup>3</sup>	2.58	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	0.66	%	3.29	%	0.56	%
Porcentaje de absorción	1.12	%	6.09	%	1.69	%
Tamaño Nominal	3/4	pulg.	3/4	pulg.	-	-
Módulo de Fineza	-		-		3.0	

**Fuente:** *Elaboración propia*

Con respecto al cemento, se utilizó el Cemento Mochica tipo MS como ya se mencionó anteriormente, tiene un peso específico de 2950 kg/m<sup>3</sup>, siendo este; un valor importante porque influye en la dosificación de materiales. Cabe señalar que a medida que este se aumenta; el volumen absoluto del cemento en la mezcla disminuye y viceversa, aunque, con relación al peso del cemento no varía porque este depende de la cantidad de agua y la relación agua cemento (a/c).

Otro punto a señalar es que el tamaño máximo nominal (TMN) tanto del agregado grueso natural como el agregado grueso reciclado es el mismo, por lo tanto, el contenido de aire teórico será de 2% para todos los diseños, siendo este último obtenido por la Tabla 33.



**Tabla 33***Contenido de aire atrapado*

Tamaño máximo nominal del agregado		Aire atrapado
3/8 pulg	9.5 mm	3.0 %
1/2 pulg	12.5 mm	2.5 %
3/4 pulg	19 mm	2.0 %
1 pulg	25 mm	1.5 %
1 ½ pulg	37.5 mm	1.0 %
2 pulg	50 mm	0.5 %
3 pulg	75 mm	0.3 %
4 pulg	150 mm	0.2 %

**Fuente:** Comité ACI 211

Po último, al utilizar el mismo agregado fino en todos los diseños; el volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto será de 0.6 en todas las mezclas. Esto se debe a que dicho volumen está determinado por el módulo de finura, que se mantiene constante en 3.0, un valor que se obtuvo de la Tabla 34.

**Tabla 34***Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto*

TMN	Módulo de Fineza			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.6
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.76	0.74	0.72	0.7
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.81	0.79	0.77	0.75
4	0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** Comité ACI 211

#### 4.2.3.2. Diseño de concreto convencional

Se realizó un diseño de mezcla de concreto convencional, es decir, tiene 0% de reemplazo, este lo designamos como nuestra mezcla patrón porque es el punto de referencia para comparar con los demás diseños. Además, se hizo las correcciones de agua debido a la humedad total de los agregados.

El diseño final de la mezcla patrón se aprecia en la Tabla 35, en donde se tiene la dosificación por peso en condición stock de los agregados por metro cúbico y por tanda de 0.020 m<sup>3</sup>.

**Tabla 35**

*Diseño de mezcla convencional en peso, en kg/m<sup>3</sup>*

Dosificación	Agua	Cemento	Ag. Grueso Natural	Ag. Fino
Volumen = 1m <sup>3</sup>	218.61 lts	301.47 kg	966.04 kg	822.08 Kg
1 Tanda = 0.020 m <sup>3</sup>	4.37 lts	6.03 kg	19.32 kg	16.44 kg

**Fuente:** *Elaboración propia*

#### 4.2.3.3. Diseño de concreto con porcentajes de reemplazo

Una vez ya establecido nuestro diseño patrón, se procedió a realizar los demás diseños con diferentes porcentajes de reemplazo (25%, 30%, 40%, 50% de reemplazo de AGR) con la misma relación agua cemento mencionada anteriormente.

Para la sustitución de agregado grueso natural por AGR se empezó por reemplazar en diferentes porcentajes directamente en el peso seco del agregado grueso natural establecido anteriormente en la mezcla patrón, esto generó una variación en el volumen absoluto ocupado dentro de la masa, tanto del agregado grueso natural y reciclado; ya que, ambos difieren en los pesos específicos y porcentaje de absorción. Una vez obtenidos los nuevos volúmenes absolutos se continuo con el proceso convencional de diseño, resultando con una disminución proporcional de agregado fino, es decir, a medida que se incrementa la proporción de agregado AGR en la mezcla; el agregado

fino disminuye. Además, presenta un aumento en la cantidad de agua a medida que aumenta la proporción de agregado de concreto reciclado, esto se debe a que el AGR presenta una mayor capacidad de absorción por el mortero adherido a este, por ende, al realizar la mezcla este absorberá más agua.

Entonces, según lo explicado anteriormente, la Tabla 36 muestra la dosificación por peso en condición stock de los agregados por metro cúbico para todos los porcentajes de reemplazo.

**Tabla 36**

*Diseño de mezcla con diferentes porcentajes de reemplazo en peso, en kg/m<sup>3</sup>*

<b>% Reemplazo</b>	<b>Agua</b>	<b>Cemento</b>	<b>Ag. Grueso Natural</b>	<b>Ag. Grueso Reciclado</b>	<b>Ag. Fino</b>
25%	223.65 lts	301.47 kg	724.53 kg	274.82 kg	771.14 Kg
30%	224.65 lts	301.47 kg	676.23 kg	297.38 kg	760.21 Kg
40%	226.66 lts	301.47 kg	579.62 kg	396.51 kg	738.35 Kg
50%	228.66 lts	301.47 kg	483.02 kg	495.64 kg	716.48 kg

**Fuente:** *Elaboración propia.*

#### **4.2.4. Preparación de las muestras**

Se realizaron 5 mezclas en total como ya se ha explicado anteriormente, de las cuales se realizaron 45 probetas. Las tandas fueron de 0.020 m<sup>3</sup> ya que la capacidad de la mezcladora empleada era de 30 litros, cabe señalar que en cada tanda se obtenía mezcla para 3 probetas. Además, la elaboración de cada testigo se realizó siguiendo la NTP 339.183: 2013 “CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio” (INDECOPI, NTP 339.183, 2013).

Los moldes de los especímenes de concreto fueron de acero con medidas de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto, estos eran limpiados previamente con escobillas de acero y luego engrasadas con aceite de motor para que al desmoldarlas sea más sencillo.

Una vez elaborada la mezcla en el trompo; se procedía a llenar los moldes en 3 capas, cada una de ellas se compactaba mediante 25 golpes verticales con una varilla lisa de 5/8" y 60 cm de largo para eliminar vacíos. Además, después de consolidar cada capa se procedía a golpear ligeramente las paredes del molde con un mazo de goma para terminar de eliminar cualquier vacío que pudiera haber quedado. Por último, en la última capa se enrazaba para lograr una superficie plana y se dejaban que las probetas fraguaran bien para que después de 24 horas sean desmoldadas y colocadas en la cámara de agua para su respectivo curado hasta que cumplan los 7, 14 y 28 días. Es preciso recordar que un día antes que las probetas cumplan los días requeridos se deben sacar del curado hacia el exterior para que no estén húmedas al momento de hacer la rotura de estas para ver su resistencia a la compresión.

Cabe señalar que al usar agregado reciclado presenta problemas en la mezcla debido a su alta características de absorción, es decir puede ocurrir que la relación a/c y el revenimiento se vea afectado. Para evitar esto, el AGR fue pesado y sumergido en agua necesaria en unos baldes herméticos para que llegue a una condición saturada con la superficie seca, 24 horas antes del mezclado de cada tanda como se aprecia en la Figura 13. Finalmente, tras tener todos los elementos pesados, se depositaron en la mezcladora en el siguiente orden: primero el agregado grueso natural y reciclado, seguidamente el agregado fino, después cemento y por último el agua, teniendo en cuenta que; todos estos pasos se deben de hacer sin pausas largas porque puede ocurrir que el material cementante no se mezcle homogéneamente.

### **Figura 13**

*Saturación de AGR en baldes herméticos 24 horas antes del mezclado*



**Fuente:** *Elaboración propia*

## 4.2.5. Propiedad del concreto en estado fresco

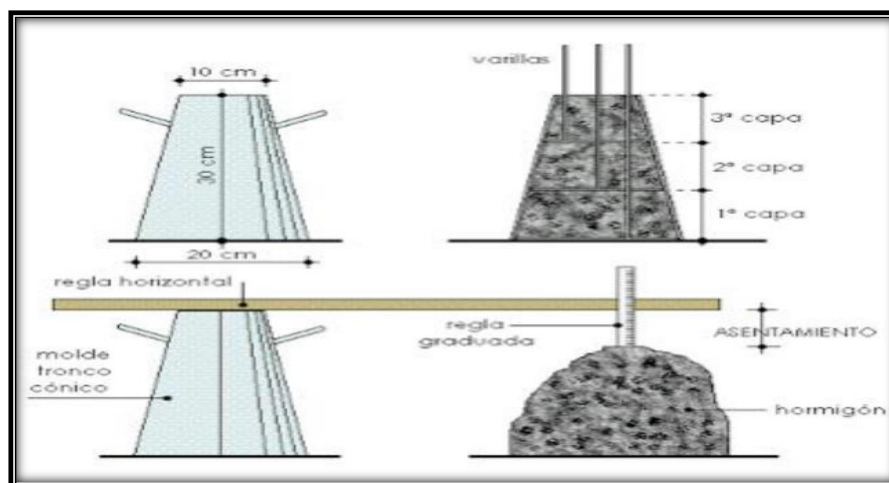
### 4.2.5.1. Trabajabilidad

Respecto a la trabajabilidad del concreto se procedió a medir el slump mediante el ensayo del cono de Abrams basándonos en la NTP 339.035:2009 “HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland” (INDECOPI, NTP 339.035, 2009).

Para este ensayo primero se humedeció el molde cónico que tiene como medidas; 10 cm en la base superior, 20 cm en la inferior y 30 cm como se aprecia en la Figura 14, luego se puso sobre una superficie plana, no absorbente y se sujetó con los pies firmemente a los laterales del molde. Posteriormente se llenó en 3 capas, compactándolas cada una con una varilla lisa de 5/8” y 60 cm de largo; cada una con 25 golpes para distribuir uniformemente la mezcla, además, en la última capa se debe alisar al ras la superficie de concreto. Después, se retira el molde con un movimiento uniforme en forma vertical sin que ocurra un movimiento lateral de la mezcla, inmediatamente después se procede a evaluar el asentamiento ocurrido, es decir, la diferencia de alturas entre la altura del molde y la altura medida hasta la base superior del espécimen.

**Figura 14**

*Características de Cono de Abrams*

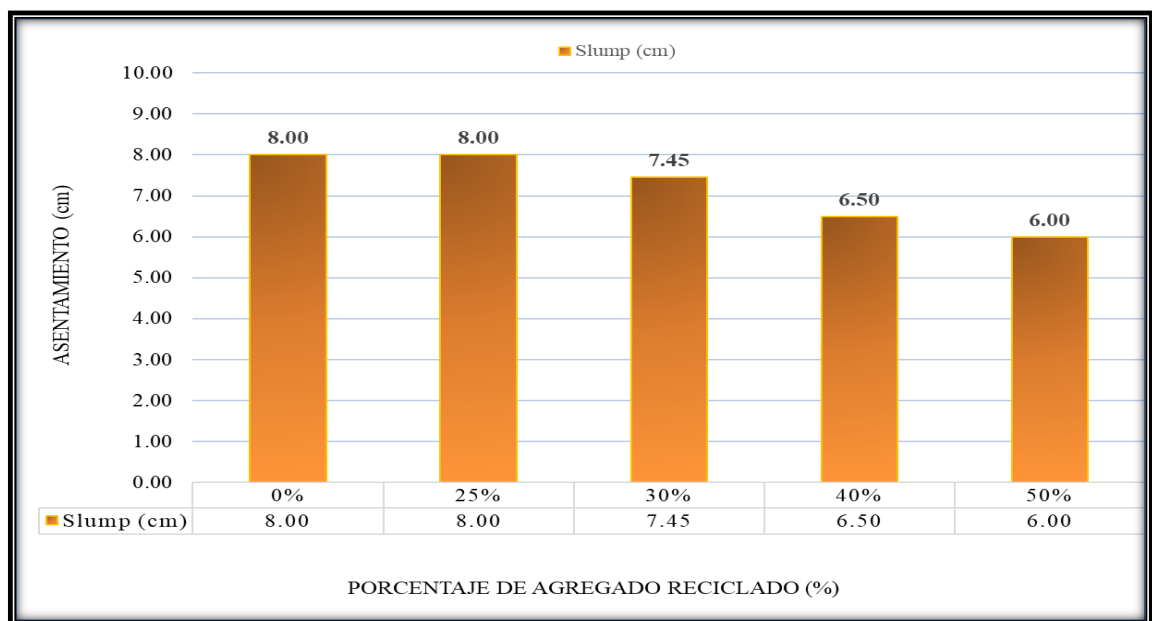


**Fuente:** Guía de laboratorio de tecnología del concreto del programa de estudio de Ingeniería Civil – UPAO.

Con lo que respecta a la presente investigación, se determinó el asentamiento para cada mezcla; desde nuestra mezcla patrón con 0% de reemplazo de AGN por AGR hasta las demás mezclas con porcentajes de reemplazo (25%, 30%, 40% y 50%), con el objetivo de ver el comportamiento ante el incremento de reemplazo de agregado grueso reciclado. En la Figura 15 se muestran los resultados obtenidos en este ensayo para los cinco diseños de mezcla.

**Figura 15**

*Resultados del asentamiento para los 5 diseños de mezcla*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Análisis de resultados:** En la Figura 16 se observa que los asentamientos fueron disminuyendo conforme se iba incrementando el porcentaje de reemplazo de AGN por AGR, esto se le puede atribuir a la disminución de agregado fino en el diseño de mezcla.

Para concluir, todos los diseños de mezcla elaborados presentan un slump dentro del rango establecido (2 cm – 8 cm), sin embargo, se aprecia una disminución producto de la presencia de agregado grueso reciclado en la mezcla.

## 4.2.6. Propiedad del concreto en estado endurecido

### 4.2.6.1. Resistencia a la compresión

La rotura de probetas se realizó en 3 edades (7, 14 y 28 días) para los 5 diseños establecidos anteriormente. Este ensayo se realizó siguiendo la NTP 339.034:2015 “CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas” (INACAL, NTP 339.034, 2015).

Tiene como objetivo aplicar una carga axial de compresión a los testigos cilíndricos, a una velocidad de carga, hasta que llegue a la falla o rotura.

Para la determinación de la resistencia a la compresión, se divide la carga aplicada durante el ensayo entre la sección transversal de este.

Los resultados obtenidos en el presente ensayo se muestran en la Tabla 37 y en la Figura 16 se aprecia como varían los resultados de cada porcentaje en relación con los días de curado.

**Tabla 37**

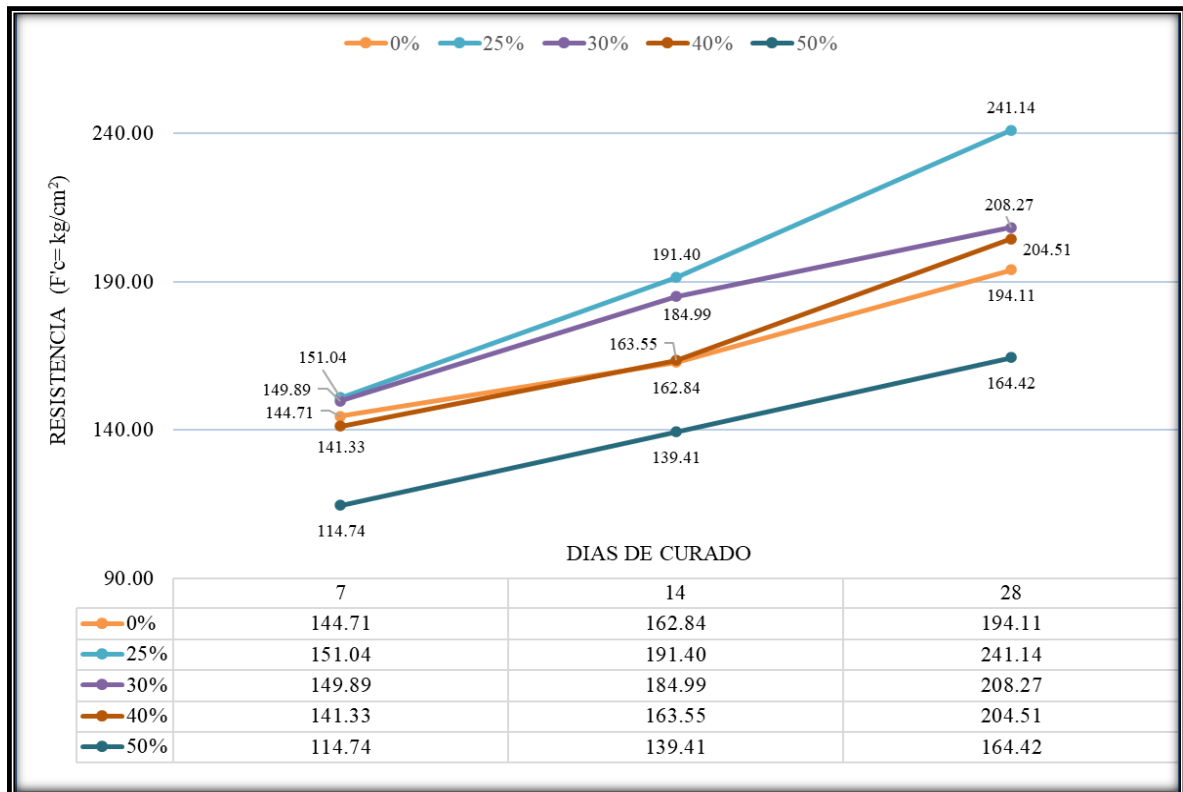
*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los 5 diseños.*

<b>Tabla de Resumen de Resistencia a la Compresión</b>					
Edad	0%	25%	30%	40%	50%
7	144.71	151.04	149.89	141.33	114.74
14	162.84	191.40	184.99	163.55	139.41
28	194.11	241.14	208.27	204.51	164.42

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 16**

*Resultados del asentamiento para los 5 diseños de mezcla*



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Análisis de resultados:** Como se muestra en la Figura 17, los diseños con reemplazo de AGR (25%, 30%, 40% y 50%) se comportan igual o incluso mejor que el concreto convencional (0%); tanto a los 7, 14 y 28 días de curado. Si bien es cierto se ve una disminución en la resistencia a medida que se incrementa el porcentaje de reemplazo, sin embargo, todos los diseños llegan y superan la resistencia establecida de 140 Kg/cm<sup>2</sup>. Cabe señalar que un aspecto importante de que todos los diseños hayan cumplido, se debe a que el material reciclado que se ha usado fue proveniente de probetas ensayadas, las cuales no contienen partículas contaminantes, a diferencia de los residuos comunes de construcción y demolición.

Por último, de los datos obtenidos se aprecia que el diseño con reemplazo de 25% de AGR es el que supera en resistencia a los otros diseños, recalcando que todos cumplen con la resistencia requerida.



### **4.3. Docimasia de hipótesis**

Al inicio de la presente investigación se planteó una hipótesis, de la cual se planteará a continuación de forma estadística:

H<sub>0</sub>: El diseño de un concreto  $F'c=140 \text{ Kg/cm}^2$  a partir de probetas ensayadas recicladas para la construcción de un piso de concreto en viviendas socioeconómicas, no sería una opción viable.

H<sub>1</sub>: El diseño de un concreto  $F'c=140 \text{ Kg/cm}^2$  a partir de probetas ensayadas recicladas para la construcción de un piso de concreto en viviendas socioeconómicas, sería una opción viable.

De acuerdo a los resultados obtenidos a partir de las propiedades de los agregados hasta la resistencia a la compresión del concreto nos damos cuenta que cumplen con los estándares de calidad y los parámetros establecidos por las normas peruanas. Por lo tanto, se concluye que la hipótesis H<sub>0</sub> se rechaza y se acepta H<sub>1</sub>, ya que el diseño de un concreto  $140 \text{ Kg/cm}^2$  a partir de probetas ensayadas es una opción viable para elaborar un nuevo concreto, tomando como el diseño que mejor se comporta con porcentaje de reemplazo es el de 25% de AGR.

## V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Concorde a los resultados obtenidos, se concluye que la utilización de agregado grueso reciclado proveniente de probetas ensayadas tiene un efecto relevante positivo en la resistencia a la compresión del concreto, a pesar de las propiedades elevadas que presenta el AGR en comparación con el agregado grueso natural.

Además, su comportamiento en la resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días es similar e incluso en algunos diseños mejor que la mezcla patrón como se mostró en la Figura 17. Cabe señalar que la resistencia mostraba un descenso a medida que se incrementaba el porcentaje de reemplazo, sin embargo, todos los diseños superaban la resistencia de 140 Kg/cm<sup>2</sup>. De lo dicho anteriormente se concluye que el diseño óptimo fue la mezcla de 25% de reemplazo, pues tiene un incremento a los 28 días de curado de 24.23% con respecto al diseño patrón.

De acuerdo a lo demostrado anteriormente se presentan las siguientes discusiones:

Cotejando con San Martín (2019), se concuerda que el agregado grueso reciclado usado presenta propiedades menos ventajosas en comparación con el agregado grueso natural; como la capacidad de absorción aproximadamente 5 veces más que el AGN, el peso específico obtenido con 15% menos que el agregado grueso natural y la resistencia a la abrasión de los Ángeles con un incremento del doble con respecto al natural. Sin embargo, el uso de agregados reciclados de buena calidad como materia prima, en este caso, las probetas de concreto recicladas, pueden dar lugar a un concreto con propiedades mecánicas similares o mejores que las de un concreto convencional.

Contrastando con Samaniego (2018), se concuerda que el concreto elaborado con AGR cumple y supera los requisitos del diseño. Sin embargo, a medida que se incrementa el porcentaje de reemplazo; se incrementa la cantidad de agua en la mezcla al igual que en la presente investigación, esto se debe a su mayor capacidad de absorción del agregado grueso reciclado debido al mortero adherido que presenta, para ello; este fue pesado y sumergido en agua necesaria en unos baldes herméticos para que llegue a una condición saturada con la superficie seca 24 horas antes del mezclado de cada tanda y así no afecte la relación a/c.

Al cotejar con Rodrich y Silva (2018), también se aprecia una disminución en la resistencia a la compresión a medida que se incrementa el porcentaje de reemplazo de AGR. Además, se concuerda que el reciclado de concreto puede contribuir a una construcción sostenible y reducir el impacto ambiental, ya que se le está dando un valor agregado a lo que estaba destinado como un desecho, aparte de evitar la creación de más rellenos ilegales que afectan al medio ambiente.

Al contrastar con Hernández & Valera (2020), donde también se utilizó concreto reciclado; pero con adición de fibras de acero, se concuerda que la adición de estos elementos residuales mejora la resistencia a la compresión. Sin embargo, su porcentaje de reemplazo del 50% está por encima que el diseño de concreto convencional, difiriendo con la presente investigación donde se obtuvo una resistencia menor de 164.24 Kg/cm<sup>2</sup> con respecto al diseño patrón, esto se puede justificar a que no se ha utilizado adicionalmente fibra de acero para que influya positivamente en la resistencia a la compresión.

Por último, al cotejar con Al Adday, Awad et al. (2019), se concuerda que la resistencia a la compresión y la trabajabilidad disminuían a medida que se incrementaba el porcentaje de AGR. Sin embargo, mostraban un incremento considerable en ambas propiedades al emplear un aditivo como el plastificante, esto nos da una nueva perspectiva para que en futuras investigaciones se pueda emplear además de concreto reciclado; un aditivo para mejorar las propiedades del nuevo concreto y se emplee en diseños de mayor resistencia.

Para concluir, de todos los puntos discutidos, se puede decir que el diseño de 140 Kg/cm<sup>2</sup> empleando probetas recicladas como reemplazo del agregado grueso natural; cumple y supera los requisitos establecidos, siendo una opción viable para elaborar una mezcla de concreto a grande escala.

## CONCLUSIONES

1. En la presente tesis se establecieron cinco diseños de mezclas para analizar su comportamiento, con las siguientes dosificaciones para 1 m<sup>3</sup>: para el diseño de 0%, se utilizaron 218.61 litros de agua, 301.47 kg de cemento, 966.04 kg de agregado grueso natural y 822.08 kg de agregado fino. En el diseño de 25%, se emplearon 223.65 litros de agua, 301.47 kg de cemento, 724.53 kg de agregado grueso natural, 274.82 kg de agregado grueso reciclado y 771.14 kg de agregado fino. El diseño de 30% incluyó 224.65 litros de agua, 301.47 kg de cemento, 676.23 kg de agregado grueso natural, 297.38 kg de agregado grueso reciclado y 760.21 kg de agregado fino. Para el diseño de 40%, se utilizaron 226.66 litros de agua, 301.47 kg de cemento, 579.62 kg de agregado grueso natural, 396.51 kg de agregado grueso reciclado y 738.35 kg de agregado fino. Finalmente, en el diseño de 50%, se emplearon 228.66 litros de agua, 301.47 kg de cemento, 483.02 kg de agregado grueso natural, 495.64 kg de agregado grueso reciclado y 716.48 kg de agregado fino.
2. Las propiedades del agregado grueso reciclado obtenidas fueron las siguientes: en cuanto a las propiedades físicas, se registró un peso específico de 2.32 gr/cm<sup>3</sup>, un contenido de humedad de 3.29%, una granulometría con un TMN de ¾" y un agregado que cumple con los límites del Huso 67, un peso unitario suelto de 1164 Kg/m<sup>3</sup>, un peso unitario compactado de 1290 Kg/m<sup>3</sup> y un porcentaje de absorción de 6.09%. Respecto a las propiedades mecánicas, la resistencia a la abrasión de los Ángeles fue de 28.71%.
3. El estudio desarrollado en esta tesis evidencia que el reemplazo parcial del agregado grueso natural por agregado grueso reciclado proveniente de probetas ensayadas, en proporciones del 25%, 30%, 40% y 50%, es una opción factible para la producción de concreto, siempre que se respeten ciertos criterios de control, lo que contribuye a disminuir el impacto ambiental de la construcción a través del uso de estos residuos.

4. La sustitución del agregado grueso natural con la del agregado grueso reciclado de probetas de concreto en porcentajes de 0%, 25%, 30%, 40% y 50%, no afecta la resistencia a la compresión y es inversamente proporcional al porcentaje de reemplazo de AGR, es decir que la resistencia a compresión disminuye a medida que la sustitución de agregado grueso natural por agregado grueso reciclado sea mayor. Teniendo como resultado óptimo el diseño de 25% con 151.04 Kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, 191.4 Kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y a los 28 días con 241.14%, ya que este alcanzó la resistencia mayor en todos los días de curado. Cabe señalar que todos los diseños superaron la resistencia establecida.

## RECOMENDACIONES

1. Al utilizar agregado de concreto reciclado como agregado grueso, es fundamental considerar que las propiedades de este material pueden variar según el tipo de muestras y el origen de los agregados reciclados. Dado que se trata de un producto elaborado por el ser humano, presenta una considerable variabilidad, incluso cuando se sigue el mismo diseño. A lo largo del desarrollo de la tesis, se ha evidenciado la importancia de conocer la fuente del concreto reciclado, ya que esto puede mejorar sus propiedades al ser utilizado como agregado. Por lo tanto, se sugiere que los agregados reciclados provengan de elementos estructurales con una resistencia característica alta ( $F'_c$ ), ya que esto se relaciona directamente con sus propiedades mecánicas.
2. Debido a que se está empleando agregado grueso reciclado, se recomienda dejar saturándolo 24 horas en un recipiente hermético antes de realizar la mezcla, debido a su alto porcentaje de absorción para que así no afecte la trabajabilidad de esta. Hacer énfasis en esto; para concretos donde se requiera un mayor slump debido a la presencia de acero que dificulta el pase del concreto por la estructura.
3. También se recomienda utilizar agregado reciclado que estén libres de contaminantes, puesto que sería perjudicial para la mezcla produciendo problemas en la durabilidad a largo plazo.
4. En la presente investigación solo se analizó el empleo de agregado grueso reciclado, mas no el uso de aditivos, por lo que se recomienda utilizarlo y analizar el comportamiento que tiene este en el nuevo concreto, con el fin de obtener nuevas perspectivas sobre el AGR y explorar su aplicación en la producción de concretos de alta resistencia.

5. Se sugiere que, para próximas investigaciones se haga un presupuesto referencial respecto a la obtención de este agregado grueso reciclado, para saber cuáles serían los costos que implicaría la producción de este nuevo concreto a grande escala.
6. Es fundamental manejar con precisión las proporciones indicadas en el diseño al elaborar las diferentes mezclas, ya que el éxito del resultado final dependerá de estas cantidades.
7. Se aconseja tener precaución al llevar a cabo los ensayos en el laboratorio, ya que se manipulan materiales pesados que pueden poner en riesgo la seguridad de las personas.
8. Por último, se recomienda seguir con la línea de investigación que implique la creación de nuevos concretos a base de elementos productos de desechos de construcción y demolición. Esto fomentaría el reciclaje de dichos desechos, permitiendo la obtención de un producto con menor impacto ambiental y agregando valor a los materiales desechados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Shen, L et al. (2004). Enfoque de mapeo para examinar la gestión de residuos en sitios de construcción. *Journal of Construction Engineering and Management* 130 (4), pp. 472–481.
- Cuchí, A. y Sagrera, A. (2007). Reutilización y reciclaje de los residuos del sector de la construcción. *Ambienta*, 66: pp. 59-68.
- Mañá, F et al. (2000a). Situación actual y perspectivas de futuro de los residuos de la construcción. Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya, pp. 39.
- L. M. Aneiros. (2008). “Gestión de RCD y su repercusión en el desarrollo sostenible”. *Residuos. La Revista Técnica del Medio Ambiente*. No. 102, pp. 48-60.
- Valdivia, S. 2009. *Instrumentos de Gestión Ambiental Para el Sector Construcción*. 2 ed. Lima. Perú. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- UNE-prEN 13242 (2002). Áridos no ligados y ligados hidráulicamente para su uso en obras de ingeniería civil y construcción de carreteras.
- Asociación Científico – Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). (2006). Utilización de árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural. Comisión 2 Grupo de Trabajo 2/5 “Hormigón reciclado”. 1ra ed. España: Invoprint, s.l.
- (Anónimo,2014). Residuos de Construcción y Demolición. Catálogo de Residuos Utilizables en Construcción. Recuperado de <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/35/residuos-de-construccion-y-demolicion/valorizacion/obras-realizadas/arido-reciclado-procedente-de-hormigon/216/-edificacion-y-obra-publica.html>
- (Anónimo,2020). Industrias Verdes. Programa Internacional de Cooperación Urbana. Recuperado de [https://iuc-la.eu/wp-content/uploads/2020/03/ESP\\_Lima\\_-\\_CICLO.pdf](https://iuc-la.eu/wp-content/uploads/2020/03/ESP_Lima_-_CICLO.pdf)



- Rodrich, S. R., & Silva, J. C. (2018). Influencia del agregado de concreto reciclado sobre las propiedades mecánicas en un concreto convencional, Trujillo 2018 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/14824>
- Hernández, A., Varela, E. (2020). Propuesta para la reutilización de residuos y escombros provenientes de los laboratorios de concreto en Villavicencio. Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomas, Villavicencio.
- San Martín, R. (2019). Uso de probetas ensayadas del LEMC como agregado grueso reciclado en mezclas nuevas de concreto (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.
- Carreño, W. (2019). "Utilización de residuo de construcción y demolición para el diseño de concreto simple empleado para cimientos de una vivienda Piura, 2019 (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería. Piura, Perú.
- Capuñay, C., Yrma, D., Ugaz, C., & Antonio, W. (s/f). Edu.pe. Recuperado el 14 de diciembre de 2022, de [https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9318/Capu%c3%b1ay\\_Capu%c3%b1ay\\_Yrma\\_del\\_Carmen.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9318/Capu%c3%b1ay_Capu%c3%b1ay_Yrma_del_Carmen.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Feras Al - Adday y otros. (2019). Fresh and hardened properties of recycled concrete aggregate modified by iron powder and silica. Japan.
- Venegas y Robles. (2008). Estudio Experimental de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para su uso en edificaciones convencionales. Bogotá.

## ANEXOS

### Anexo 1: Recolección de datos en laboratorio – Resistencia a la compresión de los 5 diseños

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - REEMPLAZO 0% DE AGR</b>										
N° Probeta	% De AGR	F'c Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Muestra	Fecha de Rotura	Control de Concreto		F'c Promedio	% Resistencia	% Mínimo	Condición
					Edad (Días)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )				
P-1	0%	140	20-Ago-24	27-Ago-24	7	146.86	144.71	104.90%	65.00%	CUMPLE
P-2	0%	140	20-Ago-24	27-Ago-24	7	134.83		96.31%		CUMPLE
P-3	0%	140	20-Ago-24	27-Ago-24	7	152.43		108.88%		CUMPLE
P-4	0%	140	20-Ago-24	03-Set-24	14	150.81	162.84	107.72%	85.00%	CUMPLE
P-5	0%	140	20-Ago-24	03-Set-24	14	169.38		120.99%		CUMPLE
P-6	0%	140	20-Ago-24	03-Set-24	14	168.32		120.23%		CUMPLE
P-7	0%	140	15-Ago-24	12-Set-24	28	193.70	194.11	138.36%	100.00%	CUMPLE
P-8	0%	140	15-Ago-24	12-Set-24	28	191.98		137.13%		CUMPLE
P-9	0%	140	15-Ago-24	12-Set-24	28	196.66		140.47%		CUMPLE

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - REEMPLAZO 25% DE AGR**

N° Probeta	% De AGR	F'c Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Muestra	Fecha de Rotura	Control de Concreto		F'c Promedio	% Resistencia	% Mínimo	Condición
					Edad (Días)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )				
P-10	25%	140	07-Ago-24	14-Ago-24	7	153.77	151.04	109.84%	65.00%	CUMPLE
P-11	25%	140	07-Ago-24	14-Ago-24	7	141.58		101.13%		CUMPLE
P-12	25%	140	07-Ago-24	14-Ago-24	7	157.76		112.69%		CUMPLE
P-13	25%	140	07-Ago-24	21-Ago-24	14	185.06	191.40	132.19%	85.00%	CUMPLE
P-14	25%	140	07-Ago-24	21-Ago-24	14	205.06		146.47%		CUMPLE
P-15	25%	140	07-Ago-24	21-Ago-24	14	184.07		131.48%		CUMPLE
P-16	25%	140	07-Ago-24	04-Set-24	28	226.33	241.14	161.66%	100.00%	CUMPLE
P-17	25%	140	07-Ago-24	04-Set-24	28	239.39		170.99%		CUMPLE
P-18	25%	140	07-Ago-24	04-Set-24	28	257.69		184.06%		CUMPLE

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - REEMPLAZO 30% DE AGR**

N° Probeta	% De AGR	f'c Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Muestra	Fecha de Rotura	Control de Concreto		F'c Promedio	% Resistencia	% Mínimo	Condición
					Edad (Días)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )				
P-19	30%	140	08-Ago-24	15-Ago-24	7	159.76	149.89	114.11%	65.00%	CUMPLE
P-20	30%	140	08-Ago-24	15-Ago-24	7	134.71		96.22%		CUMPLE
P-21	30%	140	08-Ago-24	15-Ago-24	7	155.19		110.85%		CUMPLE
P-22	30%	140	08-Ago-24	22-Ago-24	14	192.88	184.99	137.77%	85.00%	CUMPLE
P-23	30%	140	08-Ago-24	22-Ago-24	14	180.33		128.81%		CUMPLE
P-24	30%	140	08-Ago-24	22-Ago-24	14	181.77		129.84%		CUMPLE
P-25	30%	140	08-Ago-24	05-Set-24	28	213.73	208.27	152.66%	100.00%	CUMPLE
P-26	30%	140	08-Ago-24	05-Set-24	28	205.72		146.94%		CUMPLE
P-27	30%	140	08-Ago-24	05-Set-24	28	205.36		146.69%		CUMPLE

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - REEMPLAZO 40% DE AGR**

N° Probeta	% De AGR	f'c Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Muestra	Fecha de Rotura	Control de Concreto		F'c Promedio	% Resistencia	% Mínimo	Condición
					Edad (Días)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )				
P-28	40%	140	20-Ago-24	27-Ago-24	7	143.61	141.33	102.58%	65.00%	CUMPLE
P-29	40%	140	20-Ago-24	27-Ago-24	7	142.43		101.74%		CUMPLE
P-30	40%	140	20-Ago-24	27-Ago-24	7	137.95		98.54%		CUMPLE
P-31	40%	140	15-Ago-24	29-Ago-24	14	168.59	163.55	120.42%	85.00%	CUMPLE
P-32	40%	140	15-Ago-24	29-Ago-24	14	158.53		113.24%		CUMPLE
P-33	40%	140	15-Ago-24	29-Ago-24	14	163.53		116.81%		CUMPLE
P-34	40%	140	14-Ago-24	11-Set-24	28	203.81	204.51	145.58%	100.00%	CUMPLE
P-35	40%	140	14-Ago-24	11-Set-24	28	195.05		139.32%		CUMPLE
P-36	40%	140	14-Ago-24	11-Set-24	28	214.67		153.34%		CUMPLE

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - REEMPLAZO 50% DE AGR**

N° Probeta	% De AGR	f'c Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Muestra	Fecha de Rotura	Control de Concreto		F'c Promedio	% Resistencia	% Mínimo	Condición
					Edad (Días)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )				
P-37	50%	140	20-Ago-24	27-Ago-24	7	118.11	114.74	84.36%	65.00%	CUMPLE
P-38	50%	140	20-Ago-24	27-Ago-24	7	118.26		84.47%		CUMPLE
P-39	50%	140	20-Ago-24	27-Ago-24	7	107.86		77.04%		CUMPLE
P-40	50%	140	15-Ago-24	29-Ago-24	14	127.37	139.41	90.98%	85.00%	CUMPLE
P-41	50%	140	15-Ago-24	29-Ago-24	14	137.1		97.93%		CUMPLE
P-42	50%	140	15-Ago-24	29-Ago-24	14	153.76		109.83%		CUMPLE
P-43	50%	140	14-Ago-24	11-Set-24	28	179.79	164.42	128.42%	100.00%	CUMPLE
P-44	50%	140	14-Ago-24	11-Set-24	28	154.84		110.60%		CUMPLE
P-45	50%	140	14-Ago-24	11-Set-24	28	158.64		113.31%		CUMPLE

## Anexo 2: Evidencias de la ejecución de la propuesta

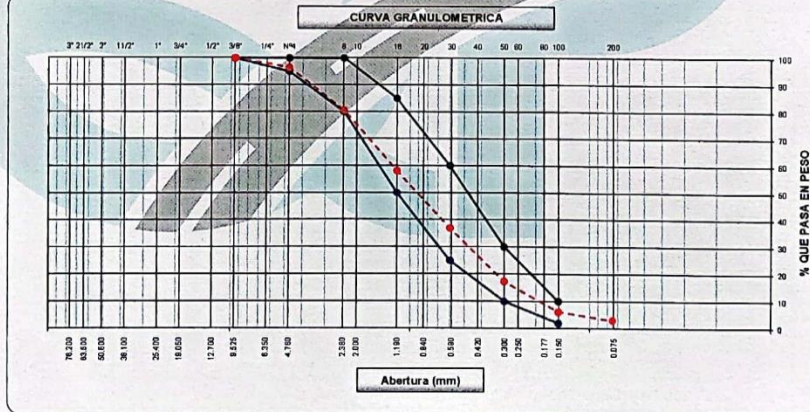
### \_Control de Calidad de agregados en Laboratorio Quality Pavements



#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

✉ areacomercial@qualitypavements.com ☎ (+51)902 728 407  
 ✉ gerencia@qualitypavements.com ☎ (+51)969 588 001  
 ✉ areadadministracion@qualitypavements.com ☎ (+51)947 394 840

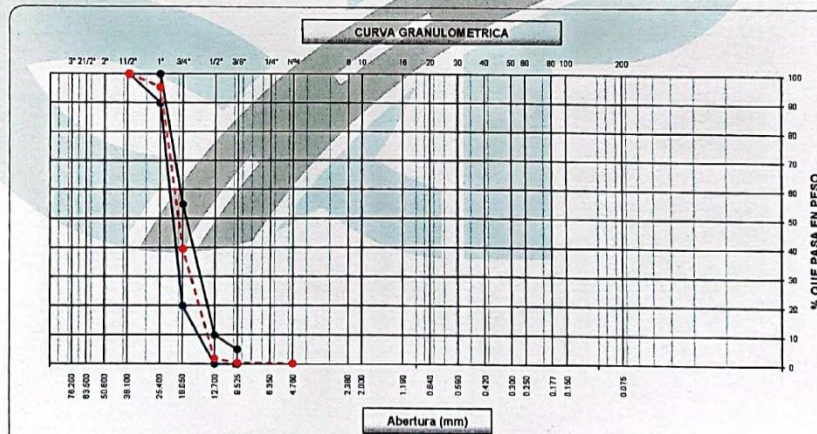
ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE AGREGADOS							
NTP 400.012/ASTMD422							
Fecha de Recepción	3/05/2024			Orden de Servicio	214277		
Fecha de Ensayo	3/05/2024			N° Informe	013052		
Fecha de Emisión	06/05/2024						
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE							
SOLICITANTE: MOGOLLON CALLE DORIS ALEXIA - CARHUATOCTO FRIAS JUAN LUIS							
OBRA:	TESIS: DISEÑO DE CONCRETO FC=140 KG/CM2 UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS.			PROCEDENCIA	CANTERA CERRO MOCHO		
UBICACIÓN: PIURA							
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Arena - Concreto	Descripción
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <u>1,298.0</u>
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) _____
2 1/2"	60.300						<b>2. Características</b>
2"	50.800						Tamaño Máximo <u>3/8"</u>
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal <u>N°4</u>
1"	25.400						Grava (%) <u>3.6</u>
3/4"	19.000						Arena (%) <u>93.3</u>
1/2"	12.700						Finos (%) <u>3.1</u>
3/8"	9.520				100.0	100	Modulo de Fineza (%) <u>3.05</u>
1/4"	6.350						<b>3. Clasificación</b>
N° 4	4.750	47.0	3.6	3.6	96.4	95	Limite Líquido (%) _____
N° 8	2.360	206.0	15.9	19.5	80.5	80	Limite Plástico (%) _____
N° 10	2.000					85	Indice de Plasticidad (%) _____
N° 16	1.190	291.0	22.4	41.9	58.1	50	Clasificación SUCS _____
N° 20	0.850					25	Clasificación AASHTO _____
N° 30	0.600	275.0	21.2	63.1	36.9	25	Observaciones: _____
N° 40	0.420					10	
N° 50	0.300	255.0	19.7	82.8	17.3	10	
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	144.0	11.1	93.8	6.2	2	
N° 200	0.075	40.0	3.1	96.9	3.1	10	
Pasante		40.0	3.1	100.0			



Luis Alberto Valdez Girón  
 Ingeniero Civil  
 CIP: 62041  
 Responsable

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene la validez y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE AGREGADOS							
NTP 400.012/ASTMD422							
Fecha de Recepción	30/5/2024			Orden de Servicio	214277		
Fecha de Ensayo	30/5/2024			N° Informe	013053-1		
Fecha de Emisión	6/05/2024						
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE							
SOLICITANTE: MOGOLLON CALLE DORIS ALEXIA - CARHUATOCTO FRIAS JUAN LUIS							
OBRA :	TESIS: DISEÑO DE CONCRETO FC=140 KG/CM2 UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS.				PROCEDENCIA	CANTERA SOJO	
UBICACIÓN: PIURA							
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Grava Concreto AG-3	Descripcion
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 5,811.0
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) _____
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Características</b>
1 1/2"	37.500				100.0	100	Tamaño Máximo 1"
1"	25.400	263.0	4.5	4.5	95.5	90	Tamaño Máximo Nominal 3/4"
3/4"	19.000	3,254.0	56.0	60.5	39.5	20	Grava (%) 99.8
1/2"	12.700	2,184.0	37.6	98.1	1.9	0	Arena (%) 0.0
3/8"	9.520	87.0	1.5	99.6	0.4	0	Finos (%) 0.3
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%) _____
N° 4	4.750	8.0	0.1	99.8	0.3		<b>3. Clasificación</b>
N° 8	2.360						Limite Líquido (%) _____
N° 10	2.000						Limite Plástico (%) _____
N° 16	1.190						Indice de Plasticidad (%) _____
N° 20	0.850						Clasificación SUCS _____
N° 30	0.600						Clasificación AASHTO _____
N° 40	0.420						Observaciones: _____
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075						
Pasante		15.0	0.3	100.0			GRAVA HUSO 5



*[Handwritten Signature]*

**LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
 QUALITY PAVEMENTS SAC

Luis Alberto Valdez Girón  
 Ingeniero Civil  
 CIP: 62041  
 Responsable

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene la validez y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.



**ENSAYOS QUÍMICOS DE AGREGADOS (SUELOS)**

Fecha de Recepción : 6/05/2024	Orden de Servicio : 214285
Fecha de Ensayo : 7/05/2024	N° Informe : 013522
Fecha de Emisión : 8/05/2024	

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE**

SOLICITANTE	: MOGOLLON CALLE DORIS ALEXIA - CARHUATOCTO FRIAS JUAN LUIS
OBRA	: DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM2 UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS.
UBICACIÓN	: PIURA

**RESULTADOS**

MATERIAL : TERRENO NATURAL  
IDENTIFICACION : M-01

ENSAYO	NORMATIVA	RESULTADO
Contenido de Sulfatos	NTP 339.178	0.0282%

**OBSERVACIONES:**

Muestra proporcionada por el solicitante.




Luis Alberto Valdez Girón  
Ingeniero Civil  
CIP: 62041  
Responsable

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene la validez y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.

**\_Molienda de probetas recicladas en Laboratorio de UDEP**



**UNIVERSIDAD  
DE PIURA**

AV. RAMON MUGICA NRO. 131 SAN EDUARDO  
PIURA - PIURA - PIURA  
TELEFONO: (073)284500

**RUC: 20172627421**  
**FACTURA ELECTRÓNICA**

**F015-00003377**

DOCUMENTO 10764453064  
CLIENTE MOGOLLON CALLE DORIS ALEXIA  
DIRECCION ---

EMISION 2024-07-09  
MONEDA SOLES  
VENCIMIENTO 2024-07-09  
CONDICIÓN PAGO CONTADO

SERVICIOS EXTERNOS  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR VENTA UNITARIO	% DSCTO	DESCUENTO	PRECIO UNITARIO	VALOR VENTA TOTAL
1.00	O.S. N°27251¿ LEMC. ¿ Molienda de especimenes de concreto	423.73	0.00	0.00	500.00	423.73

**SON** QUINIENTOS CON 00/100 SOLES  
**GLOSA** O.S. N°27251¿ LEMC. ¿ Molienda de especimenes de concreto

**OBSERVACIONES**

REPRESENTACIÓN IMPRESA DE LA FACTURA ELECTRÓNICA  
ESTA PUEDE SER CONSULTADA EN WWW.UDEP.EDU.PE  
AUTORIZADO MEDIANTE RESOLUCIÓN N 082005000001 /SUNAT



DESCUENTO TOTAL 0.00  
OP. GRATUITAS 0.00  
OP. EXONERADAS 0.00  
OP. INAFECTAS 0.00  
OP. GRAVADAS 423.73  
IGV 76.27  
ISC 0.00  
IMPORTE TOTAL 500.00

F015-00003377 - Página 1 de 1

## \_Ensayos realizados en el laboratorio de la UPAO

### ANALISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE AGREGADOS

NTP 400.012 / ASTM D - 422



**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS  
\_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

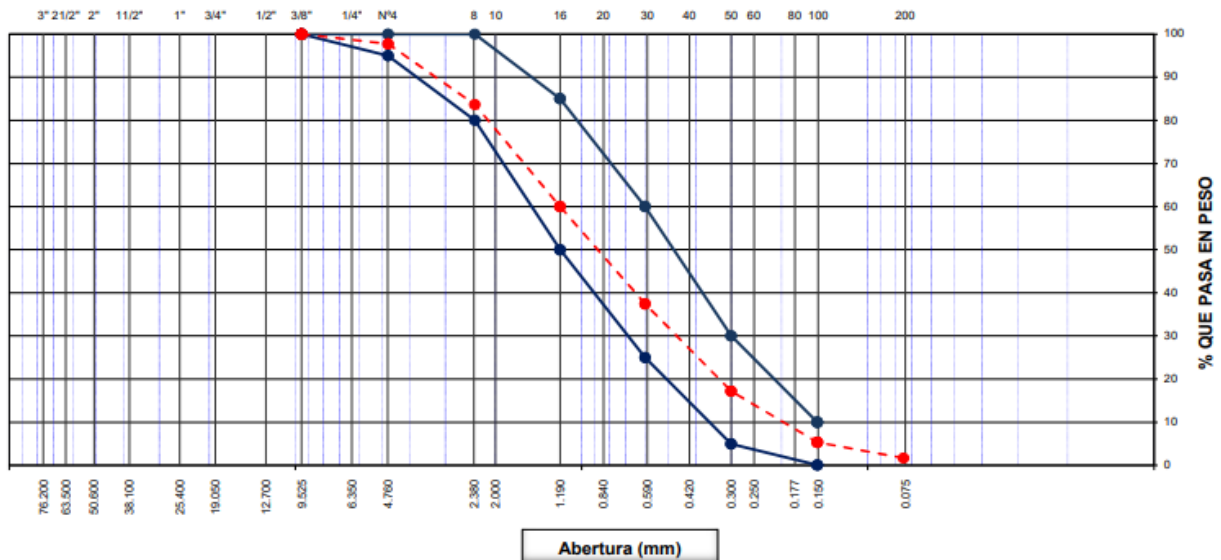
**FECHA RECEPCIÓN:** 24-Jul.-24

**DESCRIPCIÓN:** AGREGADO FINO - CERRO MOCHO

**FECHA ENSAYO:** 26-Jul-24

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Arena - Concreto		Descripcion
5"	127.000							<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600							Peso Inicial Total (Gr) <span style="float: right;">355.0</span>
3"	73.000							Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr)
2 1/2"	60.300							<b>2. Características</b>
2"	50.800							Tamaño Maximo <span style="float: right;">3/8"</span>
1 1/2"	37.500							Tamaño Maximo Nominal <span style="float: right;">N° 4</span>
1"	25.400							Grava (%) <span style="float: right;">2.3</span>
3/4"	19.000							Arena (%) <span style="float: right;">96.1</span>
1/2"	12.700							Finos (%) <span style="float: right;">1.7</span>
3/8"	9.520				100.0	100	100	Modulo de Fineza (%) <span style="float: right;">3.0</span>
1/4"	6.350							<b>3. Clasificacion</b>
N° 4	4.750	8.0	2.3	2.3	97.8	95	100	Limite Liquido (%)
N° 8	2.360	50.0	14.1	16.3	83.7	80	100	Limite Plastico (%)
N° 10	2.000							Indice de Plasticidad (%)
N° 16	1.190	84.0	23.7	40.0	60.0	50	85	Clasificacion SUCS
N° 20	0.850							Clasificacion AASHTO
N° 30	0.600	80.0	22.5	62.5	37.5	25	60	Observaciones:
N° 40	0.420							<b>ARENA GRUESA</b>
N° 50	0.300	72.0	20.3	82.8	17.2	5	30	
N° 60	0.250							
N° 80	0.180							
N° 100	0.150	42.0	11.8	94.6	5.4	0	10	
N° 200	0.075	13.0	3.7	98.3	1.7			
Pasante		6.0	1.7	100.0				

**CURVA GRANULOMETRICA**



ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE AGREGADOS

NTP 400.012 / ASTM D - 422

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS  
MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

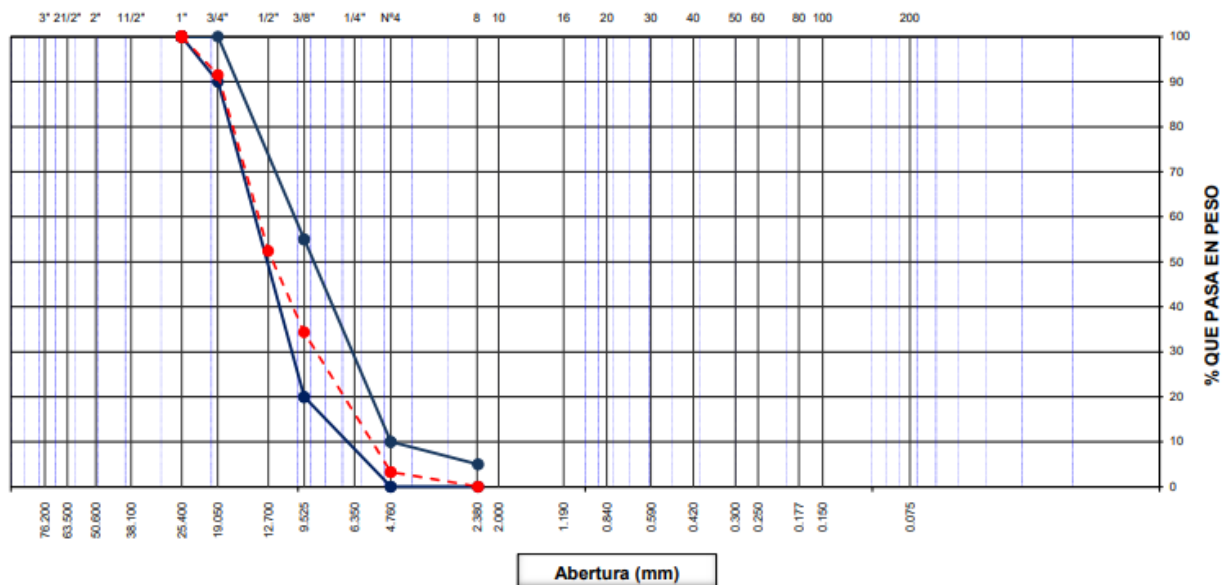
**FECHA RECEPCIÓN:** 24-Jul.-24

**DESCRIPCIÓN:** AGREGADO GRUESO - SOJO

**FECHA ENSAYO:** 26-Jul-24

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Grava Concreto AG-3		Descripcion
5"	127.000							<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600							Peso Inicial Total (kg) <b>5,514.0</b>
3"	73.000							Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr)
2 1/2"	60.300							<b>2. Características</b>
2"	50.800							Tamaño Maximo <b>1"</b>
1 1/2"	37.500							Tamaño Maximo Nominal <b>3/4"</b>
1"	25.400				100.0	100	100	Grava (%) <b>96.7</b>
3/4"	19.000	470.0	8.5	8.5	91.5	90	100	Arena (%) <b>0.0</b>
1/2"	12.700	2,156.0	39.1	47.6	52.4			Finos (%) <b>0.1</b>
3/8"	9.520	994.0	18.0	65.7	34.4	20	55	Modulo de Fineza (%)
1/4"	6.350							<b>3. Clasificacion</b>
N° 4	4.750	1,713.0	31.1	96.7	3.3	0	10	Limite Liquido (%)
N° 8	2.360	177.0	3.2	99.9	0.1	0	5	Limite Plastico (%)
N° 10	2.000							Indice de Plasticidad (%)
N° 16	1.190							Clasificacion SUCS
N° 20	0.850							Clasificacion AASHTO
N° 30	0.600							Observaciones:
N° 40	0.420							<b>GRAVA HUSO 67</b>
N° 50	0.300							
N° 60	0.250							
N° 80	0.180							
N° 100	0.150							
N° 200	0.075							
Pasante		4.0	0.1	100.0				

CURVA GRANULOMETRICA



# ANALISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE AGREGADOS

**UPAO**  
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

NTP 400.012 / ASTM D - 422

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS  
MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

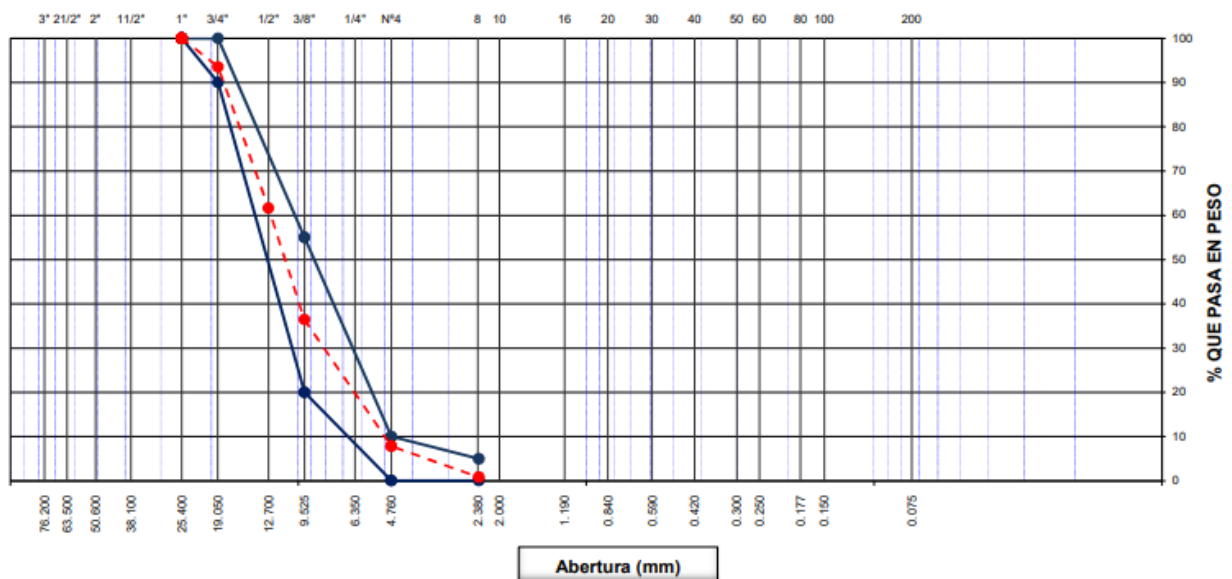
**FECHA RECEPCIÓN:** 25-jul.-24

**DESCRIPCIÓN:** AGREGADO GRUESO RECICLADO - PROBETAS DE CONCRETO

**FECHA ENSAYO:** 01-Ago-24

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Grava Concreto AG-3	Descripcion
5"	127.000						<b>1. Peso de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) <b>5,568.0</b>
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr)
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Características</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo <b>1"</b>
1"	25.400				100.0	<b>100</b>	Tamaño Maximo Nominal <b>3/4"</b>
3/4"	19.000	<b>360.0</b>	6.5	6.5	93.5	<b>90</b>	Grava (%) <b>92.1</b>
1/2"	12.700	<b>1,775.0</b>	31.9	38.4	61.7		Arena (%) <b>0.0</b>
3/8"	9.520	<b>1,403.0</b>	25.2	63.6	36.5	<b>20</b>	Finos (%) <b>0.8</b>
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	<b>1,592.0</b>	28.6	92.1	7.9	<b>0</b>	<b>3. Clasificación</b>
N° 8	2.360	<b>392.0</b>	7.0	99.2	0.8	<b>0</b>	Limite Liquido (%)
N° 10	2.000						Limite Plastico (%)
N° 16	1.190						Indice de Plasticidad (%)
N° 20	0.850						Clasificación SUCS
N° 30	0.600						Clasificación AASHTO
N° 40	0.420						
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						Observaciones:
N° 80	0.180						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075						
Pasante		<b>46.0</b>	0.8	100.0			<b>GRAVA HUSO 67</b>

**CURVA GRANULOMETRICA**



**PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO Y FINO**

**NTP 400.017**

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:**   \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS **FECHA RECEPCIÓN:**   24-jul.-24  
  \_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**DESCRIPCIÓN:**   Piedra Chancada de 3/4" - Cantera Sojo **FECHA ENSAYO:**   26-Jul-24

**MASA UNITARIA AGREGADO GRUESO**

**PESO UNITARIO SUELTO**

ENSAYO		1	2	PROMEDIO
W.s + W.r	(g)	5691.0		5691.0
W.r	(g)	1757.0		1757.0
W.s	(g)	3934.0		3934.0
V.r	(cm <sup>3</sup> )	2739.1		2739.1
<b>M.U.S</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.436</b>		<b>1.436</b>
Gs. Aparente (S)		2.71		2.710
$V = 100((S*W)-M.U.S.)/(S*W)$	%	46.9		46.9

**PESO UNITARIO COMPACTO**

ENSAYO		1	2	PROMEDIO
W.s + W.r	(g)	6166.0		6166.0
W.r	(g)	1757.0		1757.0
W.s	(g)	4409.0		4409.0
V.r	(cm <sup>3</sup> )	2739.1		2739.1
<b>M.U.C</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.610</b>		<b>1.610</b>
Gs. Aparente (S)		2.71		2.710
$V = 100((S*W)-M.U.S.)/(S*W)$	%	40.5		40.5

**DONDE:**

- W.s + W.r = Masa de la muestra mas el recipiente
- W.r = Peso del recipiente
- W.s = Peso de la muestra
- V.r = Volumen del recipiente
- M.U.S = Peso unitaria suelta
- M.U.C = peso unitaria compacta
- Gs. Gravedad específica aparente (S) (base seca), determinada con las normas NTP 400.021 Y 400.022
- W = Densidad del agua (0,998 g/cm<sup>3</sup>)
- V = % de vacíos

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO (mm)	CAPACIDAD DEL MOLDE (L)
12,5	2,8
25,0	9,3
37,5	14,0

PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO Y FINO

NTP 400.017

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS  
\_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**FECHA RECEPCIÓN:** 24-Jul.-24

**DESCRIPCIÓN:** Agregado fino - Cantera Cerro Mocho

**FECHA ENSAYO:** 26-Jul-24

MASA UNITARIA AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO

ENSAYO		1	2	PROMEDIO
W.s + W.r	(g)	6198.0		6198.0
W.r	(g)	1757.0		1757.0
W.s	(g)	4441.0		4441.0
V.r	(cm <sup>3</sup> )	2739.1		2739.1
M.U.S	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.621</b>		<b>1.621</b>
Gs. Aparente (S)		2.58		2.577
$V = 100((S*W)-M.U.S.)/(S*W)$	%	37.0		37.0

PESO UNITARIO COMPACTO

ENSAYO		1	2	PROMEDIO
W.s + W.r	(g)	6513.0		6513.0
W.r	(g)	1757.0		1757.0
W.s	(g)	4756.0		4756.0
V.r	(cm <sup>3</sup> )	2739.1		2739.1
M.U.C	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.736</b>		<b>1.736</b>
Gs. Aparente (S)		2.58		2.577
$V = 100((S*W)-M.U.S.)/(S*W)$	%	32.5		32.5

DONDE:

W.s + W.r = Masa de la muestra mas el recipiente

W.r = Peso del recipiente

W.s = Peso de la muestra

V.r = Volumen del recipiente

M.U.S = Peso unitaria suelta

M.U.C = peso unitaria compacta

Gs. Gravedad especifica aparente (S) (base seca), determinada con las normas

NTP 400.021 Y 400.022

W = Densidad del agua (0,998 g/cm<sup>3</sup>)

V = % de vacios

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO (mm)	CAPACIDAD DEL MOLDE (L)
12,5	2,8
25,0	9,3
37,5	14,0

PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO Y FINO

NTP 400.017

**UPAO**  
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS  
MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**FECHA RECEPCIÓN:** 25-jul.-24

**DESCRIPCIÓN:** Piedra Chancada de 3/4" - Probetas de Concreto Trituradas

**FECHA ENSAYO:** 01-Ago-24

MASA UNITARIA AGREGADO GRUESO RECICLADO

PESO UNITARIO SUELTO

ENSAYO		1	2	PROMEDIO
W.s + W.r	(g)	4944.0		4944.0
W.r	(g)	1757.0		1757.0
W.s	(g)	3187.0		3187.0
V.r	(cm <sup>3</sup> )	2739.1		2739.1
M.U.S	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.164</b>		<b>1.164</b>
Gs. Aparente (S)		2.19		2.188
$V = 100((S*W)-M.U.S.)/(S*W)$	%	46.7		46.7

PESO UNITARIO COMPACTO

ENSAYO		1	2	PROMEDIO
W.s + W.r	(g)	5291.0		5291.0
W.r	(g)	1757.0		1757.0
W.s	(g)	3534.0		3534.0
V.r	(cm <sup>3</sup> )	2739.1		2739.1
M.U.C	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.290</b>		<b>1.290</b>
Gs. Aparente (S)		2.19		2.188
$V = 100((S*W)-M.U.S.)/(S*W)$	%	40.9		40.9

**DONDE:**

W.s + W.r = Masa de la muestra mas el recipiente

W.r = Peso del recipiente

W.s = Peso de la muestra

V.r = Volumen del recipiente

M.U.S = Peso unitaria suelta

M.U.C = peso unitaria compacta

Gs. Gravedad especifica aparente (S) (base seca), determinada con las normas

NTP 400.021 Y 400.022

W = Densidad del agua (0,998 g/cm<sup>3</sup>)

V = % de vacios

TAMAÑO MÁXIMO	CAPACIDAD
NOMINAL DEL	DEL MOLDE
AGREGADO (mm)	(L)
12,5	2,8
25,0	9,3
37,5	14,0



**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO**

NTP 339.185 / ASTM C - 566

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'c=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS  
\_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**FECHA RECEPCIÓN:** 24-jul.-24

**DESCRIPCIÓN:** Agregado Fino - Cerro Mocho

**FECHA ENSAYO:** 26-Jul-24

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	M - 1	M - 2
Peso de Tara	(g)	147.00	143.00
Peso de Tara +Muestra Húmeda	(g)	680.00	687.00
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	677.00	684.00
Peso de Agua	(g)	3.00	3.00
Peso Muestra Seca (horno)	(g)	530.00	541.00
Contenido de humedad	(%)	0.57%	0.55%
<b>PROMEDIO - CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		<b>0.56%</b>	

**CUADRO RESUMEN**

<b>Cont. Húmedad (W) %</b>	<b>0.56%</b>
----------------------------	--------------

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO**

NTP 339.185 / ASTM C - 566

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** \_\_\_\_\_  
 \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS  
 \_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**FECHA RECEPCIÓN:** 24-Jul.-24

**DESCRIPCIÓN:** Piedra Chancada de 3/4" - Cantera Sojo

**FECHA ENSAYO:** 26-Jul-24

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	M - 1	M - 2
Peso de Tara	(g)	141.00	267.00
Peso de Tara +Muestra Húmeda	(g)	3233.00	3395.00
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	3211.00	3376.00
Peso de Agua	(g)	22.00	19.00
Peso Muestra Seca (horno)	(g)	3070.00	3109.00
Contenido de humedad	(%)	<b>0.72%</b>	<b>0.61%</b>
<b>PROMEDIO - CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			<b>0.66%</b>

**CUADRO RESUMEN**

<b>Cont. Húmedad (W) %</b>	<b>0.66%</b>
----------------------------	--------------

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO RECICLADO**

NTP 339.185 / ASTM C - 566

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS  
\_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**FECHA RECEPCIÓN:** 25-jul.-24

**DESCRIPCIÓN:** Piedra Chancada de 3/4" -Probetas de Concreto Reciclado

**FECHA ENSAYO:** 01-Ago-24

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO RECICLADO**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	M - 1	M - 2
Peso de Tara	(g)	271.00	290.00
Peso de Tara +Muestra Húmeda	(g)	3271.00	3470.00
Peso Tara + Muestra Seca	(g)	3174.00	3370.00
Peso de Agua	(g)	97.00	100.00
Peso Muestra Seca (horno)	(g)	2903.00	3080.00
Contenido de humedad	(%)	3.34%	3.25%
<b>PROMEDIO - CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			<b>3.29%</b>

**CUADRO RESUMEN**

<b>Cont. Húmedad (W) %</b>	<b>3.29%</b>
----------------------------	--------------

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO**

**NTP 400.022**

**UPAO**  
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS \_MOGOLLÓN **FECHA RECEPCIÓN:** 24-jul.-24  
CALLE, DORIS ALEXIA

**DESCRIPCIÓN:** AGREGADO FINO - CERRO MOCHO **FECHA ENSAYO:** 30-Jul-24

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO**

<b>ENSAYO</b>		
Peso de Material SSS (A)	(g)	500
Peso Fiola + Agua (B)	(g)	639
Peso Fiola + Agua + Muestra SSS (C)	(g)	945
Volumen de Masa + Volumen de Vacios (D) = (A+B)-C	(cm <sup>3</sup> )	194
Peso de Material seco en el horno (E)	(g)	492
Volumen de Masa (F) = D-(A-E)	(cm <sup>3</sup> )	185.69
$\% \text{ Abs} = ( ( A - E ) / E ) * 100$	<b>%</b>	<b><u>1.69%</u></b>
Gsb	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><u>2.53</u></b>
GsS.S.S.	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><u>2.58</u></b>
Gsa	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b><u>2.65</u></b>

**DONDE:**

Gsb = Peso Especifico Bulk (Base Seca)  
GsS.S.S. = Peso Especifico Superficie Seca (Base Saturada)  
Gsa = Peso Especifico Aparente (Base Seca)  
%. Abs = Porcentaje de Absorción

**NOTA:** LOS VALORES QUE SE DAN COMO TÍPICOS SON:

- \_ PESO ESPECÍFICO ENTRE 2,30 Y 2,75 g/cm<sup>3</sup>
- \_ PORCENTAJE DE ABSORCIÓN ENTRE 0,2 Y 4,0 %

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO RECICLADO**



**NTP 400.021**

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

---

**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS  
\_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**FECHA RECEPCIÓN:** 26-ago.-24

---

**DESCRIPCIÓN:** AGREGADO GRUESO 3/4" - PROBETAS DE CONCRETO RECICLADAS

**FECHA ENSAYO:** 02-Ago-24

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO RECICLADO**

<b>ENSAYO</b>		
W.s (A)	(g)	3103
W.s.s.s (B)	(g)	3292
W.w (C)	(g)	1874
Gs. Bulk = A / (A - C)	(g/cm <sup>3</sup> )	<b><u>2.52</u></b>
Gs. Bulk S.S.S = B / (B - C)	(g/cm <sup>3</sup> )	<b><u>2.32</u></b>
Gs. Aparente = A / (B - C)	(g/cm <sup>3</sup> )	<b><u>2.19</u></b>
% Abs = ( ( B - A ) / A ) * 100	%	<b><u>6.09%</u></b>

**DONDE:** W.s = Peso en el aire de la muestra seca ( A )  
W.s.s.s = Peso en el aire de la muestra saturada y superficialmente seca ( B )  
W.w = Peso de la muestra sumergida en agua (C)  
Gs. Bulk = Peso especifico nominal  
Gs. Bulk S.S.S = Peso especifico saturado y superficialmente seco  
Gs. Aparente  
% Absorción

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO**

**NTP 400.021**

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'c=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS  
\_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**FECHA RECEPCIÓN:** 24-Jul.-24

**DESCRIPCIÓN:** AGREGADO GRUESO 3/4" - SOJO

**FECHA ENSAYO:** 30-Jul-24

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO NATURAL**

<b>ENSAYO</b>		
W.s (A)	(g)	3171
W.s.s.s (B)	(g)	3206.5
W.w (C)	(g)	2036.2
Gs. Bulk = A / (A - C)	(g/cm <sup>3</sup> )	<b><u>2.79</u></b>
Gs. Bulk S.S.S = B / (B - C)	(g/cm <sup>3</sup> )	<b><u>2.74</u></b>
Gs. Aparente = A / (B - C)	(g/cm <sup>3</sup> )	<b><u>2.71</u></b>
% Abs = ( ( B - A ) / A ) * 100	%	<b><u>1.12%</u></b>

**DONDE:** W.s = Peso en el aire de la muestra seca ( A )  
W.s.s.s = Peso en el aire de la muestra saturada y superficialmente seca ( B )  
W.w = Peso de la muestra sumergida en agua (C)  
Gs. Bulk = Peso específico nominal  
Gs. Bulk S.S.S = Peso específico saturado y superficialmente seco  
Gs. Aparente  
%. Absorción

ABRASION DE AGREGADO GRUESO MAQUINA DE LOS ANGELES

**UPAO**  
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

NTP 400.019 / ASTM C 131

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS  
\_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**FECHA RECEPCIÓN:** 22-ago.-24

**DESCRIPCIÓN:** Agregado Grueso - Cantera Sojo

**FECHA ENSAYO:** 27-Ago-24

RESULTADOS - AGREGADO GRUESO NATURAL

ESCALONADO DE MUESTRA

Abertura de tamiz que pasa		Abertura de tamiz que es retenido		Peso entre los tamices indicados
mm	in	mm	in	gr
19,0	3/4	12,5	1/2	2504
12,5	1/2	9,5	3/8	2506
<b>PESO TOTAL</b>				5010
<b>TIPO DE GRADACIÓN</b>				B
<b>NÚMERO DE ESFERAS</b>				11
<b>MASA DE LA CARGA</b>				4562
<b>NÚMERO DE REVOLUCIONES</b>				500

Tipo de muestra		Triturado
Peso seco muestra inicial	(g)	5010
Peso seco muestra final retenido en la Malla N° 12	(g)	4381
Pérdida	(g)	629
<b>Desgaste</b>	<b>%</b>	<b>12.55</b>

ABRASION DE AGREGADO GRUESO MAQUINA DE LOS ANGELES



NTP 400.019 / ASTM C 131

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS  
\_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA **FECHA RECEPCIÓN:** 22-ago.-24

**DESCRIPCIÓN:** Agregado Grueso Reciclado - Probetas de Concreto Recicladas **FECHA ENSAYO:** 27-Ago-24

RESULTADOS - AGREGADO GRUESO RECICLADO

ESCALONADO DE MUESTRA				
Abertura de tamiz que pasa		Abertura de tamiz que es retenido		Peso entre los tamices indicados
mm	in	mm	in	gr
19,0	3/4	12,5	1/2	2504
12,5	1/2	9,5	3/8	2502
<b>PESO TOTAL</b>				5006
<b>TIPO DE GRADACIÓN</b>				B
<b>NÚMERO DE ESFERAS</b>				11
<b>MASA DE LA CARGA</b>				4562
<b>NÚMERO DE REVOLUCIONES</b>				500

Tipo de muestra		Triturado
Peso seco muestra inicial	(g)	5006
Peso seco muestra final retenido en la Malla N° 12	(g)	3569
Pérdida	(g)	1437
<b>Desgaste</b>	<b>%</b>	<b>28.71</b>



**DISEÑO DE MEZCLA**

ACI - 211

**UPAO**  
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO FC=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS \_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA **FECHA RECEPCIÓN:** 02-ago.-24

**DESCRIPCIÓN:** DISEÑO DE MEZCLA 140 KG/CM<sup>2</sup> - 0% DE REEMPLAZO **FECHA ENSAYO:** 02-Jul-24

**DATOS DE LOS MATERIALES**

Material	Agregado Grueso Natural	Material	Arena
Peso Unitario Suelto Húmedo	1436 kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Suelto Húmedo	1621 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado Stock	1610 kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado Stock	1736 kg/m <sup>3</sup>
PU varillado OD (kg/m <sup>3</sup> )	1599 kg/m <sup>3</sup>	PU varillado OD (kg/m <sup>3</sup> )	1726 kg/m <sup>3</sup>
Peso Especifico de masa	2.74 gr/cm <sup>3</sup>	Peso Especifico de masa	2.58 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	0.66% %	Contenido de Humedad	0.56% %
Porcentaje de absorción	1.12% %	Porcentaje de absorción	1.69% %
Tamaño Nominal	3/4 pulg.	Módulo de Fineza	3.0
<b>DATOS DEL CEMENTO</b>	Cemento Tipo MS Mochica	Pe:	2950 kg/m <sup>3</sup>

**Revenimiento Requerido**

**Resistencia promedio requerida:**

Tipos de Construcción				
Pavimentos y losas	Revenimiento (cm)		Revenimiento (pulg)	
	Max	Min	Max	Min
	8	2	3.15	0.79

Fe:	140 Kg/cm <sup>2</sup>
Fcr:	210 Kg/cm <sup>2</sup>

**Contenido de Aire**

TMN	Aire atrapado
3/8	3
1/2	2.5
3/4	2
1	1.5
1 1/2	1
2	0.5
3	0.3
4	0.2

Aire:	2%
-------	----

**Contenido de Agua**

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"	143	228	216	202	190	178	160	

Agua:	205.00 lts/m <sup>3</sup>
-------	---------------------------

**Relación agua/cemento**

Fcr	Relación a/c en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Fcr:	210 Kg/cm <sup>2</sup>
a/c	0.68

**Peso del agregado grueso**

TMN	Modulo de Fineza			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.6
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.76	0.74	0.72	0.7
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.81	0.79	0.77	0.75
4	0.87	0.85	0.83	0.81

**Contenido de Cemento por m3**

C =	301.47 kg
	7.09 bls

TMN	2.8	3	3
3/4	0.62	0.6	0.6

Peso ag. =	959.67 kg
------------	-----------

**Volumen Absoluto**

Cemento:	0.102 m3
Agua:	0.205 m3
Aire:	0.020 m3
Vol. Ag:	0.350 m3
Total:	0.677 m3
Vol. Af:	0.323 m3

**CANTIDADES**

		<u>Pesos Secos:</u>	<u>SSS</u>	<u>Stock</u>	<u>Agua Libre de los agregados:</u>	
Agua:	lts	205.00	205.00	218.61		
Cemento:	kg	301.47	301.47	301.47		
Ag. Grueso:	kg	959.67	970.41	966.04	-4.37	Negativo, luego absorve agua
Ag. Fino:	kg	817.50	831.32	822.08	-9.24	Negativo, luego absorve agua
Aire:	%			2.00%	-13.61	

**DOSIFICACIÓN DE MATERIALES**

			<u>Prop. Vol</u>	<u>1 TANDA = 0.020 m<sup>3</sup></u>
Agua:	lts	218.61	30.8	4.37
Cemento:	kg	301.47	1	6.03
Ag. Grueso:	kg	966.04	3.3	19.32
Ag. Fino:	kg	822.08	2.5	16.44
Aire:	%	2.00%		

DISEÑO DE MEZCLA

ACI - 211

**UPAO**  
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

**TESIS:**

DISEÑO DE CONCRETO F'c=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:**

\_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS

\_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**FECHA RECEPCIÓN:**

02-ago.-24

**DESCRIPCIÓN:**

DISEÑO DE MEZCLA 140 KG/CM<sup>2</sup> - 25% DE REEMPLAZO

**FECHA ENSAYO:**

02-Ago-24

**DATOS DE LOS MATERIALES**

Material	Agregado Grueso Natural	Material	Agregado Grueso Reciclado	Material	Arena
Peso Unitario Suelto Humedo	1436 kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Suelto Humedo	1164 kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Suelto Humedo	1621 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado Stock	1610 kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado Stock	1290 kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario Compactado Stock	1736 kg/m <sup>3</sup>
PU varillado OD	1599 kg/m <sup>3</sup>	PU varillado OD	1249 kg/m <sup>3</sup>	PU varillado OD	1726 kg/m <sup>3</sup>
Peso Especifico de masa	2.74 gr/cm <sup>3</sup>	Peso Especifico de masa	2.32 gr/cm <sup>3</sup>	Peso Especifico de masa	2.58 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	0.66% %	Contenido de Humedad	3.29% %	Contenido de Humedad	0.56% %
Porcentaje de absorción	1.12% %	Porcentaje de absorción	6.09% %	Porcentaje de absorción	1.69% %
Tamaño Nominal	3/4 pulg.	Tamaño Nominal	3/4 pulg.	Modulo de Fineza	3.0

**DATOS DEL CEMENTO** Cemento Tipo MS Mochica Pe: 2950 kg/m<sup>3</sup>

**Revenimiento Requerido**

**Resistencia promedio requerida:**

Tipos de Construcción				
Pavimentos y losas	Revenimiento (cm)		Revenimiento (pulg)	
	Max	Min	Max	Min
	8	2	3.15	0.79

F'c:	140 Kg/cm <sup>2</sup>
F'cr:	210 Kg/cm <sup>2</sup>

**Contenido de Aire**

TMN	Aire atrapado
3/8	3
1/2	2.5
3/4	2
1	1.5
1 1/2	1
2	0.5
3	0.3
4	0.2

Aire:	2%
-------	----

**Contenido de Agua**

Asentamiento	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6	Agua:
1 a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113	205.00 lts/m <sup>3</sup>
3 a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124	
6 a 7"	143	228	216	202	190	178	160		

**Relación agua/cemento**

F'cr	Relación a/c en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

F'cr:	210 Kg/cm <sup>2</sup>
a/c	0.68

**Peso del agregado grueso**

TMN	Modulo de Fineza			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.6
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.76	0.74	0.72	0.7
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.81	0.79	0.77	0.75
4	0.87	0.85	0.83	0.81

**Contenido de Cemento por m3**

C =	301.47 kg
	7.09 bls

TMN	2.8	3	3
3/4	0.62	0.6	0.6

Peso ag. =	959.67 kg
------------	-----------

**Volúmenes Absolutos**

Cemento:	0.102 m3
Agua:	0.205 m3
Aire:	0.020 m3
Vol. Ag:	0.350 m3
Total:	0.677 m3
Vol. Af:	0.323 m3

**CANTIDADES**

		<u>Pesos Secos:</u>	<u>SSS</u>	<u>Stock</u>		<u>Agua Libre de los agregados:</u>
Agua:	lts	205.00	205.00	218.61		
Cemento:	kg	301.47	301.47	301.47		
Ag. Grueso:	kg	959.67	970.41	966.04	-4.37	Negativo, luego absorbe agua
Ag. Fino:	kg	817.50	831.32	822.08	-9.24	Negativo, luego absorbe agua
Aire:	%			2.00%	-13.61	

**DOSIFICACIÓN DE MATERIALES**

			<u>Prop. Vol</u>	<u>1 TANDA = 0.020 m<sup>3</sup></u>
Agua:	lts	219	30.9	4.38
Cemento:	kg	301	1	6.0296
Ag. Grueso:	kg	966	3.3	19.32
Ag. Fino:	kg	822	2.5	16.44
Aire:	%	2.00%		

**REEMPLAZO DE AGN POR AGR EN 25%**

<u>Pesos Secos:</u>		
Agua:	lts	205.00
Cemento:	kg	301.47
Ag. Grueso:	kg	959.67
Ag. Natural (75%)	kg	719.75
Ag. Reciclado (25%)	kg	239.92

<u>Volúmenes Absolutos</u>		
Agua:	0.205	lts
Cemento:	0.102	kg
Ag. Grueso Natural	0.266	kg
Ag. Grueso Reciclado	0.110	kg
Aire	0.020	%
Total	0.702	
Ag. Fino	0.298	kg

**CANTIDADES**

		<u>Pesos Secos:</u>	<u>SSS</u>	<u>Stock</u>	<u>Agua Libre de los agregados:</u>	
Agua:	lts	205.00	205.00	223.65		
Cemento:	kg	301.47	301.47	301.47		
Ag. Grueso Natural:	kg	719.75	727.81	724.53	-3.28	Negativo, luego absorve agua
Ag. Grueso Reciclado:	kg	239.92	254.53	247.82	-6.71	Negativo, luego absorve agua
Ag. Fino:	kg	766.85	779.81	771.14	-8.66	Negativo, luego absorve agua
Aire:	%			2.00%	-18.65	

**DOSIFICACIÓN DE MATERIALES**

			<u>Prop. Vol</u>	<u>1 TANDA = 0.020 m<sup>3</sup></u>
Agua:	lts	223.65	31.5	4.47
Cemento:	kg	301.47	1	6.03
Ag. Grueso Natural:	kg	724.53	2.5	14.49
Ag. Grueso Reciclado:	kg	247.82	1.1	4.96
Ag. Fino:	kg	771.14	2.4	15.42
Aire:	%	2.00%		

**REEMPLAZO DE AGN POR AGR EN 30%**Pesos Secos:

Agua:	lts	205.00
Cemento:	kg	301.47
Ag. Grueso:	kg	959.67
Ag. Natural (70%)	kg	671.77
Ag. Reciclado (30%)	kg	287.90

Volúmenes Absolutos

Agua:	0.205	lts
Cemento:	0.102	kg
Ag. Grueso Natural	0.248	kg
Ag. Grueso Reciclado	0.132	kg
Aire	0.020	%
Total	0.707	
Ag. Fino	0.293	kg

CANTIDADES

		<u>Pesos Secos:</u>	<u>SSS</u>	<u>Stock</u>	<u>Agua Libre de los agregados:</u>	
Agua:	lts	205.00	205.00	224.65		
Cemento:	kg	301.47	301.47	301.47		
Ag. Grueso Natural:	kg	671.77	679.29	676.23	-3.06	Negativo, luego absorbe agua
Ag. Grueso Reciclado:	kg	287.90	305.44	297.38	-8.05	Negativo, luego absorbe agua
Ag. Fino:	kg	755.98	768.75	760.21	-8.54	Negativo, luego absorbe agua
Aire:	%			2.00%	-19.65	

DOSIFICACIÓN DE MATERIALES

			<u>Prop. Vol</u>	<u>1 TANDA = 0.020 m<sup>3</sup></u>
Agua:	lts	224.65	31.7	4.49
Cemento:	kg	301.47	1	6.03
Ag. Grueso Natural:	kg	676.23	2.3	13.52
Ag. Grueso Reciclado:	kg	297.38	1.3	5.95
Ag. Fino:	kg	760.21	2.3	15.20
Aire:	%	2.00%		

**REEMPLAZO DE AGN POR AGR EN 40%**

<u>Pesos Secos:</u>		
Agua:	lts	205.00
Cemento:	kg	301.47
Ag. Grueso:	kg	959.67
Ag. Natural (60%)	kg	575.80
Ag. Reciclado (40%)	kg	383.87

<u>Volúmenes Absolutos</u>		
Agua:	0.205	lts
Cemento:	0.102	kg
Ag. Grueso Natural	0.213	kg
Ag. Grueso Reciclado	0.175	kg
Aire	0.020	%
Total	0.715	
Ag. Fino	0.285	kg

**CANTIDADES**

		<u>Pesos Secos:</u>	<u>SSS</u>	<u>Stock</u>	<u>Agua Libre de los agregados:</u>	
Agua:	lts	205.00	205.00	226.66		
Cemento:	kg	301.47	301.47	301.47		
Ag. Grueso Natural:	kg	575.80	582.25	579.62	-2.62	Negativo, luego absorbe agua
Ag. Grueso Reciclado:	kg	383.87	407.25	396.51	-10.74	Negativo, luego absorbe agua
Ag. Fino:	kg	734.23	746.64	738.35	-8.30	Negativo, luego absorbe agua
Aire:	%			2.00%	-21.66	

**DOSIFICACIÓN DE MATERIALES**

			<u>Prop. Vol</u>	<u>1 TANDA = 0.020 m<sup>3</sup></u>
Agua:	lts	226.66	32.0	4.53
Cemento:	kg	301.47	1	6.03
Ag. Grueso Natural:	kg	579.62	2.0	11.59
Ag. Grueso Reciclado:	kg	396.51	1.7	7.93
Ag. Fino:	kg	738.35	2.3	14.77
Aire:	%	2.00%		

**REEMPLAZO DE AGN POR AGR EN 50%**

<u>Pesos Secos:</u>		
Agua:	lts	205.00
Cemento:	kg	301.47
Ag. Grueso:	kg	959.67
Ag. Natural (50%)	kg	479.83
Ag. Reciclado (50%)	kg	479.83

<u>Volúmenes Absolutos</u>		
Agua:	0.205	lts
Cemento:	0.102	kg
Ag. Grueso Natural	0.177	kg
Ag. Grueso Reciclado	0.219	kg
Aire	0.020	%
Total	0.724	
Ag. Fino	0.276	kg

**CANTIDADES**

		<u>Pesos Secos:</u>	<u>SSS</u>	<u>Stock</u>	<u>Agua Libre de los agregados:</u>	
Agua:	lts	205.00	205.00	228.66		
Cemento:	kg	301.47	301.47	301.47		
Ag. Grueso Natural:	kg	479.83	485.20	483.02	-2.19	Negativo, luego absorbe agua
Ag. Grueso Reciclado:	kg	479.83	509.06	495.64	-13.42	Negativo, luego absorbe agua
Ag. Fino:	kg	712.49	724.53	716.48	-8.05	Negativo, luego absorbe agua
Aire:	%			2.00%	-23.66	

**DOSIFICACIÓN DE MATERIALES**

			<u>Prop. Vol</u>	<u>1 TANDA = 0.020 m<sup>3</sup></u>
Agua:	lts	228.66	32.2	4.57
Cemento:	kg	301.47	1	6.03
Ag. Grueso Natural:	kg	483.02	1.7	9.66
Ag. Grueso Reciclado:	kg	495.64	2.1	9.91
Ag. Fino:	kg	716.48	2.2	14.33
Aire:	%	2.00%		



# RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO

NTP 339.034

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO  $f'c=140 \text{ KG/CM}^2$  UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

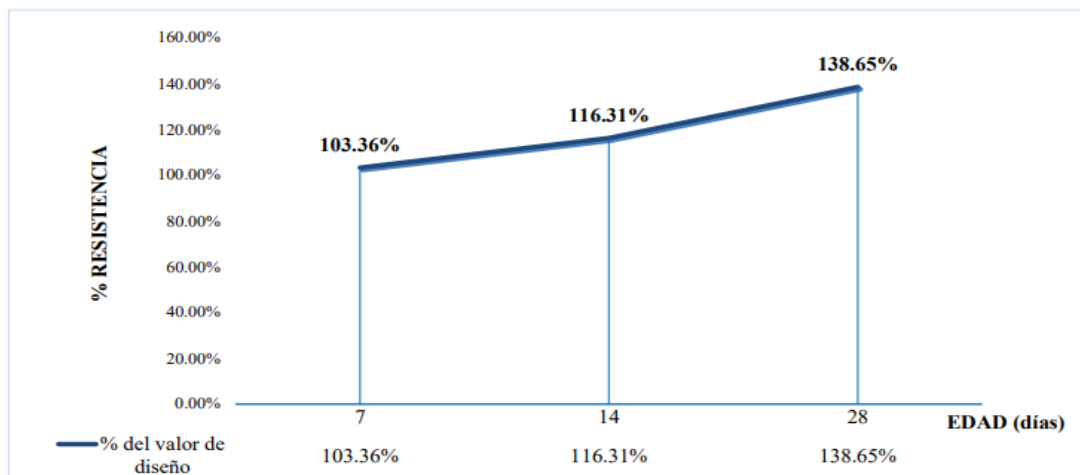
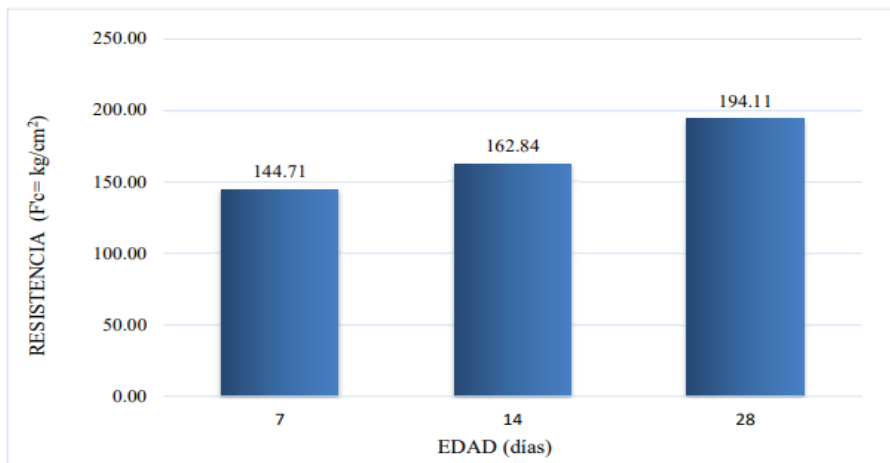
**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS \_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**DISEÑO:** DISEÑO DE CONCRETO CONVENCIONAL - 0%

## RESULTADOS:

CONCRETO	140 Kg/cm <sup>2</sup>
----------	------------------------

N°	%	Muestreo	Ensayo	Edad	F'c = kg/cm <sup>2</sup>	Promedio	% del valor de diseño
1	0 %	20-Ago	27-Ago	7	146.86	144.71	103.36%
2					134.83		
3					152.43		
4		20-Ago	03-Set	14	150.81	162.84	116.31%
5					169.38		
6					168.32		
7		15-Ago	12-Set	28	193.70	194.11	138.65%
8					191.98		
9					196.66		



**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO  $F'c=140 \text{ KG/CM}^2$  UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

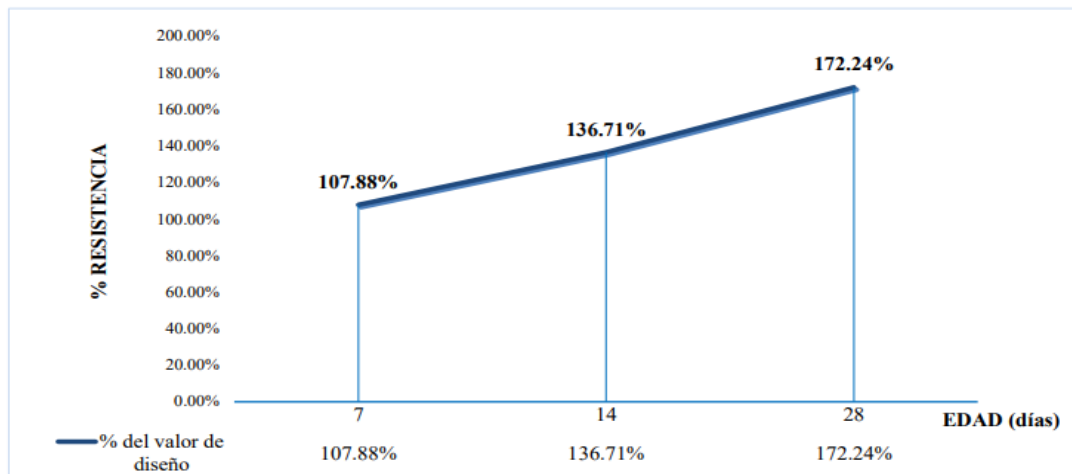
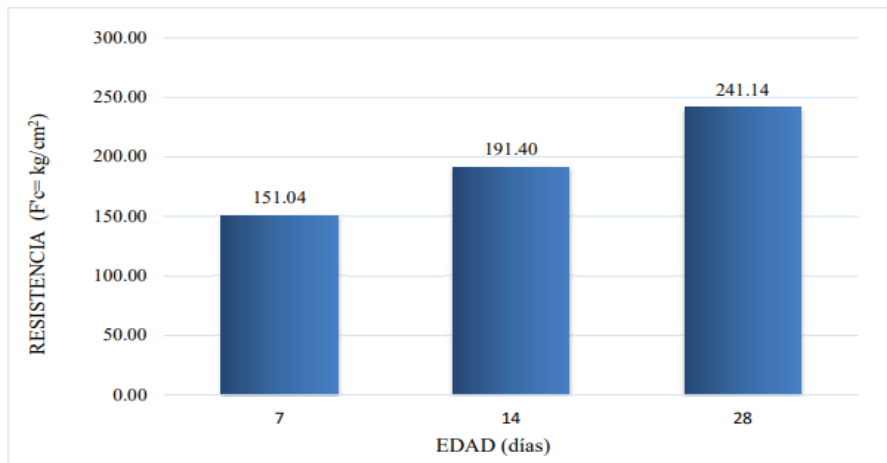
**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS \_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**DISEÑO:** DISEÑO DE CONCRETO CON REEMPLAZO DE AGR - 25%

**RESULTADOS:**

CONCRETO	140 Kg/cm2
----------	------------

N°	%	Muestreo	Ensayo	Edad	F'c = kg/cm2	Promedio	% del valor de diseño	
1	25 %	07-Ago	14-Ago	7	153.77	151.04	107.88%	
2					141.58			
3					157.76			
4		07-Ago	21-Ago	14	185.06	191.40		
5					205.06			
6					184.07			
7		07-Ago	04-Set	28	226.33	241.14		172.24%
8					239.39			
9					257.69			



# RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO

# UPAO

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO ORREGO

NTP 339.034

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

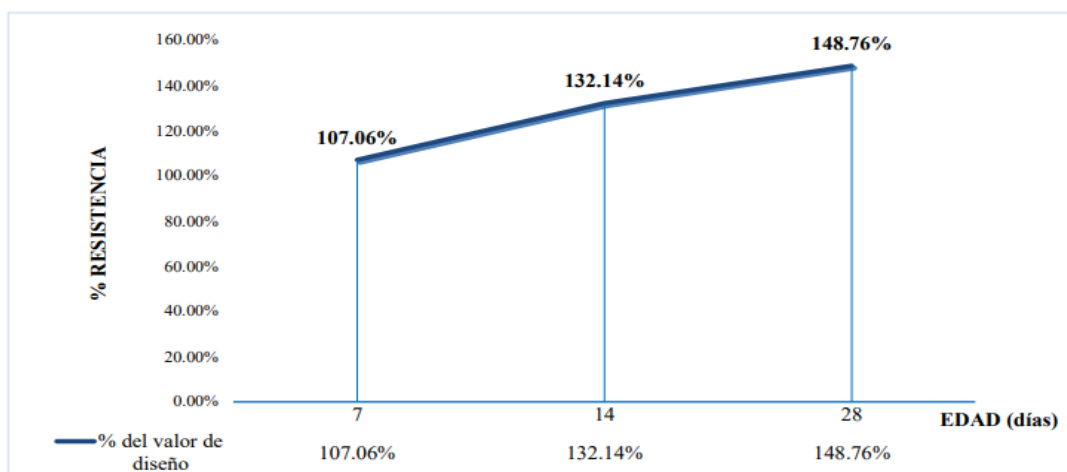
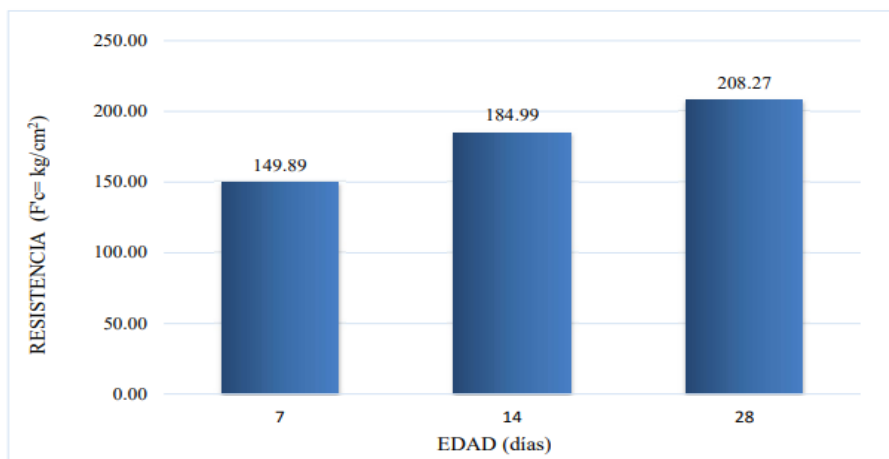
**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS \_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**DISEÑO:** DISEÑO DE CONCRETO CON REEMPLAZO DE AGR - 30%

## RESULTADOS:

CONCRETO	140 Kg/cm <sup>2</sup>
----------	------------------------

N°	%	Muestreo	Ensayo	Edad	F'c = kg/cm <sup>2</sup>	Promedio	% del valor de diseño
1	30 %	08-Ago	15-Ago	7	159.76	149.89	107.06%
2					134.71		
3					155.19		
4		08-Ago	22-Ago	14	192.88	184.99	132.14%
5					180.33		
6					181.77		
7		08-Ago	05-Set	28	213.73	208.27	148.76%
8					205.72		
9					205.36		



**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO  $F'c=140 \text{ KG/CM}^2$  UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

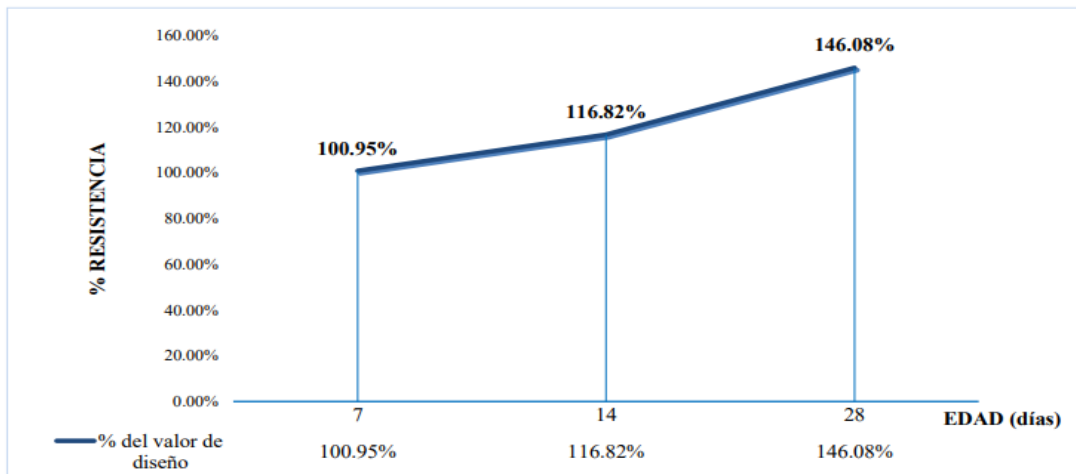
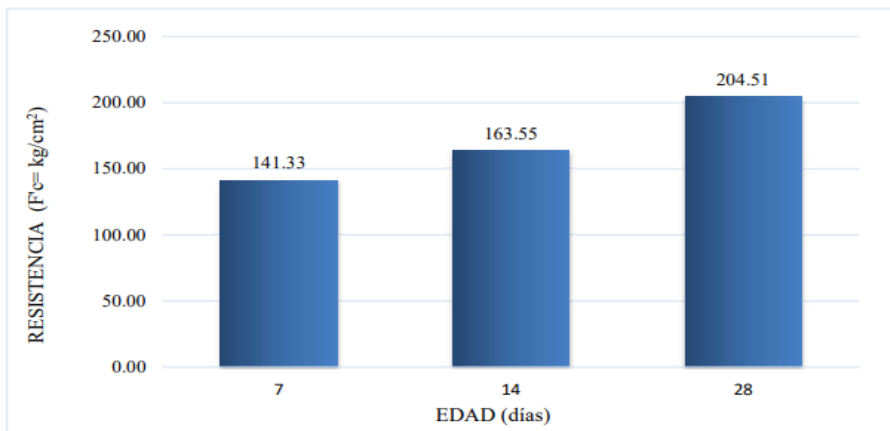
**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS \_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**DISEÑO:** DISEÑO DE CONCRETO CON REEMPLAZO DE AGR - 40%

**RESULTADOS:**

CONCRETO	140 Kg/cm2
----------	------------

Nº	%	Muestreo	Ensayo	Edad	F'c = kg/cm2	Promedio	% del valor de diseño
1	40 %	20-Ago	27-Ago	7	143.61	141.33	100.95%
2					142.43		
3					137.95		
4		15-Ago	29-Ago	14	168.59	163.55	116.82%
5					158.53		
6					163.53		
7		14-Ago	11-Set	28	203.81	204.51	146.08%
8					195.05		
9					214.67		



**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO  $F'c=140 \text{ KG/CM}^2$  UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

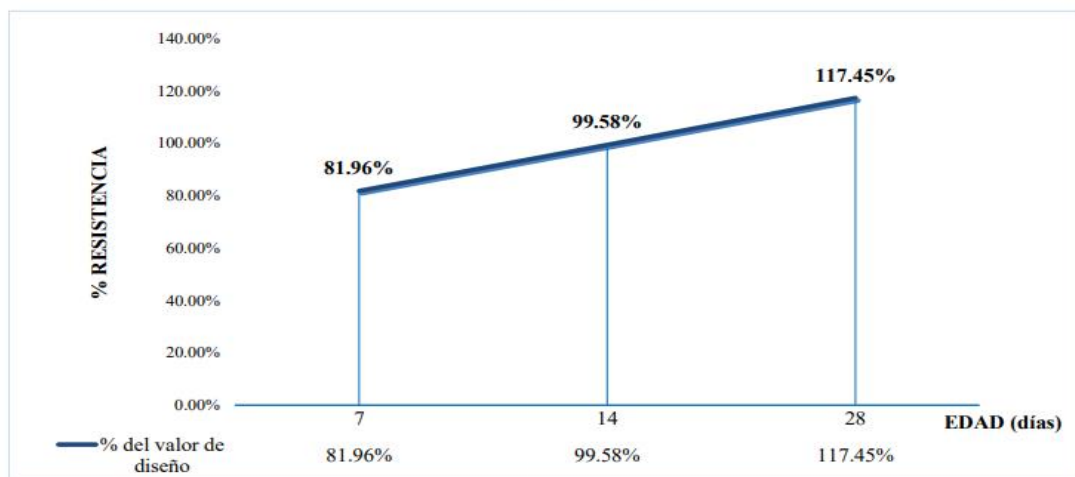
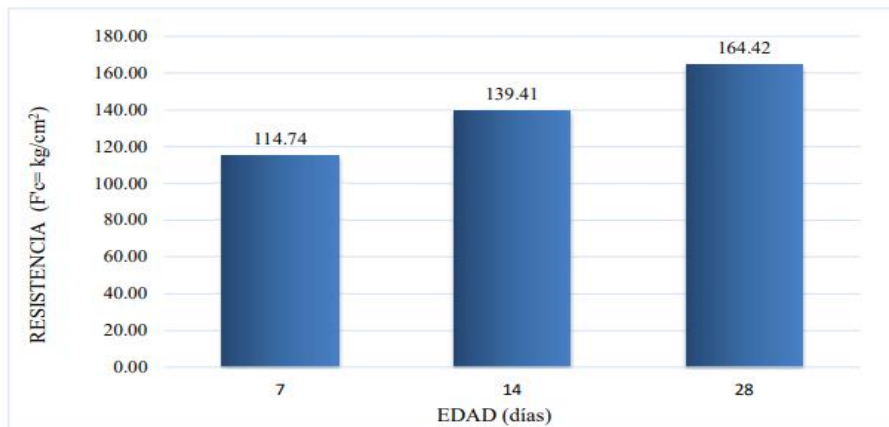
**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS \_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**DISEÑO:** DISEÑO DE CONCRETO CON REEMPLAZO DE AGR - 50%

**RESULTADOS:**

CONCRETO	140 Kg/cm <sup>2</sup>
----------	------------------------

N°	%	Muestreo	Ensayo	Edad	F'c = kg/cm <sup>2</sup>	Promedio	% del valor de diseño
1	50 %	20-Ago	27-Ago	7	118.11	114.74	81.96%
2					118.26		
3					107.86		
4		15-Ago	29-Ago	14	127.37	139.41	99.58%
5					137.1		
6					153.76		
7		14-Ago	11-Set	28	179.79	164.42	117.45%
8					154.84		
9					158.64		



**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO  $F'c=140 \text{ KG/CM}^2$  UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS \_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

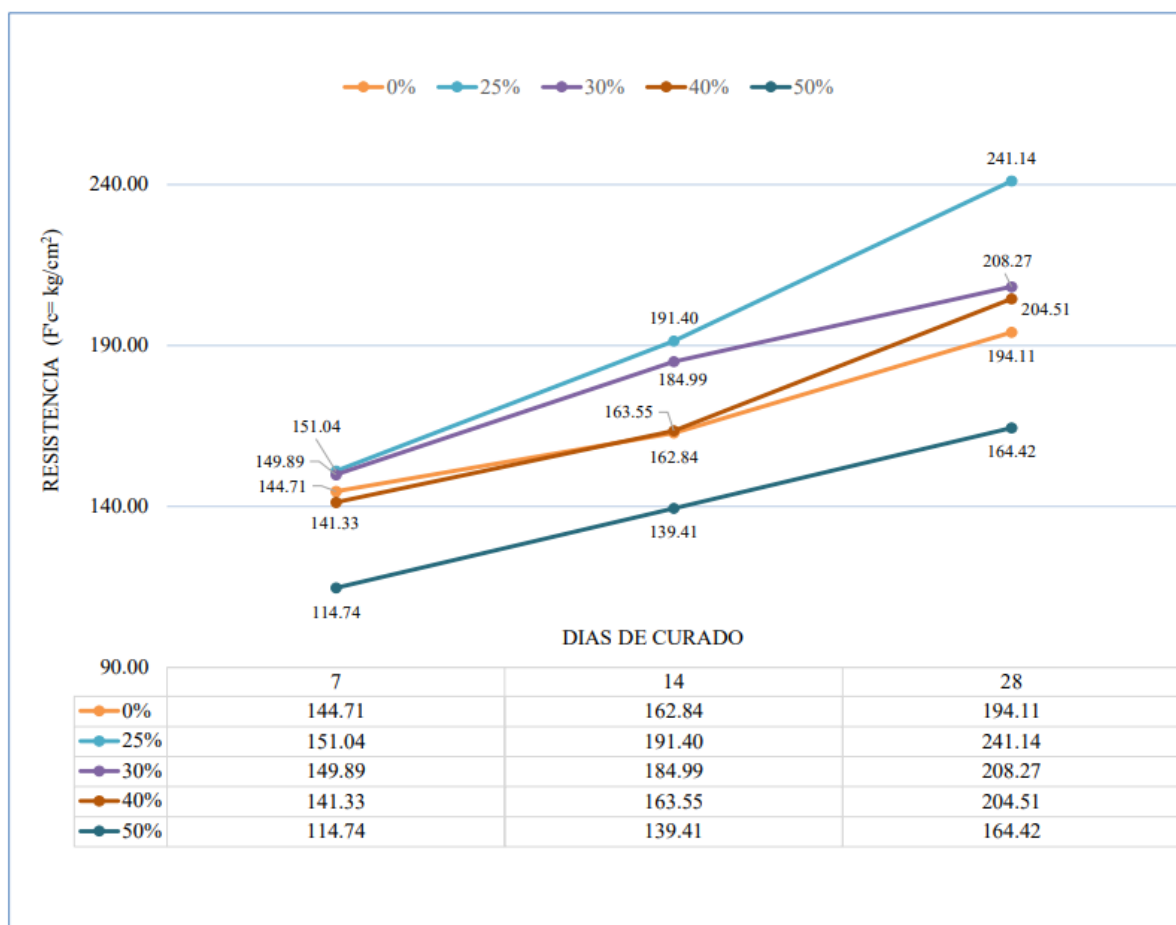
**DISEÑO:** RESUMEN DE 5 DISEÑOS DE MEZCLAS

**RESULTADOS:**

CONCRETO	140 Kg/cm <sup>2</sup>
----------	------------------------

**TABLA RESUMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

EDAD	0%	25%	30%	40%	50%
7	144.71	151.04	149.89	141.33	114.74
14	162.84	191.40	184.99	163.55	139.41
28	194.11	241.14	208.27	204.51	164.42



## ASENTAMIENTO DE CONCRETO

NTP 339.035

**TESIS:** DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS

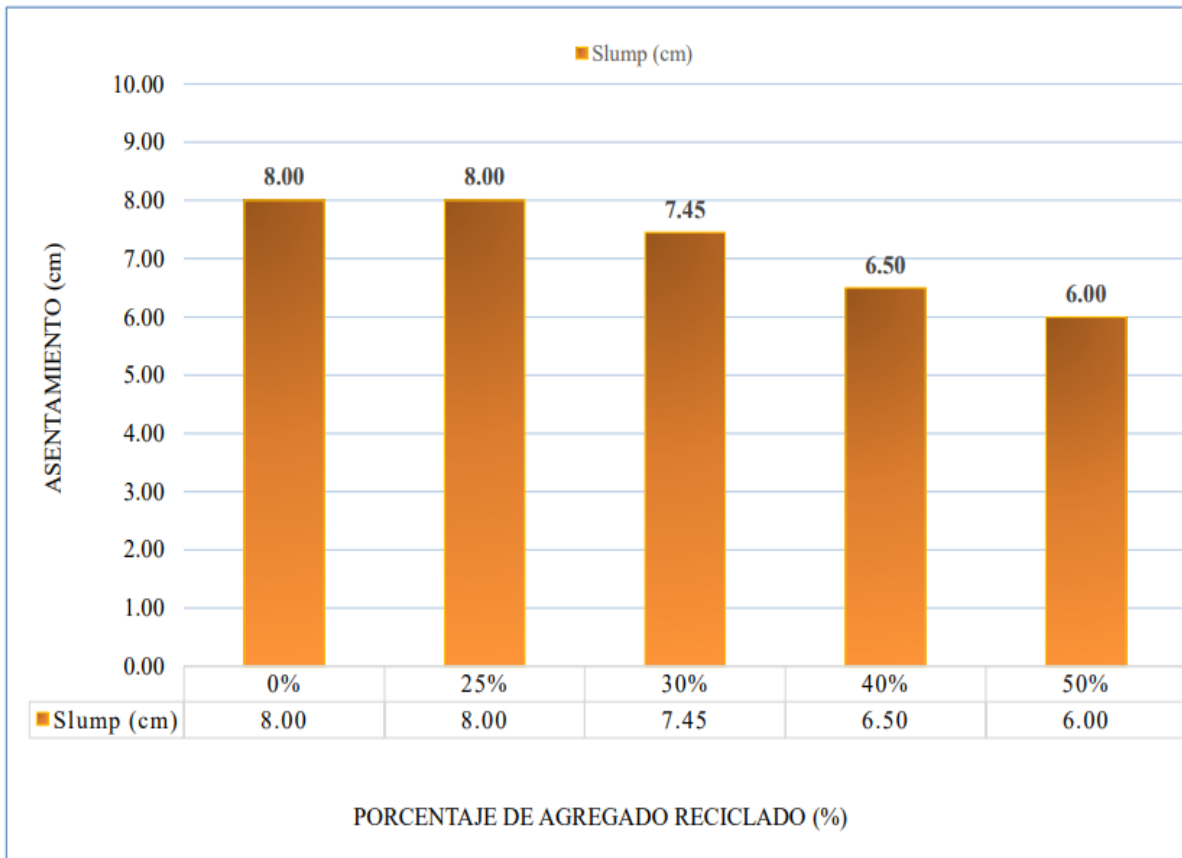
**TESISTAS:** \_CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS      \_MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA

**DISEÑO:** TRABAJABILIDAD DE 5 DISEÑOS DE MEZCLAS

**RESULTADOS:**

CONCRETO	140 Kg/cm <sup>2</sup>
----------	------------------------

TABLA RESUMEN DE SLUMP DE CONCRETO					
	0%	25%	30%	40%	50%
Slump (cm)	8.00	8.00	7.45	6.50	6.00



## Certificado de Calibración de Prensa Hidráulica de la UPAO



Laboratorio de calibración con sistema de gestión  
que cumple los requisitos de la **ISO/IEC 17025:2017**

### Certificado de Calibración

**TC-10364-2024**



Proforma : 03496 Fecha de emisión: 2024-05-21

Solicitante : **UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
Dirección : UPAO PIURA – SECTOR NORTE PARCELA 3 – PIURA

**Instrumento de medición** : **MAQUINA DE ENSAYO UNIAxIAL**  
Marca : HUMBOLDT  
Modelo : HCM-2500IH.2F  
N° de Serie : 230811H  
Intervalo de Indicación : 0 kgf a 100000 kgf  
Resolución : 0,01 kgf  
Identificación : NO INDICA  
Clase de Exactitud : 1  
Ubicación : LABORATORIO DE SUELO Y PAVIMENTO  
Fecha de Calibración : 2024-05-16

**Datos del indicador** :  
Marca : HUMBOLDT  
Modelo : HCM-5090  
N° de Serie : 23106AOCA5

**Lugar de calibración**  
Instalaciones de UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

**Método de calibración**  
Según la norma UNE-EN ISO 7500-1 2018 "Materiales metálicos Calibración y verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Calibración y verificación del sistema de medida de fuerza".

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.



Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.





Certificado de Calibración  
TC-10364-2024

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración	Certificado de Calibración
Patrón de Referencia del AEP Transducers	Celda de Carga con Indicador 0 kN a 300 kN Clase 1	<a href="#">LAT 093 25624F</a> <a href="#">Febrero 2024</a>	
Patrón de Referencia del AEP Transducers	Celda de Carga con Indicador 0 kN a 3 000 kN Clase 1	<a href="#">LAT 093 9623F</a> <a href="#">Enero 2023</a>	

Resultados de medición

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura Ambiental	21,8 °C	21,9 °C

Dirección de carga: Compresión

Indicación de fuerza de máquina de ensayo		Indicación del patrón de medición				Error de medición (kgf)
		1ra Serie Ascenso (kgf)	2da Serie Ascenso (kgf)	3ra Serie Ascenso (kgf)	Promedio (kgf)	
(%)	(kgf)					
0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	10198,6	10111,0	9988,4	9988,4	10029,3	169,3
20	20385,9	20304,4	19925,7	20007,2	20079,1	306,8
31	30580,0	30355,7	29761,0	29740,7	29952,5	627,5
41	40774,6	40468,8	39728,7	39688,0	39961,8	812,8
51	50969,9	50623,2	49696,3	49614,7	49978,1	991,8
61	61165,7	60798,7	59663,5	59561,6	60007,9	1157,8
71	71362,0	70954,2	69630,6	69528,7	70037,8	1324,2
82	81558,8	81130,5	79597,3	79576,9	80101,6	1457,2
92	91756,0	91327,7	89584,0	89441,3	90117,7	1638,3
100	99914,0	99465,3	99529,6	99407,3	99467,4	446,6

Valor nominal		Errores de medición relativos en %			Incertidumbre de medición relativa (k=2) (kgf)
		Indicación q	Repetibilidad b	Resolución relativa a	
(%)	(kgf)	(%)	(%)	(%)	(%)
10	10198,6	0,4	0,8	0,0	1,0
20	20385,9	0,3	0,5	0,0	1,3
31	30580,0	0,9	0,2	0,0	1,5
41	40774,6	0,8	0,1	0,0	1,4
51	50969,9	0,7	0,2	0,0	1,4
61	61165,7	0,7	0,2	0,0	1,5
71	71362,0	0,6	0,1	0,0	1,5
82	81558,8	0,6	0,3	0,0	1,5
92	91756,0	0,5	0,2	0,0	1,5
100	99914,0	0,5	0,1	0,0	0,4
Error relativo de cero f <sub>0</sub>		0,00			

Certificado de Calibración  
TC-10364-2024

Clase de la escala de máquina	Valor máximo permitido en % Según ISO 7500-1			
	Indicación	Repetibilidad	Resolución relativa	Cero
	q (%)	b (%)	a (%)	f <sub>0</sub> (%)
0,5	± 0,5	0,5	± 0,25	± 0,05
1	± 1	1	± 0,5	± 0,1
2	± 2	2	± 1	± 0,2
3	± 3	3	± 1,5	± 0,3

**Incertidumbre**

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

**Observaciones**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.



**TEST & CONTROL**

**Panel Fotográfico**

**Figura 17**

*Viviendas “UPIS Villa La Luna del norte”*



**Figura 18**

*Vivienda ubicada en Villa La Luna del Norte*



**Figura 19**

*Muestra para Determinación de Sulfatos Solubles en Suelos y Agua Subterránea.*



**Figura 20**

*Recolección de probetas recicladas en relleno ilegal.*



**Figura 21**

*Granulometría de agregado fino de Cantera Cerro Mocho en laboratorio Quality Paviments.*



**Figura 22**

Granulometría de agregado grueso de Cantera Chulucanas en laboratorio Quality Paviments.



**Figura 23**

Granulometría de agregado fino de Cantera Chulucanas en laboratorio Quality Paviments.



**Figura 24**

*Granulometría de agregado grueso de Cantera Sojo en laboratorio Quality Paviments.*



**Figura 25**

*Trituración de probetas en laboratorio de UDEP.*



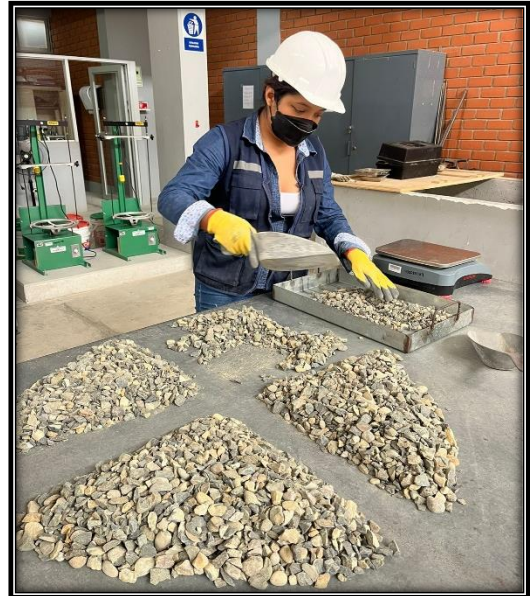
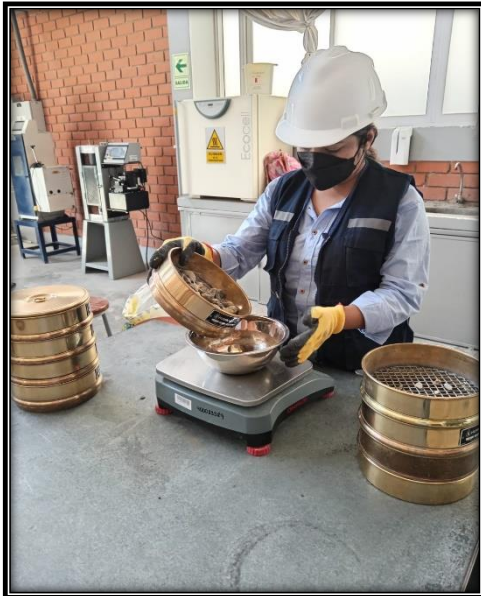
**Figura 26**

*Ensayo de Granulometría de agregado grueso reciclado en laboratorio de UPAO.*



**Figura 27**

*Ensayo de Granulometría de agregado grueso en laboratorio de UPAO.*



**Figura 28**

*Ensayo de Granulometría de agregado fino en laboratorio de UPAO.*



**Figura 29**

*Ensayo de contenido de humedad de agregado fino en laboratorio de UPAO.*



**Figura 30**

*Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso en laboratorio de UPAO.*



**Figura 31**

*Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso reciclado en laboratorio de UPAO.*



**Figura 32**

*Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso en laboratorio de UPAO.*





**Figura 33**

*Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso reciclado en laboratorio de UPAO.*



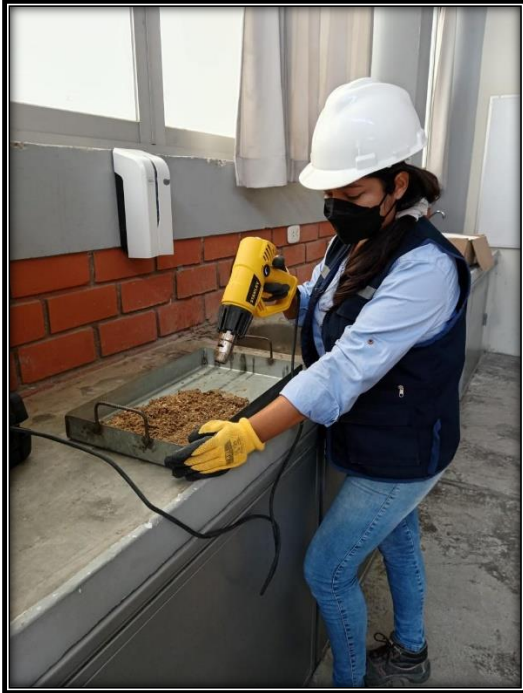
**Figura 34**

*Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado fino en laboratorio de UPAO.*



**Figura 35**

*Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino en laboratorio de UPAO.*



**Figura 36**

*Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso natural en laboratorio de UPAO.*



**Figura 37**

*Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso reciclado en laboratorio de UPAO.*



**Figura 38**

*Ensayo de abrasión de los Ángeles de agregado grueso natural en laboratorio de UPAO.*



**Figura 39**

*Ensayo de abrasión de los Ángeles de agregado grueso reciclado en laboratorio de UPAO.*



**Figura 40**

*Limpieza y engrasado de probetas.*



**Figura 41**

*Pesado de materiales para mezcla.*



**Figura 42**

*Elaboración de mezcla de concreto.*



**Figura 43**

*Ensayo de Trabajabilidad*



**Figura 44**

*Medición del slump.*



**Figura 45**

*Curado de probetas.*



**Figura 46**

*Rotura de probetas en prensa hidráulica*





## Anexo 3: Resolución de aprobación de Proyecto de Tesis



**UPAO** | Facultad de Ingeniería

Trujillo, 23 de noviembre de 2023

### RESOLUCIÓN N° 2308-2023-FI-UPAO

**VISTO**, el informe favorable del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis, titulado: "**DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM2 UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS**", de los Bachilleres: **CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS y MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, y;

#### **CONSIDERANDO:**

Que, el Jurado Evaluador conformado por los señores docentes: **Ms. ROGER ALBERTO PRINCIPE REYES**, Presidente; **Ms. KRISIA DE FATIMA VALDIVIESO CASTILLO**, Secretario; **Ms. MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA**, Vocal; han revisado el Proyecto de Tesis, encontrándolo conforme;

Que, el Proyecto de Tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del informe elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, de acuerdo al Artículo 28° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, el Proyecto de Tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos la Universidad y a las atribuciones conferidas a éste Despacho;

#### **SE RESUELVE:**

**PRIMERO: APROBAR** la modalidad de titulación solicitada por los Bachilleres: **CARHUATOCTO FRIAS, JUAN LUIS y MOGOLLÓN CALLE, DORIS ALEXIA**, consistente en presentación, ejecución y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**SEGUNDO: APROBAR y DISPONER** la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: titulado: "**DISEÑO DE CONCRETO F'C=140 KG/CM2 UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS**".

**TERCERO: COMUNICAR** a los Bachilleres que tienen un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar y presentar su tesis, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.**



Dr. Ángel Alandoca Quenta  
DECANO

C. Copia  
☐ Archivo  
☐ Programa de Estudio de Ingeniería Civil  
☐ Interesados  
☐ A.A.Q.J. Karín

**Anexo 4: Constancia de la Universidad Privada Antenor Orrego donde se ha desarrollado la propuesta de investigación.**



LABORATORIOS DEL PROGRAMA  
DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

**CONSTANCIA DE USO DE LOS LABORATORIOS**

El que suscribe Ing. Quintana Sandoval José en calidad de Técnico de laboratorio de concreto, por la presente hace constar que:

Los bachilleres Carhuatocto Frías Juan y Mogollón Calle Doris han realizado sus ensayos correspondientes en el Laboratorio de Tecnología de Concreto de la Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO) – Sede Piura, ubicado en el pabellón “F” N°102.

Durante su estadía en el laboratorio, los bachilleres han demostrado compromiso, responsabilidad y habilidades técnicas necesarias para la realización de los ensayos programados, cumpliendo con los estándares de calidad y seguridad establecidos.

La presente constancia se expide a solicitud de los interesados, para los fines que estime conveniente.

Ing. Quintana Sandoval José  
Técnico de laboratorio  
Laboratorio de Tecnología de Concreto Universidad  
Privada Antenor Orrego (UPAO) – Sede Piura

-----  
JOSE ENRIQUE  
QUINTANA SANDOVAL  
Ingeniero Civil  
CIP N° 332968

Ing. Quintana Sandoval José  
Técnico del Laboratorio de Concreto



## Anexo 5: Informe final de asesoramiento.



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Programa de Estudio de Ingeniería Civil

### Informe Final de Asesoramiento

Señor : Ms. Jorge A. Vega Benites  
Director del Programa de Estudio de Ingeniería Civil  
Asunto : Informe Final de Asesoramiento de Tesis  
Fecha : Piura, 07 de Octubre del 2024

De conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y en cumplimiento de la **Resolución de inscripción N° 2308-2023-FI-UPAO.**, el suscrito, docente asesor de la Tesis titulada:

**“DISEÑO DE CONCRETO F’C=140 KG/CM2 UTILIZANDO PROBETAS RECICLADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PISO DE CONCRETO EN VIVIENDAS SOCIOECONÓMICAS”**  
de los bachilleres Carhuatocto Frias Juan Luis y Mogollón Calle Doris Alexia; cumpro con informar lo siguiente:

El Informe de Tesis cumple con el cronograma y proceso de investigación de acuerdo al proyecto de tesis, asimismo, informo que la tesis reúne la calidad académica exigida por el Programa de Estudio de Ingeniería Civil.

Adjunto:

- Reporte de coincidencias generado con el software Anti plagio Turnitin firmado por el suscrito, precisando que no supera el 20%.

Atentamente,

DOCENTE ASESOR  
Ms. Ramal Montejo Rodolfo.  
Registro CIP: 88658

