

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO,  
ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU  
PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”**

**TESISTAS:**

BACH. MALAVER PIZARRO NESTOR MARTÍN

BACH. RAMIREZ FERNANDEZ MÓNICA FIORELLA.

**ASESOR:**

MS. ATILIO RUBÉN LÓPEZ CARRANZA.

**Nuevo Chimbote – Perú**

**Julio 2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO,  
ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU  
PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”**

**REVISADO POR:**

  
Ms. Atilio Rubén López Carranza  
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO,  
ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU  
PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”

SUSTENTADA Y APROBADA POR EL SIGUENTE JURADO:

  
Ms. Julio César Rivasplata Díaz  
Presidente

  
Ms. Janet Verónica Saavedra Vera  
Secretario

  
Ms. Atilio Rubén López Carranza  
Integrante

“Año del bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

**ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS**

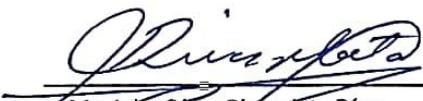
A los 13 días del mes de diciembre del año dos mil veintiuno, siendo las cinco de la tarde, cumpliendo el con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.120) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la “ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 324-2021-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretario) y el Ms. Atilio Rubén López Carranza (Integrante) y en base a la Resolución Decanal N° 726-2021-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: “MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACIÓN EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE” presentado por los Bachilleres RAMÍREZ FERNÁNDEZ MÓNICA FIORELLA y MALAVER PIZARRO NÉSTOR MARTÍN, quienes fueron asesorados por el Ms. Atilio Rubén López Carranza, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 667-2018-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
RAMÍREZ FERNÁNDEZ MÓNICA FIORELLA	16	BUENO

Siendo las seis de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 13 de diciembre de 2021.

  
Ms. Julio César Rivasplata Díaz  
Presidente

  
Ms. Janet Verónica Saavedra Vera  
Secretario

  
Ms. Atilio Rubén López Carranza  
Integrante

"Año del bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS**

A los 13 días del mes de diciembre del año dos mil veintiuno, siendo las cinco de la tarde, cumpliendo el con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.120) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la "ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 324-2021-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretario) y el Ms. Atilio Rubén López Carranza (Integrante) y en base a la Resolución Decanal N° 726-2021-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: "MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACIÓN EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE" presentado por los Bachilleres RAMÍREZ FERNÁNDEZ MÓNICA FIORELLA y MALAVER PIZARRO NÉSTOR MARTÍN, quienes fueron asesorados por el Ms. Atilio Rubén López Carranza, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 667-2018-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
MALAVER PIZARRO NÉSTOR MARTÍN	16	BUENO

Siendo las seis de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 13 de diciembre de 2021.

  
Ms. Julio César Rivasplata Díaz  
Presidente

  
Ms. Janet Verónica Saavedra Vera  
Secretario

  
Ms. Atilio Rubén López Carranza  
Integrante

## INDICE

### Contenido

<i>INDICE</i> .....	4
<i>Capítulo I: Introducción</i> .....	16
<b>1.1. Antecedentes</b> .....	16
<b>1.2. Formulación del Problema</b> .....	18
<b>1.3. Objetivos</b> .....	21
1.3.1. Objetivo General .....	21
1.3.2. Objetivos Específicos .....	21
<b>1.4. Formulación de la Hipótesis</b> .....	21
<b>1.5. Variables</b> .....	21
<b>1.6. Muestra</b> .....	22
<b>1.7. Propuesta Experimental</b> .....	22
<b>1.8. Plan de Procesamiento y Análisis</b> .....	22
<b>1.9. Justificación e Importancia</b> .....	23
<i>Capítulo II: Marco Teórico</i> .....	25
<b>2.1. Tecnología del Concreto</b> .....	25
<b>2.2. Concreto</b> .....	25
<b>2.3. Componentes del Concreto</b> .....	27
2.3.1. Propiedades del concreto .....	28

<b>2.4. Cemento Portland</b> .....	<b>33</b>
2.4.1. Fabricación.....	35
2.4.2. Tipos de Cemento Portland.....	35
2.4.3. Requisitos del Cemento Portland.....	40
<b>2.5. Agregados</b> .....	<b>41</b>
2.5.1. Agregado Fino .....	42
2.5.2. Agregado Grueso .....	45
2.5.3. Características.....	48
<b>2.6. Agua</b> .....	<b>51</b>
<b>2.7. Tereftalato de Polietileno (PET)</b> .....	<b>56</b>
2.7.1. Definición .....	56
2.7.2. Comparación del PET con otros materiales.....	57
2.7.3. Aplicaciones del PET.....	58
2.7.4. Propiedades Físicas del PET .....	58
<b>Capítulo III: Materiales y Métodos</b> .....	<b>60</b>
<b>3.1. Método de Investigación</b> .....	<b>60</b>
<b>3.2. Obtención en Laboratorio de Muestras Representativas (Cuarteo)</b> .....	<b>60</b>
<b>3.3. Peso Unitario de los Agregados</b> .....	<b>61</b>
3.3.1. Peso Unitario Suelto .....	61
3.3.2. Peso Unitario varillado .....	62
<b>3.4. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso y Agregado Fino</b> .....	<b>62</b>
<b>3.5. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino</b> .....	<b>63</b>

<b>3.6. Peso Específico y Absorción Del Agregado Grueso .....</b>	<b>64</b>
<b>3.7. Contenido de Humedad.....</b>	<b>65</b>
<b>3.8. Diseño de Mezcla.....</b>	<b>66</b>
3.8.1. Selección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ) .....	67
3.8.2. Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida .....	67
3.8.3. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso .....	68
3.8.4. Selección del Asentamiento (Slump).....	69
3.8.5. Selección del agua de mezclado y contenido de aire .....	70
3.8.6. Selección de la relación agua/cemento (a/c).....	71
3.8.7. Cálculo del contenido del cemento .....	72
3.8.8. Selección del Agregado .....	72
3.8.9. Ajuste por Humedad del Agregado.....	74
<b>3.9. Procedimiento para la elaboración del concreto adicionando materiales plásticos de reciclaje de forma cuadrada de 3cm, 4cm y 5cm (PET).....</b>	<b>75</b>
<b>3.10. Elaboración y Curado de los Especímenes de concreto en el laboratorio. ....</b>	<b>75</b>
3.10.1. Procedimiento para Preparación de la mezcla. ....	77
3.10.2. Asentamiento (Slump) .....	80
3.10.3. Resistencia a la Compresión .....	83
<b><i>Capítulo IV: Resultados y Discusiones .....</i></b>	<b><i>86</i></b>
<b>4.1. Resultados de los Ensayos Realizados.....</b>	<b>86</b>
<b>4.2. Diseño de Mezcla según Resultados en los Ensayos con los Agregados.....</b>	<b>86</b>
4.2.1. Agregado Grueso (Piedra Chancada – Cantera “La Sorpresa”) .....	86

4.2.2.	Agregado Fino (Arena Gruesa – Cantera “La Sorpresa”) .....	87
4.2.3.	Diseño de Mezcla.....	88
<b>4.3.</b>	<b>Dosificaciones y Características de Testigos de Concreto Obtenidos en Laboratorio.....</b>	<b>89</b>
4.3.1.	Testigos de Concreto Patrón sin Adición de PET.....	89
4.3.2.	Testigos de Concreto con Adición de 1% de PET en forma cuadrada .....	90
4.3.3.	Testigos de Concreto con Adición de 3% de PET en forma cuadrada .....	91
4.3.4.	Testigos de Concreto con Adición de 5% de PET en forma cuadrada .....	92
<b>4.4.</b>	<b>Comparación entre Testigos de Concreto con y sin Adición de PET en Forma Cuadrada .....</b>	<b>93</b>
<b>Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....</b>		<b>97</b>
<b>5.1.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>97</b>
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>99</b>
<b>Capítulo VI: Referencias Bibliográficas.....</b>		<b>102</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	“Ficha Técnica del Cemento Extraforte”.....	34
<b>Tabla 2:</b>	“Requisitos físicos del cemento” .....	40
<b>Tabla 3:</b>	“Requisitos químicos del cemento” .....	41
<b>Tabla 4:</b>	“Límites Granulométricos del A. Fino”.....	43
<b>Tabla 5:</b>	“Límite de graduación del A. Grueso” .....	46
<b>Tabla 6:</b>	“Límites permisibles máximo del agua”.....	52

<b>Tabla 7.</b> Requisitos de performance del concreto para el agua de mezcla.....	55
<b>Tabla 8.</b> Limites químicos opcionales para el agua de mezcla .....	55
<b>Tabla 9.</b> Sistema de identificación de envases PET.....	56
<b>Tabla 10.</b> Propiedades físicas del PET.....	58
<b>Tabla 11.</b> Resistencia a la compresión Promedio .....	67
<b>Tabla 12.</b> Porcentaje que pasa.....	68
<b>Tabla 13.</b> Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción .....	70
<b>Tabla 14.</b> Volumen unitario de agua.....	71
<b>Tabla 15.</b> Relación Agua/cemento por Resistencia .....	72
<b>Tabla 16.</b> Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto .....	73
<b>Tabla 17.</b> Numero de capas requeridas en la elaboración de las mezclas.....	78
<b>Tabla 18.</b> “Diámetro de varilla y número de golpes por capa” .....	79
<b>Tabla 19.</b> Tolerancias.....	83

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Resultados de las Pruebas realizados al Agregado Grueso.....	87
<b>Cuadro 2.</b> Resultado de las Pruebas realizados al Agregado Fino. ....	87
<b>Cuadro 3.</b> Resultado del Diseño de Mezcla de los Agregados utilizados en Obra.....	88
<b>Cuadro 4.</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los testigos elaborados sin contenido de Materiales plásticos PET. ....	89
<b>Cuadro 5.</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los testigos elaborados adicionando 1% de Materiales Plásticos PET en forma cuadrada.....	90
<b>Cuadro 6.</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los testigos elaborados adicionando 3% de Materiales Plásticos PET en forma cuadrada.....	91

**Cuadro 7.** Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los testigos elaborados adicionando 5% de Materiales Plásticos PET en forma cuadrada ..... 92

## ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

### FIGURAS:

<b>Figura 1.</b> Proporciones Típicas en Volumen Absoluto.....	26
<b>Figura 2.</b> Comparación del PET con otros elementos .....	57
<b>Figura 3.</b> Cuarteo en una superficie plana y limpia .....	61
<b>Figura 4.</b> “Molde para determinar el Asentamiento”.....	81
<b>Figura 5.</b> “Varilla compactadora”.....	81
<b>Figura 6.</b> “Procedimiento para el asentamiento del concreto fresco”.....	82
<b>Figura 7.</b> Esquemas de tipos de falla .....	84

### GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Comparativo de Testigos de Concreto con Resistencia $F'c=175$ Kg/cm <sup>2</sup> . Los resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión se encuentran en el Anexo III. ....	93
<b>Gráfico 2.</b> Comparativo de Testigos de Concreto con Resistencia $F'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup> . Los resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión se encuentran en el Anexo III. ....	94
<b>Gráfico 3.</b> Comparativo de Testigos de Concreto con Resistencia $F'c=280$ Kg/cm <sup>2</sup> . Los resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión se encuentran en el Anexo III. ....	95

## DEDICATORIA

A ti **Padre Celestial** por permitirme ir cumpliendo uno a uno cada meta trazada, por hacerme comprender que cada día es una nueva oportunidad y con cada esfuerzo un logro alcanzado. Tú que conoces mis limitaciones y mi deseo de superación me concedes hoy este nuevo logro, Gracias Señor.

A ustedes padres, **Augusto y Domitila**, porque gracias a ese apoyo constante me han permitido lograr hoy una meta más, una de las más importante en mi desarrollo profesional.

A mis hijos **Akari, Karely y Dylan**, que en estas líneas quiero dejar plasmado el gran amor que les tengo y el ejemplo que representa este esfuerzo entre tantas adversidades que quiero dejar para ustedes; no existe mayor limitación que no intentarlo, los amo.

A mis hermanos por su apoyo y en especial a mi hermano **Jorge** porque sin ese apoyo incondicional que en su momento me ofreciste no hubiera podido estudiar esta hermosa profesión.  
Gracias

A mis docentes universitarios por los conocimientos aportados, la comprensión, el apoyo en mi formación profesional y por la amistad ofrecida. Así también a mis amigos y en especial a mis compañeros de trabajo que se involucraron y acompañaron en esta nueva meta, que con su apoyo me permiten hoy concretar este proyecto.

**FIGRELLA**

## DEDICATORIA

A mi **DIOS ETERNO**, por brindarme la oportunidad de vivir esta linda vida, tanto en el servicio que soy partícipe y en todo lo demás, pues me guía en cada paso que doy en ella.

A mi **Esposa Denisse Mendoza**, por su amor, comprensión y el esfuerzo mutuo, en el día a día para lograr esta meta juntos y a mis **Hijos Gianpiero y Mariajosé**, que con su cariño y sus miradas tiernas son mi inspiración para este gran logro.

A mi amada y ejemplo de vida, mi **Madre Julia Pizarro**, por atenderme desde sus entrañas, por brindarme su vida de lleno, por estar constantemente en el día a día en este sendero de mi vida, te amo demasiado Mamá. A demás de los consejos de mi **Padre Nestor Malaver**, porque de ti obtuve conocimientos que me sirven en la vida, por preocuparte por nosotros tus hijos, te quiero Papá.

A mis grandes hermanos **Manuel y Julio** por sus afectos, paciencia y conocimientos que me transmiten en la vida. No olvidar a los **Familiares, Compañeros de trabajo e Ingenieros**, por las muestras de aprecio y oportunidades brindadas, durante esta gran parte de mi vida.

**MARTÍN**

## **AGRADECIMIENTO**

Damos gracias a Dios, a nuestros padres, hermanos y hermanas y familiares de una manera muy especial. Porque siempre están presente, siempre ha sido amor y apoyo incondicional.

Los consejos, la motivación y el apoyo brindados de nuestros amigos ayer, hoy y siempre, nos dieron rápidamente un paso más hacia nuestra carrera.

Gracias a nuestro asesor por la Orientación y apoyo por parte del Ms. ATILIO RUBÉN LÓPEZ CARRANZA durante el desarrollo de este trabajo.

Para los profesores de nuestra facultad académica de ingeniería civil, que nos proporcionaron el conocimiento brindado en el aula y nos brindaron una formación ética y profesional.

A todos ustedes aquí, muchas gracias por su infinita gratitud, porque a veces las palabras no son suficientes para expresar sus sentimientos internos, gracias.

**MALAVÉR & RAMÍREZ.**

## **Resumen**

El Objetivo primordial de esta Tesis es mejorar la Resistencia a la compresión adicionando parcialmente el agregado fino por residuos PET en forma cuadrada. Para la investigación, se utilizará un procedimiento para diseñar la mezcla de concreto, teniendo en cuenta los datos tabulados por el comité ACI-211.1-91. Para ello se diseñará una muestra patrón para las resistencias a la compresión de  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> y muestras de concreto adicionando residuos PET en forma cuadrada de 3 cm., 4 cm. y 5 cm. en peso del Concreto. Se realizará probetas de concreto con residuos PET en forma cuadrada, se determinará las propiedades físicas del concreto al estado fresco y se ensayaran los especímenes al estado endurecido. Con esta investigación se busca poder mejorar el concreto convencional aprovechando otros recursos y promoviendo el reciclaje.

## Abstract

The main objective of this Thesis is to improve the compressive strength by partially adding fine aggregate from PET waste in a square shape. For the investigation, a procedure will be used to design the concrete mix, taking into account the data tabulated by the ACI-211.1-91 committee. For this purpose, a standard sample will be designed for the compressive strengths of  $f'_c$  175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> and 280 kg/cm<sup>2</sup> and concrete samples adding PET waste in a square shape of 3 cm, 4 cm and 5 cm in weight of the fine aggregate. Concrete samples will be made with PET residues in a square shape, the physical properties of the concrete will be determined at the fresh state and the specimens will be tested at the hardened state. With this investigation, the aim is to improve conventional concrete by taking advantage of other resources and promoting recycling.

CAPÍTULO I  
INTRODUCCIÓN

## Capítulo I: Introducción

### 1.1. Antecedentes

García (2007) en su proyecto: “Factibilidad de sustitución del agregado fino del concreto por fibras de termoplásticos y Elastómeros reciclados”. La siguiente investigación tiene como objetivo desarrollar nuevas mezclas de concreto mediante la sustitución de áridos finos con elastómeros de bandas de rodadura de neumáticos y fibras de nailon y polipropileno reciclado (PP). Con el fin de encontrar el mejor uso de estas mezclas para utilizarlas en aplicaciones de ingeniería. Para preparar mezclas de concreto convencionales, cuatro de las cuales usan fibras de polímero termoplástico para reemplazar 0.5% y 1% de agregados finos, y los otros cinco tipos de mezclas usan 1%, 3%, 6% y 12 en lugar de elastómeros para representar el 10% de agregados finos. Y 18%. Se realiza la mezcla ternaria final, en la que se sustituye el agregado fino por 1% de fibra de nailon y 6% de caucho. A continuación, las muestras se convirtieron en cilindros y placas planas. Posteriormente, de acuerdo con los procedimientos de las Normas, se utilizó una prensa hidráulica para realizar una prueba de trabajabilidad, una prueba mecánica de compresión, flexión y flexión en estado de envejecimiento, la cual se utilizó para probar probetas cilíndricas y losas de concreto. Todas estas pruebas y mediciones se utilizan para determinar la calidad de cada mezcla en estado fresco y endurecido. En definitiva, la conclusión es que es completamente factible sustituir parte del agregado fino (arena) por una mezcla ternaria de hormigón / nailon / caucho como estos materiales reciclados, pues los resultados obtenidos muestran que las siguientes mezclas pueden mantenerse y mejorarse ciertas propiedades de los concretos convencionales. Además de las mejoras mecánicas, la alta disponibilidad actual y el bajo costo de estos materiales reciclados se pueden combinar para lograr todas las cualidades requeridas para nuevas aplicaciones.

Azañedo & Chávez (2007) en su tesis: “Diseño de mezcla de concreto poroso con agregados de la cantera la Victoria, cemento Portland tipo I con adición de tiras de plástico, y su aplicación de pavimentos rígidos en la ciudad de Cajamarca”. Se realizó un estudio para intentar agregar diferentes dosis de concreto permeable (0.025%, 0.050%, 0.075%, 0.10) agregando diferentes proporciones de tiras de plástico (barra 1: 4 mm x 20 mm x 0,1 mm y tira 2 mm x 10 mm x 0,10 mm) %, 0.20% y 0.50%), las mezclas de estas proporciones fueron probadas para resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad. Los investigadores concluyeron que el plástico es la correa 1 (4 mm x 20 mm x 0.10 mm), que tiene 0.10 del peso total % Efecto de estimulación, en comparación con la mezcla estándar, su resistencia aumentó en un 8,63%, se mejoró el rendimiento.

Hernández, B (2011), en su Tesis: “Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: Plástico y Llantas”, resuelve el problema de que la gestión del diseño de mezclas disminuye con la adición de materiales reciclados. Este fenómeno se observa especialmente en mezclas con plástico PET, porque en este caso, cuando se usa la relación agua / cemento, correspondiente a una mezcla moderadamente fuerte, solo se obtiene un valor de asentamiento de 1 cm.

Adán Silvestre Gutiérrez (2015), en su Tesis: “Análisis del concreto con Tereftalato de polietileno (PET) como aditivo para aligerar elementos estructurales”, Según los registros, debido a la mala adherencia entre el concreto y el material, el tipo de falla que ocurre en la mayoría de los cilindros es en la línea de contención de PET. Además, dado que el PET es un material muy ligero

y el porcentaje de trabajo es relativamente bajo, el peso del cilindro no ha cambiado significativamente.

Léctor, M. y Villareal, E. (2017), en su Tesis: “Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de Nuevo Chimbote”, pudieron determinar que a medida que aumenta el porcentaje de agregado plástico, la densidad del concreto disminuirá debido a que el peso del material agregado es más liviano, por lo que el rango de disminución es de 5% a 13%. La característica especial es que esta disminución no está relacionada con El agregado plástico es proporcional, pero la aglomeración de sus partículas juntas, lo que conduce a un aumento del contenido de aire en el hormigón fresco y puede causar daños.

## **1.2. Formulación del Problema**

En los últimos años, el plástico se puede utilizar de forma casi indefinida. Su durabilidad, flexibilidad y resistencia, estas tres características hacen del material una opción ideal para el almacenamiento, transporte y envasado de cualquier tipo de producto (líquido, congelado o sólido). Existen muchos tipos de plásticos, como el PET (polietileno tereftalato), que es el plástico que más comúnmente encontramos en los envases de alimentos (como botellas de agua, refrescos, jugos, aceites, etc.). El PET es un material reciclable, siempre que se almacene en un recipiente adecuado. Si nos aseguramos de que la botella esté limpia, incluso podemos reutilizarla rellenando la botella.

Sin embargo, con el desarrollo de la industria del plástico, la producción de plásticos ha crecido de 2 millones de toneladas por año en la década de 1950 a 380 mil millones en la actualidad

en el siglo XX. Es preocupante que en los próximos años se espere que la industria del plástico duplique este número, superando los 700 millones de toneladas de plástico producidas en todo el mundo. Lamentablemente, solo el 9% de este material se recicla y el 12% se incinera, lo que conlleva una complejidad medioambiental. El 79% del plástico producido desde 1950 acaba en un vertedero, sin ningún tipo de reciclaje. Este es el verdadero problema.

Conduciendo a crisis ambientales, conduciendo a un desarrollo insostenible, ha alcanzado una escala global. El reciclaje de PET tiene tres impactos ecológicos principales: reducir la cantidad de desechos (y la contaminación resultante), proteger los recursos naturales (porque el plástico reciclado se reutiliza) y reducir los costos asociados con el reciclaje para producir nuevos productos.

La mayoría de las botellas de plástico están hechas de tereftalato de polietileno (PET), este material se convertirá en PET reciclable (RPet) después del reciclaje, pero a pesar de la alta tasa de reciclaje de este material. Pero más del 90% de estas botellas se reciclan sin ellas por motivos estéticos.

La emisión de nuevos productos elaborados con materiales reciclados es un 20% menor que la de productos elaborados con nuevos materiales. Por lo tanto, el reciclaje resultó ser una excelente opción, que puede reducir la extracción de nuevas materias primas y el transporte posterior. De esta forma, se han logrado ahorros considerables en términos de ahorro de energía y emisiones de gases de efecto invernadero, y hemos protegido nuestro medio ambiente. Desde el punto de vista económico, además de los beneficios ambientales, el reciclaje también ayuda a

reemplazar los plásticos PET importados, mejorando así la balanza comercial del país. Desde el punto de vista social, tiene un gran impacto a través de la formalización y la estabilidad. Miles de carroñeros y sus familias.

En nuestra sociedad industrializada y próspera, confiamos en los plásticos. Sin embargo, su reciclaje debe incrementarse considerablemente. Mediante un reciclaje eficaz y de alta calidad, podemos avanzar hacia una economía circular y proteger el medio ambiente para las generaciones futuras.

En Perú, existe una gran oportunidad para aumentar la tasa de reciclaje, ya que solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reutilizables generados. Es por ello que es necesario buscar un estudio basado en ensayos de laboratorio para poder utilizar estos residuos en forma de cuadrados como aditivos artificiales para preparar concreto ordinario con resistencia  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , que puede utilizarse para obtener una mejor resistencia en concretos convencionales. También se intenta usarlos de acuerdo con las regulaciones de construcción y las proporciones de volumen necesarias. Ante todas estas situaciones nos vemos en la necesidad de plantearnos la siguiente pregunta:

**¿En qué medida se mejorará las Resistencias del concreto  $f_c$  175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, si adicionamos residuos PET en forma cuadrada, en su preparación, en la Ciudad de Chimbote?**

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Mejorar la Resistencia de concreto  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, para elementos estructurales adicionando residuos PET en forma cuadrada, en la preparación, en la ciudad de Chimbote del mismo casco urbano.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Elaborar muestras de concretos patrones para elementos estructurales en Probetas de resistencias a la compresión  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>.
- Procesar tablas y gráficos para confrontar las Resistencias a la compresión obtenidos entre los concretos patrones y los adicionados con residuos PET al 1%, 3% y 5%.

### **1.4. Formulación de la Hipótesis.**

- Si adicionamos residuos PET en forma cuadrada, en la preparación de concreto, en la ciudad de Chimbote, se mejorará la resistencia del concreto.

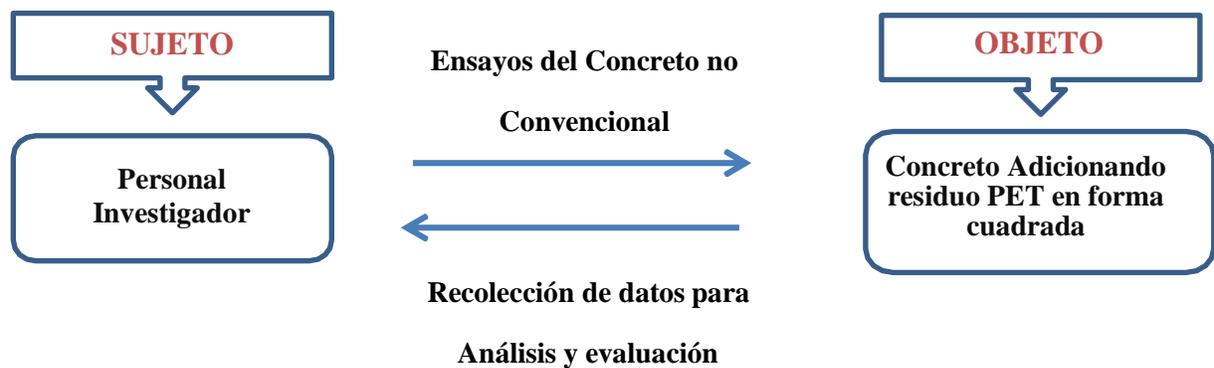
### **1.5. Variables**

- Variable Independiente: Diseño de mezclas de Concretos por el comité ACI-211.1-91 adicionando Residuos PET.
- Variable Dependiente: Concreto de Resistencia a la compresión  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>. adicionamos residuos PET en forma cuadrada, en la preparación de concreto, en la ciudad.

## 1.6. Muestra

- Muestras De concreto fresco y endurecido de concreto sin estímulo y concreto con estímulo.

## 1.7. Propuesta Experimental



## 1.8. Plan de Procesamiento y Análisis

Para prepararse para este trabajo, se realizó la siguiente secuencia:

- Bibliografía y búsqueda de información sobre el concreto añadiendo materiales plásticos reciclables.
- Investigó las propiedades físicas de los residuos de PET.
- Investigación realizada sobre áridos finos (arena gruesa).
- Investigación realizada sobre agregado grueso (piedra 1/2 pulgada)
- Se realizó una muestra de concreto convencional (sin irritación).
- De la muestra estándar, agregue materiales plásticos reciclados en un porcentaje relativo al concreto.
- Recolectar datos para análisis y evaluación para finalmente conformar el informe final.
- Trabajo de oficina (aplicación de cálculos matemáticos y estadística descriptiva).

## **1.9. Justificación e Importancia**

Con este proyecto de Tesis se pretende mejorar la Resistencia del concreto utilizando residuos PET en forma cuadrada, mejorando su preparación y aplicándolo en la construcción, que sean aptos para viviendas y construcciones de interés social, Por tanto, con el fin de reducir la enorme contaminación ambiental que provocan estos residuos y al mismo tiempo innovar nuevos métodos alternativos de utilización de estos materiales, para que estos residuos ya no contaminen ni se acumulen porque contaminan el medio ambiente.

CAPÍTULO II  
MARCO TEÓRICO

## **Capítulo II: Marco Teórico**

### **2.1. Tecnología del Concreto**

La tecnología del concreto en la actualidad ya no es una ciencia reciente. Desde el año de 1980, su desarrollo ha experimentado toda una revolución. Hoy en día, con la ayuda de distintos productos aditivos, obtener concretos especiales es más sencillo. En el mercado existe una variedad de concretos, sin embargo, aún se desconoce el método para optimizar el proceso de obtención de concretos bajo criterios básicos de composición, dosificación y preparación del mismo.

### **2.2. Concreto**

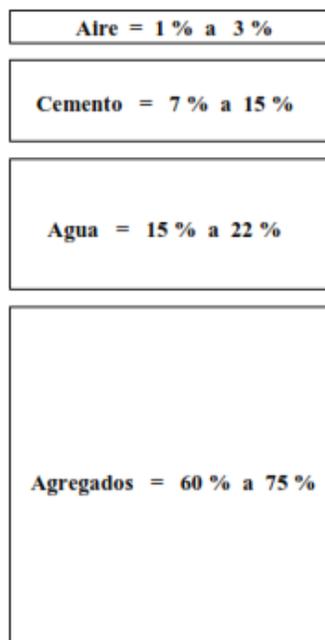
Como definición referente al Concreto consideramos que:

El concreto es un material compuesto que se obtiene de mezclar en ciertas proporciones el cemento, agua, agregados y de manera opcional aditivos, inicialmente se muestra una estructura plástica y moldeable, adquiriendo posteriormente una consistencia rígida, cuyas propiedades de aislamiento y resistencia, hacen del concreto un material óptimo para la construcción. Según esta conceptualización se obtiene un producto híbrido, que combinados en menor o mayor grado las características de los componentes, y bien proporcionados, aportan cada una de sus propiedades individuales y se obtiene finalmente un material que proporciona un comportamiento particular y original. (Pasquel, 1993, p.11).

Los componentes del concreto convencional mezclado íntimamente producen una pasta plástica que se moldea y compacta con relativa facilidad; de forma gradual va perdiendo esta característica tornándose rígido luego de unas horas; en las que comienza a alcanzar el comportamiento, el aspecto y propiedades de un cuerpo sólido, convirtiéndose finalmente en un

material mecánicamente resistente, obteniendo como producto final un concreto endurecido. El concreto convencional en su estado fresco, es un conjunto de agregados dispersados en una matriz viscosa que está compuesta por una pasta de cemento de estructura plástica. Por lo consiguiente en una mezcla existe muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados, esta característica permanece ya endurecido el concreto. (Torre, 2004, p.74).

En la actualidad el material de mayor demanda en el ámbito de la construcción dentro de nuestro país, es el concreto. El conocimiento del material y la calidad profesional del ingeniero, son atenuantes importantes en la calidad final del concreto. Aun así es ciertamente desconocido en mucho de sus siete grandes que son: materiales, naturaleza, selección de proporciones, propiedades, control de calidad e inspección, mantenimiento de los elementos estructurales, procesos de puesta en obra e inspección. (Rivva López, 2000, p.8).



**Figura 1.** Proporciones Típicas en Volumen Absoluto  
Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto  
Enrique Pasquel Carbajal

### **2.3. Componentes del Concreto**

En cuanto a los componentes del concreto podemos definir que:

Para este material son cuatro los componentes que define la tecnología del concreto moderna:

Como elementos activos al cemento, agua, agregados y aditivos y como elemento pasivo al aire. Tradicionalmente se consideraba como un elemento opcional a los aditivos, en la práctica moderna mundial estos ya son un ingrediente común, dado que científicamente está demostrado la conveniencia de sus usos, puesto que mejora las condiciones de resistencia, durabilidad y trabajabilidad, proporcionando a la larga una solución más económica, dado que estos nos ahorran en equipo de colocación y compactación, mantenimiento, mano de obra, reparaciones e incluso reduciendo el uso del cemento. (Pasquel, 1993, p.13).

Una vez cubierta la necesidad de establecer conceptualmente las propiedades de los componentes del concreto, es importante puntualizar que, de todos los componentes, es el cemento quien amerita un especial conocimiento. Por consiguiente, en la Fig. 1 analizaremos esquemáticamente como los componentes del concreto se proporcionan típicamente en volumen absoluto. Concluyendo que el cemento, aun interviniendo en menor proporción, es el ingrediente activo que determina la tendencia del comportamiento del concreto. (Pasquel, 1993, p.13).

Dentro de la formación del ingeniero civil, se asimila conceptos de la ciencia química general, siendo este aprendizaje en la mayoría de colegas en un nivel básico (como es también nuestro caso). Lo cual no implica el desconocimiento general de las reacciones que se producen, por lo tanto, en el desarrollo de estos temas se va a puntualizar más los detalles prácticos antes que

el detallar fórmulas y/o combinaciones químicas, si estas no proporcionan información de utilidad directa para el ingeniero civil. (Pasquel, 1993, p.13, 15).

### ***2.3.1. Propiedades del concreto***

En el caso de las propiedades del concreto se tendrá en cuenta lo siguiente:

Para cada suceso en particular del comportamiento del concreto se requieren determinadas propiedades. Por tal razón es de suma importancia para el ingeniero civil el conocimiento de todas y cada una de las propiedades del concreto, así también los resultados de la interacción entre las mismas, puesto que es el ingeniero civil quien a partir de esta información decidirá la menor o mayor importancia de cada una de las propiedades, según sea el caso de uso del concreto. (Rivva López, 2000, p.22).

En el análisis de las propiedades del concreto, el ingeniero civil debe tener en cuenta las limitaciones de estas propiedades en escalafón de las múltiples variables que se hayan podido efectuar, modificando el concreto. Es primordial que el ingeniero civil tenga en cuenta que el concreto, como todo material, está expuesto a experimentar modificaciones adicionales en el tiempo y termine claudicando ante fallas debido a problemas de durabilidad, a pesar que la resistencia sea la adecuadamente requerida en principio. (Rivva López, 2000, p.22).

Al analizar las propiedades del concreto es de mucha importancia recordar que estas están asociadas íntimamente con las características y proporciones relativas de cada uno de los materiales integrantes; por lo que la cantidad, calidad y densidad de la pasta son determinantes en

las propiedades del concreto, y que la característica de la pasta lo determina la relación agua – cemento (Rivva López, 2000, p.22).

### **2.3.1.1. Concreto Fresco.**

#### **2.3.1.1.1. Trabajabilidad.**

En un concreto Fresco con respecto a su Trabajabilidad se puede decir que:

Principalmente está influenciada por la pasta, la cantidad de agua idónea y el adecuado equilibrio de los agregados tanto gruesos como finos. El “Slump” o asentamiento con el cono de Abrams ha sido por años la manera tradicional de medir la trabajabilidad, esta permite hallar un aproximado numérico a esta propiedad del concreto, aun así, esta prueba es más una referencia de uniformidad que de trabajabilidad, puesto que es demostrablemente sencillo la obtención de trabajabilidades notablemente distintas y con un slump y condiciones de trabajos comunes. (Pasquel, 1993, p.131).

#### **2.3.1.1.2. Segregación.**

Con respecto a la segregación de un Concreto fresco se conoce que:

Entre los componentes del concreto existe una tendencia natural a que descendan las partículas más pesadas, esto debido a la diferencia de densidades, aunque en general, la densidad de los agregados finos con respecto a la densidad de la pasta es solo un 20% menos a comparación de la misma con los agregados gruesos, si a los agregados gruesos se le suma su viscosidad produce que este agregado quede inmerso y suspendido en la matriz. (Pasquel, 1993, p.137).

En el caso de que la viscosidad del mortero si esta se reduce por mala distribución de las partículas, mala pasta o granulometría deficiente, toda partícula gruesa se separará del mortero produciendo lo que se conoce como segregación. Si el contenido de piedra del concreto es mayor del 55% del total de agregado, es habitual confundir la segregación a con la forma normal de estos concretos, esto es muy sencillo de verificar al comparar el contenido de agregado grueso por lavado, de dos muestras de concreto fresco tomados de sitios diferentes, estas muestras deben diferir en más del 6%. (Pasquel, 1993, p.139).

#### **2.3.1.1.3. Exudación.**

La exudación en el concreto fresco se define como:

La propiedad en la que una parte del agua de la mezcla se ha separado de la masa y ha subió hasta la superficie del concreto. En este caso característico la sedimentación hace que los sólidos terminen asentados dentro de la masa plástica. Este fenómeno está regido por el comportamiento físico del flujo de un líquido dentro de un sistema capilar, por encima de la diferencia de densidades y el efecto de la viscosidad. (Pasquel, 1993, p.139)

La finura del cemento y la cantidad de finos en los agregados influencia en la exudación, la exudación tiende a ser menor cuando la molienda del cemento es más fina y el material menor de la malla N° 100 es superior en porcentaje, puesto que el agua de la mezcla se retiene. Es inevitable que la exudación se produzca en el concreto, dado que esta propiedad es de por si inherente a su estructura, lo primordial es saber evaluarla y el poder controlar los efectos negativos que puedan presentarse. (Pasquel, 1993, p.139).

#### **2.3.1.1.4. Contracción.**

La contracción en el hormigón:

Importantísima propiedad en el marco de las fisuraciones que se presenta con frecuencia. Primero tenemos la contracción intrínseca, la pasta de cemento se contrae indefectiblemente por la disminución de la masa original de agua por combinación química, este es un proceso irreversible. Luego tenemos otro tipo de contracción que es inherente a la pasta de cemento, la cual es la principal responsable de los problemas de fisuración, es la denominada contracción por secado, y es que en este caso la contracción se da en estado plástico y en el estado endurecido cuando se ha perdido agua en la mezcla. La contracción por secado no es irreversible, puesto que se puede recuperar gran parte de la acaecida contracción, siempre que se reponga el agua perdida por secado. Se debe tener en claro que el hormigón siempre se contrae y es fundamental tomar las medidas del caso para evitar fisuras o en su defecto preverlas y orientarlas. (Pasquel, 1993, p.140).

#### **2.3.1.2. Concreto endurecido.**

##### **2.3.1.2.1. Elasticidad.**

La elasticidad en un concreto endurecido:

Propiedad del concreto endurecido por la cual tiene la capacidad de deformarse bajo cargas, sin presentar deformación permanente. Estrictamente hablando el hormigón no es un material elástico, dado que no presenta un comportamiento lineal en ningún segmento de su deformación en comprensión vs diagrama de carga, pero de manera convencional el Módulo de elasticidad estática del concreto se define por medio de una recta tangente hacia el origen del diagrama, o una recta secante que une la parte inicial del diagrama con un punto determinado que suele ser un porcentaje de la tensión última. (Pasquel, 1993, p.140).

Normalmente los módulos de elasticidad suelen oscilar entre 250 mil a 350 mil Kg/cm<sup>2</sup> y su relación con la resistencia en compresión es directa y de forma inversa con la relación agua/cemento. Las mezclas más pobres tienen módulos de Elasticidad menores y menor capacidad de deformación que las mezclas más ricas. La ASTM C-469 es la norma que rige como establecer el Módulo de elasticidad estático del hormigón. (Pasquel, 1993, p.141).

#### **2.3.1.2.2. Resistencia.**

La resistencia es una propiedad del concreto endurecido donde:

En el concreto endurecido la resistencia es la propiedad donde:

Es la característica mecánica de soportar esfuerzos y cargas, que en comparación con la tracción es en la compresión donde muestra su mejor comportamiento, a razón de las propiedades que la pasta de cemento le adhiere.

Principalmente depende de la regulación de la pasta de cemento, el cual comúnmente se refiere en términos de la relación Agua – Cemento en peso. Además, le afectan los mismos causantes que rigen las características de resistencia en la pasta, como son el tiempo y la temperatura, quienes unidos a otros elementos adicionados que están sujetos al tipo y propiedades resistentes del cemento a utilizar y de la calidad de agregado a emplear para complementar la estructura del hormigón.

El curado del concreto es un factor indirecto y muy importante dado que es el complemento al proceso de hidratación, y si este proceso no se diera, el concreto no desarrollaría de forma completa sus características resistentes. Comúnmente los concretos presentan resistencias en compresión que data de los 100 hasta los 400 kg/cm<sup>2</sup>, aconteciendo logros de optimización en diseños, sin agregar aditivos, que han obtenido resistencias alrededor de los 700 kg/cm<sup>2</sup>. Si se

emplea aditivos de los llamados polímeros, que están constituidos por aglomerantes sintéticos los cuales son añadidos a la mezcla, se puede obtener resistencias en compresión sobre los 1500 kg/cm<sup>2</sup>, y con la mejora de las tecnologías en el desarrollo de estas técnicas se prevé que en el futuro se supere estos niveles de resistencia. (Pasquel, 1993, p.141).

#### **2.3.1.2.3. Extensibilidad**

En la extensibilidad del concreto endurecido se toma en cuenta que:

Propiedad por la cual el concreto se deforma sin agrietarse. Se determina a partir de la deformación unitaria máxima que el hormigón puede asumir sin que presente fisuraciones. Está sujeta a la elasticidad y a lo que se denomina flujo plástico, se constituye por la deformación que el hormigón tiene bajo cargas continuas en el tiempo. El flujo plástico suele ser recuperable parcialmente, también está relacionado con la contracción, a pesar de ser nominalmente dos fenómenos independientes. Regularmente la microfisuración aparece en torno al 60 por ciento del esfuerzo último, con una deformación unitaria de 0.0012, y la fisuración visible en condiciones normales se da en 0.003 de deformación unitaria. (Pasquel, 1993, p.143).

#### **2.4. Cemento Portland**

El cemento portland es un material que:

Definimos al cemento como los materiales pulverizados con la propiedad de, luego de adicionar convenientemente una cantidad de agua, formar una pasta conglomerante con la capacidad de endurecerse tanto al aire como bajo el agua, formándose compuestos estables. (Rivva López, 2000, p.30).

Normalmente se obtiene el cemento portland de la pulverización del Clinker portland con la eventual adición de sulfato de calcio. Se permite el agregar otros productos con la salvedad que no superen al 1% del peso total y bajo la Norma pertinente con el fin de que no se vea afectado las propiedades del cemento resultante. Serán pulverizados conjuntamente con el Clinker todo producto adicionado. (Rivva López, 2000, p.31).

Para la preparación del concreto se deberá emplear el cemento que cumpla con los requisitos de las normas siguientes:

- Los cementos Pórtland normal tipo I,II y V correspondientemente a las Normas ITINTEC 334.038, ó 334.040; o a las Normas ASTM C 150.
- Los cementos Pórtland puzolánicos Tipo 1P y 1PM debe acatar el cumplimiento de los requisitos de la norma ITINTEC 334.044, o de la Norma ASTM C 595. (Rivva López, 2007, p.21).

**Tabla 1: “Ficha Técnica del Cemento Extraforte”**

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.090
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO3	%	2.4	Máximo 4.0

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.090
Contenido de Aire	%	4	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.07	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	5640	NO ESPECÍFICA
Retenido M325	%	4.2	NO ESPECÍFICA
Densidad	g/mL	2.92	NO ESPECÍFICA

Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	23.4 (239)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	29.6 (302)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	36.7 (374)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)

Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	134	Mínimo 45
Fraguado Final	min	290	Máximo 420

**Fuente: “Cementos Pacasmayo”**

### **2.4.1. Fabricación**

Respecto al Cemento:

Para la fabricación del cemento portland se procede, esquemáticamente de la siguiente manera:

La materia prima, material calizo y material arcilloso, se tritura, mezcla y muele hasta reducirla a un polvo fino. Los procedimientos de mezcla y molido pueden efectuarse en seco o húmedo. La dosificación de los materiales debe ser la adecuada a fin de evitar perjuicio en la calidad. El polvo fino pasa a un horno rotatorio donde es calentado lentamente hasta el punto de clinkerización.

En el proceso inicial de calentamiento tanto el agua como el anhídrido carbónico son expulsados. Cerca de las zonas más calientes del horno es donde se da las reacciones químicas de los componentes de la mezcla cruda. Aparecen nuevos compuestos durante estas reacciones, donde algunos constituyentes llega hasta el punto de fusión. El Clinker es el producto resultante, el cual cae a distintos enfriadores o también se deja enfriando al aire. Luego es combinado con un porcentaje adecuado de yeso y de manera conjunta se procede a molerlo hasta transformarla en un polvo muy fino dando como resultado el cemento portland. (Rivva López, 2000, p.33).

### **2.4.2. Tipos de Cemento Portland**

#### **2.4.2.1. Cemento Tipo I**

También conocido como cemento normal y suele ser de uso común. Es empleado en las obras en las que no es necesario una protección especial, donde las condiciones de trabajo no implican circunstancias climáticas severas ni la presencia de sulfatos u otras sustancias perjudiciales. La presencia del silicato tricalcico (C3S) en este tipo de cemento, genera una

resistencia notoria a edades cortas, por consiguiente, también se genera una cantidad mayor de calor de hidratación. En cambio, el silicato dicálcico (C<sub>2</sub>S) es en edades tardías en las que genera la resistencia. Si bien en este tipo de cemento se hidratan de una forma rápida los aluminatos su contribución es menos significativa en la resistencia final, aun así, estos compuestos son reactivos potenciales, dado el caso de que los sulfatos en solución se encuentran formando sulfoaluminatos, los cuales a su vez crean expansiones que desintegran de forma total al concreto y a todo producto que tenga como base el cemento. (Constructor Civil, 2010)

#### **2.4.2.2. Cemento Tipo II**

Reconocido por ser un cemento Portland de moderada resistencia a los sulfatos y un moderado calor de hidratación, y es que a diferencia del cemento normal el silicato tricálcico y el aluminato tricálcico está disminuido. Este tipo de cemento se emplea en concretos muy anchos, en grandes columnas, es decir en estructuras moderadamente masivas, la finalidad es que el concreto no se agriete durante la hidratación debido a los cambios térmicos que esta genera.

Este tipo de cemento también es aconsejable su uso cuando se requiere que la estructura contenga una protección moderada frente a la actividad de sulfatos, siempre que no sea muy elevada la concentración de sulfatos como en muros bajo tierra y cimentaciones. (Constructor Civil, 2010).

#### **2.4.2.3. Cemento Tipo III**

Conocido como cemento de resistencia rápida, y habitualmente usado ante la necesidad de un desencofrado rápido con la finalidad de agilizar otros trabajos, poniendo al servicio lo más pronto posible la obra. Durante los primeros siete días desarrolla una notable resistencia debido

principalmente a que en su composición química tiene un bajo contenido de silicato dicalcico y un alto contenido de silicato tricalcico. Además, el cemento adhiere la propiedad de lograr una mayor resistencia de manera más rápida cuando la finura del Clinker es molida es mayor que la del cemento normal. (Constructor Civil, 2010).

#### **2.4.2.4. Cemento Tipo IV**

Este tipo de cemento tiene un bajo calor de hidratación por lo que su resistencia se desarrolla a comparación del cemento normal más lentamente, esto debido a que tiene su contenido de silicato tricalcico es más bajo, razón por la cual en su etapa de fraguado a diferencia del cemento normal el calor que desarrolla es menor.

El cemento Tipo IV es mayormente utilizada en la construcción de presas, puentes entre otras estructuras masivas, donde es primordial el control al mínimo del calor de hidratación a fin de evitar el agrietamiento. (Constructor Civil, 2010).

#### **2.4.2.5. Cemento Tipo V**

Es un tipo de cemento resistente a los sulfatos por lo que se utiliza en las construcciones que están expuestas a un severo ataque de sulfatos en solución, así también construcciones en agresivos ambientes industriales. En el cemento Tipo V el contenido de aluminato tricalcico es bajo por lo que es considerado resistente a los sulfatos. Su principal característica es que a edades tempranas obtienen una moderada ganancia en su resistencia, pero debido a su alto contenido de silicato dicalcico, al igual que el cemento de bajo calor, a esa des tardías desarrolla una buena resistencia. (Constructor Civil, 2010).

#### **2.4.2.6. Cemento Tipo MS**

Este tipo de cemento es utilizado ante un existente ataque moderado por los sulfatos, por lo que es imperativo las precauciones contra este tipo de sales, se utiliza sobre todo en drenajes, que al estar expuesto al agua subterránea la concentración de sulfatos es mayor a lo habitual sin llegar a ser severas. Al igual que el cemento portland Tipo II el cemento Tipo Ms garantiza una gran resistencia a los sulfatos siempre que la preparación del concreto mantenga una baja relación agua – materiales cementantes. (Notas de Concretos, 2011)

Este tipo de cemento cuenta con un adicionamiento de escoria de altos hornos, generando una actividad potencial otorgando al concreto una mayor resistencia a los sulfatos, un moderado calor de hidratación entre otras características. El cemento Tipo MS presenta una gran resistencia a la agresión química, esto a razón de las reacciones químicas que genera las escorias adicionadas, logrando mayor resistencia al contacto con terrenos húmedos que contienen sustancias salitrosas y sulfatos que deterioran el concreto.

Utilizado en losas, cimentaciones entre otras estructuras. A diferencia del cemento común, el cemento Tipo Ms desarrolla pasado el tiempo una superior resistencia mecánica. Su composición es de 5% de yeso, 30% de escoria y 65% de Clinker. Tradicionalmente comparada con el cemento Tipo III en base a sus comunes requisitos físicos, con la salvedad del tiempo de fraguado, en el cemento Tipo III es de 375 minutos y para el cemento Tipo MS es de 420 minutos. La norma ASTM C 1157 rige el cemento Tipo MS y en el Perú está normado por la NTP 334.082. (Carrillo, 2003)

#### **2.4.2.7. Cemento Puzolánico**

Es el cemento que ante los agentes químicos tiene mayor resistencia, caracterizándose por generar menos calor al momento del fraguado, presentar una menor dilatación y una impermeabilidad mayor al Cemento Portland, por lo que la segregación y la exudación disminuye. La puzolana, de donde deriva su nombre, es una fina ceniza volcánica, su nombre se da debido a la localidad de Pozzuoli, en la región de Lazio y la Campania, cerca de Nápoles a faldas del Vesubio. El nombre se generalizó luego para todo cemento con cenizas volcánicas de distintos lugares. La mezcla de la puzolana con la cal (en proporción de 2 a 1 respectivamente) tiene un comportamiento como el cemento puzolánico permitiendo que se prepare una apropiada mezcla en grado de fraguar, inclusive bajo el agua. (Construmática, s/f).

Esta cualidad permite que el concreto resista el embate del agua, cualidad que era conocida por los romanos en tiempos de su imperio: La construcción del antiguo puerto de Cosa fue a base de puzolana con cal mezclada escasamente antes de uso y situada bajo agua por medio de un tubo para finalmente depositarla en lo más hondo sin que el mar lo diluya. Después de 2100 años aun perduran estos tres muelles. La puzolana es una piedra muy reactiva, porosa y de naturaleza acida, y se obtiene a bajo precio. El Cemento Puzolánico está constituido por:

- “2 a 4% de yeso”
- “30 a 45% de puzolana”
- “55 a 70% de Clinker Portland”

Este cemento es empleado sobre todo en climas calurosos o vaciados de grandes dimensiones (Construmática, s/f).

**Nota:** De los Cementos Portland mencionados en el Perú solo se fabrican: Cemento Tipo I, Cemento tipo II, Cemento Tipo V, Cemento tipo MS y Cemento Puzolánico.

### 2.4.3. Requisitos del Cemento Portland

#### 2.4.3.1. Requisitos Físicos

*Tabla 2. “Requisitos físicos del cemento”*

REQUISITOS FÍSICOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPOS DE CEMENTO <sup>A</sup>				
		IS(<70), IP, IL, I(PM) IT(P<S<70) IT(P≥S) IT(P>L) IT(L≥P) ICo	IS(<70)(MS) IP(MS) IT(P<S<70)(MS) IT(P≥S)(MS)	IS(<70)(HS) IT(P<S<70)(HS) IP(HS) IT(P≥S)(HS)	IS(≥70), IT(S≥70)	IP(LH), <sup>A</sup> IT(P≥S)(LH) <sup>A</sup> IL(LH) <sup>A</sup> IT(<S<70)(LH) IT(P>L)(LH) <sup>A</sup> IT(L≥S)(LH) <sup>A</sup> IT(L≥P)(LH) <sup>A</sup>
Finura	334.002/334.045	B	B	B	B	B
Expansión en autoclave, max. %	334.004	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Contracción en autoclave, max. % <sup>C</sup>	334.004	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Tiempo de fraguado, ensayo Vicat. <sup>D</sup>	334.006					
Fraguado, minutos, no menos de		45	45	45	45	45
Fraguado, horas, no más de		7	7	7	7	7
Contenido de aire del mortero, volumen %, max.	334.048	12	12	12	12	12
Resistencia a compresión, min , MPa	334.051					
3 días		13,0	11,0	11,0	...	...
7 días		20,0	18,0	18,0	5,0	11,0
28 días		25,0	25,0	25,0	11,0	21,0
Calor de hidratación, kJ/kg (Cal/g), <sup>F</sup> máx.	334.064					
7 días		290(70) <sup>E</sup>	290(70) <sup>E</sup>	290(70) <sup>E</sup>	...	250(60)
28 días		330(80) <sup>E</sup>	330(80) <sup>E</sup>	330(80) <sup>E</sup>	...	290(70)

A. No aplicable.

B. Promedio de las últimas cinco muestras consecutivas.

C. Los resultados de ensayo representan los valores más recientes y son suministrados solamente para información.

*Fuente: “Norma Técnica Peruana NTP 334.090, INDECOPI 2013”*

### 2.4.3.2. Requisitos Químicos

Tabla 3. “Requisitos químicos del cemento”

REQUISITOS QUÍMICOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPOS DE CEMENTO			
		IS(<70) IT(P<S<70) IT(L<S<70)	IS(≥70) IT(S≥70)	IP, I(PM) IT(P≥S) IT(P≥L)	ICo IL IT(L≥S) IT(L≥P)
Óxido de magnesio (MgO), máx. %	334.086	...	...	6,0	...
Azufre como trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), máx. <sup>A</sup> %	334.086	3,0	4,0	4,0	3,0
Azufre (S), máx. %	334.086	2,0	2,0	...	....
Residuo insoluble, máx. % <sup>B</sup>	334.086	1,0	1,0	...	....
Pérdida por ignición, máx. %	334.086	3,0 <sup>C</sup>	4,0 <sup>C</sup>	5,0 <sup>C</sup>	10.0

A. No aplicable.

B. Promedio de las últimas cinco muestras consecutivas.

*Fuente: “Norma Técnica Peruana NTP 334.090, INDECOPI 2013”*

### 2.5. Agregados

Se define como materiales inertes que forman el concreto al ser aglomerados en la pasta de cemento generando una estructura resistente. Su importancia es primordial puesto que forman las ¾ partes del cuerpo total. (Pasquel, 1993, p.69).

Cuando se denomina inerte es de forma relativa, si bien en las reacciones químicas del agua - cemento para producir el aglomerante no interviene directamente, sus cualidades influyen notablemente en el producto final; dado que en algunos sucesos son del igual de importante que el cemento para conseguir que el concreto obtenga las propiedades particulares de conductibilidad, durabilidad, resistencia, etc. Formados comúnmente por partículas minerales de granito, cuarzo, arenisca, basalto o combinados entre ellos, y sus cualidades químicas y físicas influyen practicamente en todos los atributos del concreto. (Pasquel, 1993, p.69).

Para lograr una estructura eficiente y densa y una conveniente trabajabilidad es necesaria la distribución volumétrica adecuada. Se ha demostrado científicamente que el ensamble entre partículas debe ser casi total donde las más pequeñas se posicionen en los espacios existente entre los mayores y la pasta de cemento una a todos los agregados de forma conjunta. (Pasquel, 1993, p.69)

### **2.5.1. Agregado Fino**

Toda partícula que proviene de la desintegración artificial o natural de las rocas que pase por el Tamiz ITINTEC 9,5mm (3/8”) y que a su vez cumpla con los límites que establece la Norma ITINTEC 400.037. (Rivva López, 2007, p.24).

El agregado fino consiste comúnmente en arena natural o elaborada, o de forma combinada. Son partículas limpias, preferentemente de perfil angular, compacto, duro y resistente. (Rivva López, 2007, p.24).

El agregado fino tiene que estar suelto de cantidades perjudiciales de terrones, esquistos, polvo, partículas escamosas, sales, pizarras, materia orgánica, álcalis o cualquier sustancia que dañe el agregado. (Rivva López, 2007, p.25).

Deberá graduarse dentro de los límites que indica la Norma ITINTEC 400.037. (Rivva López, 2007, p.25).

Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- “La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie de Tyler”. (Rivva López, 2007, p.25).

- “El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera”. (Rivva López, 2007, p.25).
- “Es recomendable generalmente que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites”: (Rivva López, 2007, p.25).

**Tabla 4.** “*Limites Granulométricos del A. Fino*”

Malla	% QUE PASA
3/8"	100
N°4	95 - 100
N°8	80 - 100
N°16	50 - 85
N°30	25 - 60
N°50	10 - 30
N°100	2 - 10

**Fuente:** “*Diseño de mezclas - Enrique Rivva López*”.

En las mallas N° 50 y N° 100 el porcentaje que se indica se podrá reducir a 5% y 0% respectivamente, siempre que el agregado sea utilizado en hormigón con aire incorporado y el cemento contenido sea mayor de 225 kg/m<sup>3</sup>, o en el caso de no haber incorporado aire al concreto y sea mayor de 300 kg/m<sup>3</sup>, o también en el caso de suplir la deficiencia del porcentaje que se tamiza por estas mallas por un aditivo mineral. (Rivva López, 2007, p.25).

“El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de más o menos 0,2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto, siendo recomendable que el valor asumido este entre 2.35 y 3.15”.

El límite del módulo de fineza del agregado fino debe mantenerse alrededor de 0,2 del valor se asume para la elección de las proporciones para el concreto, por lo que se recomienda que el valor asumido fluctúe dentro de un rango de 2,35 y 3,15. (Rivva López, 2007, p.25).

El agregado fino será rechazado por la inspección si el límite indicado de más o menos 0,2 ha sido excedido, o como alternativa se le autorizará que las proporciones de las mezclas sean ajustadas de manera que sean compensadas las variaciones granulométricas que se puedan presentar. Los ajustes aplicados no deben significar que el contenido del cemento sufra reducciones. (Rivva López, 2007, p.25).

Acorde a los requisitos estipulados en la Norma ITINTEC 400.013, no habrá indicaciones de la presencia de materia orgánica en el agregado fino. Si no cumple con los requisitos que se ha indicado en la norma, el agregado fino se empleará siempre que: (Rivva López, 2007, p.26).

- El resultado de la coloración una vez realizado el ensayo sea debido a la existencia de pequeñas partículas de carbón o algunas otras partículas parecidas. (Rivva López, 2007, p.26).
- El ensayo realizado de dicho agregado fino nos dé como resultado una resistencia, dentro de los siete días de preparado el mortero, no menor del 95% de la resistencia obtenida de similares morteros que se hayan preparado con una porción distinta tomada de la misma muestra del agregado fino, y esta porción haya sido lavada con anterioridad con una solución al 3% de hidróxido de sodio. (Rivva López, 2007, p.26).

En el agregado fino las partículas inconvenientes no deberán exceder los límites siguientes: (Rivva López, 2007, p.26).

- Material más fino que la malla N°200”
  - “Concreto sujetos a abrasión.....3%
  - “Otros concretos.....5%
- “Lentes de arcilla y partículas desmenuzables.....3%

- Carbón
  - “Cuando la apariencia superficial del concreto es impórtate.....0,5%
  - “Otros concretos.....1%

(Rivva López, 2007, p.26).

### 2.5.2. Agregado Grueso

El agregado grueso se define como el material que al ser tamizado es retenido por el Tamiz ITINTEC 4.75mm (N°4), así también satisface los límites que establece la Norma ITINTEC 400.037. Cuando se habla de agregado grueso nos referimos esencialmente a piedra partida, grava natural o triturada, o agregado metálicos naturales o artificiales. Para la elaboración de concretos livianos se podrá emplear agrado grueso natural o artificial. (Rivva López, 2007, p.27).

La conformación del agregado grueso debe contener partículas limpias, compactas, duras, de perfil angular o semi angular, de textura preferentemente rugosa y resistente. Químicamente las partículas deben ser estables y deben estar libres de polvo, escamas, limo, tierra, sales, incrustaciones superficiales, humos, materia orgánica u otras sustancias dañinas. (Rivva López, 2007, p.27).

La Norma ITINTEC 400.037 o la Norma ASTM C 33 especifican los límites en las que debe estar graduado los agregados gruesos, las cuales se muestran en la tabla 5. Se recomienda tener las siguientes consideraciones: (Rivva López, 2007, p.27).

- Al seleccionar la granulometría es preferible que esta sea continua. (Rivva López, 2007, p.27).

- Ya seleccionada la granulometría esta deberá permitirnos obtener una adecuada trabajabilidad, la máxima densidad del hormigón y una consistencia a razón de las condiciones que presenta la colocación de mezclas. (Rivva López, 2007, p.27).
- Una vez seleccionada la granulometría esta no debe presentar un retenido de agregado que sobre pase el 5% de la malla 1 ½ y que en la malla de ¼ el agregado no pase del 6%. (Rivva López, 2007, p.27).

**Tabla 5. “Límite de graduación del A. Grueso”**

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes fallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
1/2"	-	-	-	100	90- 100	40-70	0-15	0-5
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10

**Fuente:** “Diseño de mezclas - Enrique Rivva López”

El agregado grueso debe tener un tamaño máximo nominal que no debe ser mayor de: (Rivva López, 2007, p.27).

- $\frac{1}{5}$  de la menor dimesion entre caras de encofrados. (Rivva López, 2007, p.27).
- $\frac{1}{3}$  del peralte de las losas. (Rivva López, 2007, p.27).

- $\frac{3}{4}$  del espacio libre mínimo entre las barras o de los alambres individuales de refuerzo; ductos de preesfuerzo, torones o paquetes de barras. (Rivva López, 2007, p.27).

Cuando los elementos presenten un grosor reducido, o exista una gran cantidad de armadura, ante tales situaciones y bajo consentimiento del inspector de la obra, el tamaño máximo nominal del agregado grueso podrá ser reducido, teniendo en cuenta la trabajabilidad conveniente, el asentamiento adecuado y las propiedades requeridas del concreto no sean modificadas. Estas limitaciones expuestas se podrán obviar, con autorización de inspección, si se asegura los procedimientos de colocación, compactación y vibración con la finalidad de evitar la formación de vacíos o cangrejeras. (Rivva López, 2007, p.28).

La existencia de partículas inconvenientes dentro del agregado grueso debe limitarse dentro de los porcentajes siguientes: (Rivva López, 2007, p.28).

- Arcilla.....0,25%
- Partículas deleznales.....5,00%
- Material más fino que la malla N°200.....1,00%
- Carbón y lignito:
  - Cuando el acabado superficial del concreto es de importancia.....0,50%
  - Otros concretos.....1,00% (Rivva López, 2007, p.28).

En el caso que el agregado grueso no cumpla con las limitaciones anteriores, este aún puede ser aceptado siempre que exista un concreto preparado con el mismo agregado y de la misma procedencia y que haya cumplido un servicio satisfactorio, o si no hubiera un historial de servicio, sea el ensayo de laboratorio, el que sustente el cumplimiento satisfactorio del concreto. (Rivva López, 2007, p.28).

En pavimentos de concreto y estructuras sujetas a procesos de cavitación, abrasión o erosión, el agregado grueso empleado no debe exceder el 50% en pérdidas según el ensayo de abrasión bajo las normas ASTM C 131 o ITINTEC 400.019 ó 400.020 (Rivva López, 2007, p.28).

Las partículas del agregado grueso serán lavadas de manera preferible con agua potable, si no fuera posible, el agua que se utilizará debe encontrarse libre de sólidos en suspensión, materia orgánica o sales. (Rivva López, 2007, p.28).

### **2.5.3. Características**

#### **2.5.3.1. Peso Unitario**

Es el resultado de que al peso de las partículas se le divide su volumen total, se debe incluir los vacíos, influenciado por la forma en que se acomodan las partículas, convirtiéndose en parámetro con cierta relatividad. (Pasquel, 1993, p.74).

Las características que influyen al peso unitario son: (Rivva López, 2000, p.152).

- Su granulometría
- Su gravedad específica
- Su grado de compactación de masa
- Su condición de humedad
- Su perfil y textura superficial

El contenido de humedad hace variar el peso unitario, para el caso del agregado grueso el peso unitario se incrementa cuando el contenido de humedad se incrementa. En lo que se refiere al agregado fino, incrementar al punto de superar el estado de saturación superficialmente seco, esta condición puede derivar en una disminución del peso unitario, a razón de que la película superficial de agua conlleva a que las partículas se junten, por lo cual se facilita la compactación del agregado fino disminuyendo el peso unitario debido al incremento del volumen. (Rivva López, 2000, p.152).

### **2.5.3.2. Peso Específico**

También expresado como densidad, el peso específico del agregado gana importancia en el rubro de la construcción cuando es imperante que el peso del concreto tenga un límite. El peso específico también se toma como un indicador de calidad, puesto que los materiales que muestran un buen comportamiento arrojan valores elevados, caso contrario si el peso específico es de un valor bajo, por lo general suelen ser agregados débiles y absorbentes, por lo cual se recomienda se efectúen pruebas adicionales. (Rivva López, 2000, p.153).

Si al peso de las partículas le dividimos su volumen sin considerar los vacíos que dejan estas partículas el cociente que obtengamos será el peso específico, cuyos valores estándar oscilan entre  $2.5 \text{ kg/m}^3$  y  $2.7 \text{ kg/m}^3$  para los agregados. (Pasquel, 1993, p.74).

“Según la norma ASTM C 128 el peso específico se puede expresar de tres formas: (Rivva López, 2000, p.154).

- La Norma ASTM E 12 lo define como la relación, con temperatura uniforme, a la materia en el aire de un volumen unificado de material absorbente (incluidos los poros absorbentes y no permeables naturales de la materia en mención) a la masa en el aire de común densidad, de un volumen equitativo de agua destilada exento de gas. (Rivva López, 2000, p.154).
- Para el peso específico aparente se defien como la relación, a una temperatura uniforme, de la masa en el aire de un volumen unificado del conglomerado, a la masa en el aire con densidad común de un volumen unificado de esta materia, a la masa en el aire de común densidad de un volumen de agua destilada exento de gas. Si la materia a tratar es un solido, el volumen es la parte no permeable. (Rivva López, 2000, p.154).
- Si la masa está saturada superficialmente seca: entonces está determinado como identico peso especifico de masa, exceptuando que esta incluyendo el agua en los poros no impermeables. (Rivva López, 2000, p.154).

### **2.5.3.3. Absorción**

Es la capacidad que tienen los agregados para colmar con agua todos los vacíos que se encuentran al interior de las partículas. Este fenómeno se crea por capilaridad, no llegándose a colmar definitivamente los poros asignados puesto que continuamente queda aire atrapado. (Pasquel, 1993, p.76).

La función de absorción es una mensura de la porosidad del añadido, calculándose que valores con excedentes del 2% al 3% tienen la posibilidad de ser un índice de agregados con alta

porosidad positiva. Para agregados absorbentes que indican mayores valores serán aceptados siempre que los poros presenten un tamaño más grande. (Rivva López, 2000, p.160).

#### **2.5.3.4. Humedad**

Viene a ser la cantidad retenida de agua superficial de las partículas del agregado en un determinado momento. Es una característica fundamental puesto que ayuda a aumentar el agua de mezcla en el hormigón, motivo por la que se debería tener en cuenta de manera conjunta con la absorción para hacer las correcciones correctas en el proporcionamiento de las mezclas, y así se efectúen las conjeturas asumidas. (Pasquel, 1993, p.77).

#### **2.6. Agua**

Según la Norma ITINTEC 334.088 el agua a emplearse tanto en la preparación de la mezcla como en el curado del concreto tiene que satisfacer los requisitos que dicta esta norma y preferentemente debe ser agua potable. (Rivva López, 2007, p.29).

Se encuentra determinadamente prohibido el empleo de aguas calcáreas; ácidas, carbonatadas, minerales; así también aguas provenientes de relaves o minas; aguas que en su contenido presenten residuos industriales o minerales; aguas con contenidos de algas, aguas que contengan sulfatos mayores del 1%, descargas de desagües, humus, o materia orgánica; aguas con contenidos de azúcares de alguno de sus derivados. Así también está vedado el uso de aguas que en su contenido presenten un porcentaje significativo de potasio disueltas o de sales de sodio, y en todo suceso en que la reacción álcali-agregado pueda presentarse. (Rivva López, 2007, p.29).

En el caso del uso de aguas naturales no potables, previo consentimiento de la inspección, siempre que cumplan con que: (Rivva López, 2007, p.29).

- Esten limpias y exentos de cantidades dañinas de, materia orgánica, sales, aceites, álcalis, ácidos, o cualquier sustancia que puedan ser perjudiciales a los elementos embebidos, acero de refuerzo o concreto. Se debe evitar que toda agua seleccionada con alta concentración de sales. Puesto que podemos afectar la estabilidad del volumen, resistencia del hormigón, el tiempo de fraguado, y adicionalmente se puede dar origen a eflorescencias y corrosión del acero de refuerzo. (Rivva López, 2007, p.30).
- Es mediante un análisis elaborado en el laboratorio la que determina la calidad del agua, por lo cual cumple con los valores que se indican a continuación, cabe la posibilidad que estos valores pueden exceptuados por la inspección. (Rivva López, 2007, p.30).

**Tabla 6.** “Límites permisibles máximo del agua”

<b>Descripción</b>	<b>Limite permisible</b>
Sólidos en suspensión	5000 p.p.m. máximo
Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1000 p.p.m. máximo
Sulfato (Ion SO <sub>4</sub> )	600 p.p.m. máximo
Cloruros (Ion Cl)	1000 p.p.m. máximo
pH	5 a 8

**Fuente:** “NTP.339.088”

- El recuento de las proporciones finales del hormigón se basará en los resultados que arrojen los ensayos de resistencias en compresión usados en la preparación del hormigón, agua de la fuente seleccionada. (Rivva López, 2007, p.30).
- Las probetas de mortero que han sido preparados con el agua elegida y ensayados bajo las recomendaciones de la Norma ASTM C 109 presenta a los 7 y los 28 días una resistencia a compresión no menor al 90 por ciento de las probetas elaboradas con agua potable. (Rivva López, 2007, p.30).

Si en los aditivos y/o agregados se presentan sales o alguna materia dañina, estas deberán adicionarse a las que el agua de mezclado presenta, a razón de evaluar todo el contenido de sustancias dañinas que puedan perjudicar a los elementos embebidos, al acero de refuerzo, o al concreto. (Rivva López, 2007, p.30).

Si en el conditivos creto han de estar embebidos elementos de aluminio y/o fierro galvanizado, el contenido de cloruro deberá disminuir a 50ppm. (Rivva López, 2007, p.31).

La cantidad de ión cloruro contenido en el agua en los ingredientes del hormigón, no debe exceder los valores en funcion del peso del cemneto que se presenta a continuacion: (Rivva López, 2007, p.31).

- Hormigón armado, con preseencia de elementos de fierro  
Galvanizado aluminio.....0,06%
- Hormigón pretensado.....0,06%
- Hormigón armado no protegido, sometido a un medio humedo,

pero sin estar propenso a cloruros.....0,15%

- Concreto armado en estado seco o siendo pretegido de la humedad a partir de algún recubrimiento no permeable.....0,80%

(Rivva López, 2007, p.31).

Para la elaboración del concreto se podrá usar el agua de mar siempre que la inspección y el ingeniero proyectista den su autorización debidamente por escrito. El agua de mar está determinadamente prohibida como uso en la mezcla en casos siguientes: Rivva (López, 2007, p.31).

- En la elaboración de concreto reforzado
- En la elaboración de concretos en la que su resistencia a la compresión a los 28 días sea superior a los 175 kg/cm<sup>2</sup>.
- Elaboración de concretos en los que se encuentran embebidos elementos de fierro galvanizado o aluminio.
- Los concretos que se tengan que vaciar en climas cálidos.
- En la elaboración de concretos expuestos, caravistas o que tengan acabados superficial de importancia. (Rivva López, 2007, p.31).

Si se va a emplear otras fuentes o se deba mezclar agua de dos o más distintas procedencias, el agua resultante debe calificarse por medio de ensayos. Presentando para esta calificación como requisitos primordiales que la mezcla para una cantidad de cemento mínimo de 350kg/m<sup>3</sup> presente como máximo una relación agua – cemento de 0.50; con un recubrimiento al acero de refuerzo mayor o igual a 70 mm y con consistencia plástica. (Rivva López, 2007, p.31).

**Tabla 7. Requisitos de performance del concreto para el agua de mezcla**

Ensayo	Limites	Metodo de ensayo
pH	5.5 – 8.5	NTP 339.073
Resistencia a compresion, minimo, % del control a 7 días.	90	NTP 339.034
Tiempos de fraguado,desviacion respecto al control,horas,minutos	De 1h mas temprano a 1.5 h mas tarde	NTP 339.082

*Fuente: Manual de carreteras-EG 2013, p.385*

- ❖ Los requisitos mostrados en la Tabla 7 son considerados opcionales y han de servir para que el elaborador de la mezcla pueda sustentar de forma documentada el contenido y la química del agua. (Manual de Carreteras-EG, 2013, p.385).

**Tabla 8. Limites químicos opcionales para el agua de mezcla**

Contaminante	Limite ppm	Metodo de ensayo
Cloruro como Cl	500	
En concreto pretensado, tableros de puentes o designados de otra manera	1.000	NTP. 339.076
Otros concretos reforzados en ambientes humedos o que contengan	3.000	NTP. 339.076
Alcalis como (NA <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O)	600	ASTM C 114
Solidos totales por masa	50.000	ASTM C 1603

*Fuente: Manual de carreteras-EG 2013, p.386*

## 2.7. Tereftalato de Polietileno (PET)

### 2.7.1. Definición

También conocido como PET, es un polímero obtenido por medio de la reacción entre el etilenglicol y el ácido tereftálico. Su uso se extiende sobre todo en la elaboración de textiles y envases. (Méndez, 2012, p. 18).

En si el plástico es un material que su composición contiene proteínas, resinas y otras sustancias, que presentan una facilidad de moldear de modificar su color y forma de manera temporal o permanente, a un costo bajo de fabricación, por lo que se le considera entre los materiales más populares y utilizados de los últimos tiempos. (Méndez, 2012, p. 18)

**Tabla 9.** Sistema de identificación de envases PET.

Tipo de termoplástico	Clave	Tipo de uso
Tereftalato de polietileno (PET o PETE)	1	Se utiliza para botellas de refresco carbonatado y para recipientes de comida.
Polietileno de alta densidad (HDPE O PEAD)	2	Empleado en las botellas de leche, detergente, bolsas, entre otros.
Policloruro de vinilo (PVC)	3	Frecuente en los envases de película fina y envolturas.
Polietileno de baja densidad (LDPE)	4	Este plástico fuerte, flexible y transparente se puede encontrar en algunas botellas y bolsas muy diversas (de la compra o para comida congelada, pan, etc.)
Polipropileno (PP)	5	Usado para las cajas de botellas, maletas, tapas y etiquetas.
Poliestireno (PS)	6	Empleado en la producción de vasos y platos de estereofón y artículos moldeados por inyección.
Otros	7	Todas las demás resinas y materiales multilaminados. Son utilizados en productos que no tienen grandes especificaciones (defensas de autos, postes, etc.)

Fuente: Méndez, 2012

El PET tiene diferentes grados diferenciados por su cristalinidad y peso molecular; generalmente son caracterizados por su ligereza, elevada pureza, tenacidad y alta resistencia. Y de acuerdo a su dirección tiene propiedades de resistencia química y transparencia. (Méndez,2012, p. 27)

### 2.7.2. Comparación del PET con otros materiales.

El uso del PET en la última década lo ha catalogado como el material más importante y empleado en la elaboración de botellas de alimentos, refrescos y agua, llegando su producción a 11 millones de toneladas aproximadamente, esto se debe a la buena gama de propiedades que lo caracteriza como su baja densidad, su transparencia, sus magníficas propiedades organolépticas, su flexibilidad de formatos, su alta resistencia, entre las más importantes. Además, gracias a las nuevas tecnologías los puntos débiles del PET se han ido mejorando al combinarle con otros materiales. (Méndez, 2012, p. 31).

**Figura 2.** Comparación del PET con otros elementos

	PET	PVC	HOPE	PP	PS	HOPE con barreras de Nylon	Vidrio	Aluminio
Transparencia	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓
Resistencia	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑
Impermeabilidad	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Barrera para el paso de gases	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑
Capacidad de llenado en caliente	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↑
Resistencia a microondas	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓
Capacidad de reciclaje	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↑
Propiedades organolépticas	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↑
Flexibilidad de formas	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓

→ Subtítulo  
 ↑ Excelente    ↑ Aceptable    ↓ Malo    ↓ Pésimo

Fuente: Méndez, 2012

### 2.7.3. Aplicaciones del PET

Entre los usos del PET más comunes tenemos la elaboración de botellas plásticas destinadas al consumo de bebidas, elaboración de bandejas y láminas. En el sector textil también son requeridos. (Méndez, 2012, p. 41).

### 2.7.4. Propiedades Físicas del PET

*Tabla 10. Propiedades físicas del PET*

<b>PROPIEDADES FÍSICAS DEL PET</b>	
<b>Densidad bruta</b>	520 kg/m <sup>3</sup>
<b>Densidad neta</b>	1400 kg/m <sup>3</sup>
<b>Módulo de Young</b>	2800 – 3100 Mpa
<b>Resistencia a la Tracción</b>	900 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la tensión</b>	0.60 - 0.74 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la compresión</b>	260 – 480 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia al calor</b>	80 -120 °C
<b>Resistencia a flexión</b>	1450 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Ramírez, 2019

## CAPÍTULO III

# MATERIALES Y METODOS

## **Capítulo III: Materiales y Métodos**

### **3.1. Método de Investigación**

El método más adecuado para este tipo de investigación es un método experimental, que esencialmente analiza el comportamiento del concreto mediante la adición de diferentes porcentajes de residuos de PET en cuadrados, para determinar el mejor porcentaje a utilizar sobre el concreto. Se Trabajó en el laboratorio y luego se usó fórmulas y procesadores de datos para obtener respuestas, y luego se desarrolló una tabla de resultados.

### **3.2. Obtención en Laboratorio de Muestras Representativas (Cuarteo)**

#### **Procedimiento**

Coloque la muestra sobre un piso de concreto limpio sin ningún otro tipo de residuo para evitar la pérdida de material o la adición de materias extrañas. Este material se mezcla en una pila en forma de cono, que se realiza cuatro veces en el mismo procedimiento. Se saca del fondo de la pila de material y se deposita en el lado superior del cono de material para que caiga uniformemente desde el lado de la pila de material. Luego se aplana y se extiende la pila cónica para obtener una base circular de espesor y diámetro uniforme, y se presiona con la cuchara de la pala para mantener el material original en cada parte del abanico. El diámetro de la base circular es de cuatro a ocho veces el grosor. Luego divida el material en cuatro partes iguales a lo largo del diámetro. Excepto todos los materiales finos, divida las dos habitaciones diagonalmente opuestas y luego limpie el espacio libre con una escoba. Mezcle los tres cuartos restantes nuevamente y repita el proceso hasta obtener la cantidad requerida de muestra.

*Figura 3. Cuarteo en una superficie plana y limpia*



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=RM114R-2UxQ>

### **3.3. Peso Unitario de los Agregados**

#### **3.3.1. *Peso Unitario Suelto***

El tanque está equipado con una pala para drenar los agregados desde una altura de no más de 50 mm (2 pulgadas) hasta cubrir el contenedor.

Use una regla para nivelar el exceso de agregado hasta que se elimine.

Mida el peso del tanque más el contenido y el peso del tanque, y el peso registrado es de aproximadamente 0.05 kg (0.1 lb). Después de nuestra prueba, el PU suelto del agregado fino que obtuvimos es 1,490.16 kg / m<sup>3</sup>. El agregado grueso de arroz es de 1.475,05 kg / m<sup>3</sup>.

### **3.3.2. *Peso Unitario varillado***

El depósito se llena con tres capas de agregado. Apisone la primera capa de agregado con 25 golpes y distribúyala uniformemente, usando el extremo hemisférico de la varilla. Luego llene el tanque de agua con  $2/3$  del agua, vuelva a nivelar la superficie y apisone como se describió anteriormente. Finalmente, llene el depósito hasta que rebose de la manera descrita anteriormente y vuelva a apisonar. Al apisonar la primera capa, asegúrese de que la varilla golpee el fondo del tanque, y al apisonar la capa superior, debe usar la fuerza necesaria para que la varilla simplemente penetre en la capa correspondiente. Una vez que el tanque esté lleno, utilícelo como regla, nivele la superficie con una varilla y determine el peso del tanque lleno y el peso del contenedor individual, y registre el peso más cercano de 0.05 kg (0.1 lb). Después de completar el cálculo, nuestra prueba obtuvo P.U. La densidad compactada del agregado grueso es de 1.601,05 kg / m<sup>3</sup>.

### **3.4. *Análisis Granulométrico del Agregado Grueso y Agregado Fino***

#### **Procedimiento**

Para obtener resultados rápidos, el agregado grueso no se secó porque los resultados no se ven afectados por el contenido de humedad, a menos que:

- El Tamaño Máximo nominal sea menor de 12 mm (1/2")
- El agregado grueso tenga una cantidad apreciable de finos menos que el tamiz N° 4.75 mm (N°4).
- El agregado grueso es extensamente absorbente (por ejemplo, los agregados ligeros.)

Elija la serie de tamices del tamaño adecuado para cumplir con las especificaciones del material a probar. Organizar los tamices en orden descendente de tamaño de poro, colocar la muestra en el tamiz superior y tamizar manualmente el tiempo requerido. Tiempo apropiado para el tamizado para que luego de terminado el tamizado, durante el proceso de tamizado manual de un (1) minuto, el peso que pase por el tamiz no exceda el 1% del peso retenido en cada tamiz, y mantenga cada Un colador y tapa la tapa para ajustar el fondo a una posición ligeramente inclinada con la mano. Luego, el borde de la pantalla se mueve hacia arriba, hacia la palma de la otra mano. Se utiliza una balanza electrónica para determinar el peso de la muestra retenida en cada tamiz. El peso total del material tamizado se verifica con el peso original de la muestra de prueba. Esta cantidad no difiere del peso seco original de la muestra en más del 0.3%, y el resultado se utiliza para fines de recepción.

### **3.5. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino**

#### **Procedimiento**

Se toman muestras del agregado para obtener una muestra de prueba de aproximadamente 1 kg. Colocar el agregado fino obtenido por el método de cuarteado, luego secarlo en un horno a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  en incubadora durante 24 horas, al cabo de estas horas sacarlo del horno y cubrir con agua para hacer Déjelo reposar durante otras 24 horas. Luego, vierta el agua para evitar la pérdida de polvo fino y extienda el agregado sobre la superficie expuesta al flujo de aire caliente (secadora eléctrica) y continúe removiendo para un secado uniforme hasta que las partículas del agregado no se adhieran firmemente entre sí. . Luego use un molde cónico, coloque la muestra y golpee ligeramente la superficie con una varilla 25 veces, luego levante el molde. El segundo secado es porque hay humedad libre en el cono y el agregado fino mantiene su forma, razón por la cual

continúa secando, y luego la tercera vez el cono colapsa al desmoldar el molde, lo que indica que el agregado fino ha alcanzado Condición de la superficie seca. Añada 500 g de la muestra de material preparada al matraz y llénelo parcialmente con agua a una temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  hasta alcanzar la marca de 500 cm<sup>3</sup>. Agite la botella para eliminar manualmente las burbujas de aire. Para hacer esto, enrolle la botella, inviértala y agítela para eliminar todas las burbujas durante unos 15 a 20 minutos. Después de eliminar las burbujas de aire, ajuste la temperatura del matraz y su contenido a  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , llene el matraz hasta la capacidad calibrada y luego mida el peso total del matraz, la muestra y el agua.

Después de sacar el agregado fino del matraz, secarlo, meterlo en un horno con un peso constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , dejar enfriar a temperatura ambiente de 1/2 a 1 1/2 horas y determinar el peso.

La gravedad específica del agregado fino en el laboratorio es de 2.59 kg / m<sup>3</sup> y la tasa de absorción es de 0.62%.

### **3.6. Peso Específico y Absorción Del Agregado Grueso**

#### **Procedimiento**

Utilice el número requerido de muestras. El material que pasa a través del tamiz de 4,75 mm (tamiz No. 4) se separa con un tamiz seco, y luego el material se lava para eliminar el polvo u otras impurezas de la superficie. Coloque la muestra en un horno a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  para que se seque durante 24 horas, luego sáquela del horno, luego séquela en un lugar fresco a temperatura ambiente durante 2 horas, y luego sumerja inmediatamente el agregado en agua a  $25^{\circ}\text{C}$ . Déjelo a temperatura ambiente durante 24 horas.

Luego, la muestra se separa del agua y el material se enrolla manualmente sobre una tela absorbente grande hasta que se elimina la capa de agua visible, aunque todavía hay humedad en la superficie de las partículas. El secado se realiza por separado de las partículas según su tamaño. Tenga cuidado de evitar la evaporación durante las operaciones de secado de la superficie. Luego se determina el peso, la muestra saturada con una superficie seca se coloca inmediatamente en una canasta de alambre y su peso se mide en agua a  $23 \pm 1,7$  °C. Antes de pesar, elimine todo el aire restante sumergiéndolo en agua y agitando el recipiente.

Colocar la muestra en un horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , mantenerla durante 24 horas, luego sacarla del horno, dejar enfriar a temperatura ambiente y mantenerla durante 2 horas hasta que el material se haya enfriado a un tacto confortable. Realizar el pesaje correspondiente manualmente. La gravedad específica del agregado grueso en el laboratorio es de  $2.68 \text{ kg} / \text{m}^3$  y la tasa de absorción es de 0.32%.

### **3.7. Contenido de Humedad**

#### **Procedimiento**

Utilice la muestra colocada en la tara y utilice una balanza electrónica para determinar la tara y el peso del material húmedo.

Una vez determinado el peso, introducir el material húmedo en el horno y colocarlo a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas. Después de sacar los ingredientes del horno. Utilice la misma balanza utilizada en esta prueba para determinar el peso tara y el material secado al horno.

Al mismo tiempo obtenga registros de agregado fino y agregado grueso. El contenido de humedad en el agregado fino fue de 0.48 y el contenido de humedad en el agregado grueso fue de 0.22.

### 3.8. Diseño de Mezcla

El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente la aplicación técnica y practica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo. (Pasquel, 1993, p.171).

Con base en las tablas de los capítulos anteriores, el comité ACI 211 ha perfeccionado un programa de diseño de mezclas bastante simple que puede obtener resultados correspondientes a diferentes materiales de unidades cúbicas de hormigón. El proceso de selección de la relación descrito en este capítulo es aplicable al concreto de peso ordinario y las condiciones especificadas en cada tabla. Sin embargo, estos datos y procesos básicos se pueden utilizar para diseñar hormigón pesado y hormigón monolítico, y se proporcionará información adicional al tratar con ellos.

La naturaleza del trabajo limita quién es responsable de diseñar la mezcla. Las restricciones pueden incluir:

- Relación agua-cemento máxima.
- Contenido mínimo de cemento.
- Contenido máximo de aire.
- Asentamiento.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Resistencia en compresión mínima.

## Procedimiento para el “Diseño de Mezcla del Concreto”

### 3.8.1. Selección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ )

En estos casos, el valor de resistencia promedio del diseño de la mezcla de concreto debe ser mayor que el valor de resistencia de diseño especificado. Visualizar y determinar la diferencia de resistencia según el grado de similitud y control de calidad del concreto en el laboratorio.

Donde se determinó los  $f'_{cr}$  que resultaron ser de 245kg/cm<sup>2</sup>, 294kg/cm<sup>2</sup> y 364kg/cm<sup>2</sup>

### 3.8.2. Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida

La resistencia a la compresión promedio requerida se ha utilizado como base para seleccionar la proporción de la proporción de la mezcla de concreto, que se determina con base en el registro de los resultados de las pruebas donde la resistencia promedio requerida no está disponible. Utilice los valores de la Tabla 11.

**Tabla 11.** Resistencia a la compresión Promedio

$f'_{c}$	$f'_{cr}$
Menos de 210	$f' + 70$
210 a 350	$f' + 84$
Sobre 350	$f' + 98$

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

### 3.8.3. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso

La norma ITINTEC 400.037 define al Tamaño Máximo como aquel que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

La norma ITINTEC 400.037 define al Tamaño Máximo Nominal como aquel que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

La Tabla 12 corresponde a las curvas granulométricas que presenta a los tamaños nominales entre 2" y 3/8". Esta tabla corresponde a la clasificación de la Norma ASTM C 33.

**Tabla 12. Porcentaje que pasa.**

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes Mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°04	N°08
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
1/2"	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

Las Normas de Diseño Estructural sugieren que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente útil, siempre que sea factible con las dimensiones y características de la estructura. El ACI 318 y la Norma Técnica de Edificación E. 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados;
- 1/3 del peralte de la losa; o
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de refuerzo.

En nuestro caso, el tamaño nominal máximo es de 3/4 de pulgada

#### **3.8.4. Selección del Asentamiento (*Slump*)**

La consistencia es una característica del concreto no endurecido, que determina el contenido de humedad de la mezcla. Según su consistencia, las mezclas de concreto se pueden dividir en:

- Mezclas secas; aquellas cuyo asentamiento esta entre cero y dos pulgadas (0 mm a 50mm).
- Mezclas plásticas; aquellas cuyo asentamiento esta entre dos pulgadas y cuatro pulgadas (75 mm a 100mm).
- Mezclas fluidas; aquellas cuyo asentamiento está a más cuatro pulgadas (mayor de 125mm).
- Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla 13 podemos verificar un

valor apropiado para una determinada labor que se va a ejecutar. Se usó las mezclas de la consistencia más densa que puedan estar bien ubicadas.

**Tabla 13.** Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipo de Construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapata y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones Simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

El asentamiento máximo recomendado por nuestra investigación es de 4 pulgadas.

### 3.8.5. Selección del agua de mezclado y contenido de aire

La selección de la unidad de volumen de agua se refiere a la cantidad de agua mezclada en la mezcladora por unidad cúbica de concreto cuando el agregado está seco para lograr la consistencia suficiente. La Tabla 14 se basa en las recomendaciones del Comité 211 de ACI. Se permite elegir una unidad de volumen de agua, usada para agregado seco, usada para concreto con o sin aire mezclado; considerando la consistencia requerida de la mezcla y el tamaño máximo nominal del agregado grueso seleccionado.

**Tabla 14. Volumen unitario de agua**

Asentamiento	Agua 1/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	Concreto sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
	Concreto con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Esta tabla ha sido confeccionada por el comité 211 del ACI

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

### **3.8.6. Selección de la relación agua/cemento (a/c)**

Se cree que uno de los procedimientos principales para seleccionar la relación de mezcla de hormigón es elegir la relación agua-cemento más adecuada.

La relación agua-cemento de diseño es el valor obtenido de la tabla, que se refiere a la cantidad de agua que ingresa a la mezcla cuando el agregado está saturado cuando la superficie está seca, es decir, cuando no se extrae agua o no se suministra agua. La relación agua-cemento efectiva se expresa como la cantidad de agua en la mezcla bajo la condición real de humedad del agregado.

La Tabla 15 es una adaptación realizada por el Comité 211 de ACI. Esta tabla se refiere a la relación de peso máxima permitida de agua a cemento para diferentes valores de resistencia promedio, ya sea concreto sin o con aire incorporado.

**Tabla 15. Relación Agua/cemento por Resistencia**

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

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

### 3.8.7. Cálculo del contenido del cemento

Tome el valor de la unidad de volumen de agua por unidad de volumen de concreto y la relación agua-cemento seleccionada, y divida el coeficiente de cemento por metro cúbico de concreto por la unidad de volumen de agua (expresado en litros / metro cúbico). La relación agua-cemento da como resultado kilogramos de cemento producidos en unidades cúbicas de concreto.

### 3.8.8. Selección del Agregado

El propósito de seleccionar la proporción de agregado fino y agregado grueso en unidades cúbicas de concreto es obtener una mezcla en la que se puedan obtener las propiedades requeridas en el concreto con el menor contenido de pasta. Por esta razón, el tamaño de partícula total de las

partículas agregadas debe minimizar el volumen de huecos o espacios entre partículas. El contenido de agregado grueso se obtiene de la Tabla 16 preparada por el Comité 211 de ACI, con base en el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de finura del agregado fino. De esta forma se puede obtener el coeficiente  $b / b_0$ , que se obtiene dividiendo el peso seco del agregado grueso por la unidad cúbica del hormigón y el peso unitario del peso seco (expresado en  $kg / m^3$ ).

**Tabla 16.** Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Tamaño Máximo Nominal del agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65

Fuente: Diseño de mezclas - Enrique Rivva López

El agregado grueso está en un estado seco compactado definido por ASTM C 29. Calculando el contenido de agregado grueso por el coeficiente  $b / b_0$ , se puede obtener el hormigón con trabajabilidad compatible con el hormigón armado ordinario. Usando el método del Comité 211 de ACI, el volumen absoluto de agregado fino se determina por la diferencia entre la unidad y la suma del volumen absoluto de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso seco.

### 3.8.9. Ajuste por Humedad del Agregado

Teniendo en cuenta la humedad, según el peso del concreto para prepararlo. Algebraicamente reduce el volumen de agua mezclada colocada en el mezclador, que es igual a la humedad superficial o la humedad libre aportada por el agregado, determinando así el contenido de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción. Los conceptos de absorción, contenido de humedad y humedad superficial deben definirse igualmente:

- La capacidad de absorción de un agregado está dada por la cantidad de agua que él necesita para pasar del estado seco al estado saturado superficialmente seco. Normalmente se expresa en porcentaje.

$$\% \text{ Absorción} = 100(\text{SSS}-\text{S})/\text{S}$$

Dónde:

SSS = Peso del agregado al estado saturado superficialmente seco.

S = Peso del agregado al estado seco.

- El contenido de humedad de un agregado es la cantidad total de agua que él tiene y se determina por la diferencia entre su peso y su peso seco:

$$\text{Contenido de humedad} = 100(\text{H}-\text{S})/\text{S}$$

Dónde:

H = Peso del agregado

- La humedad superficial está dada por la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción”. En este caso, puede ser positivo, porque el agregado agrega agua a la mezcla, y esta cantidad debe reducirse del agua de diseño para determinar el agua

efectiva; o puede ser un número negativo, en cuyo caso el agregado cambiará de la mezcla. Absorbe agua para alcanzar el estado de saturación de la superficie seca, y se debe agregar una cierta cantidad de agua a la mezcla para evitar cambiar el agua de diseño. Al corregir la proporción de la mezcla para la condición de humedad del agregado, pueden ocurrir tres situaciones:

- (a) Ambos agregados proporcionan agua para la mezcla.
- (b) Un grupo de agregados se agrega con agua y el otro grupo de agregados se elimina de la mezcla. Además de agua.
- (c) Ambos tipos de agregados reducirán la humedad en la mezcla.

### **3.9. Procedimiento para la elaboración del concreto adicionando materiales plásticos de reciclaje de forma cuadrada de 3cm, 4cm y 5cm (PET)**

Se inició con el cortado y medido el material de plástico de botellas PET en forma cuadrada de 3cm, 4cm y 5cm de lado, de acuerdo con la cantidad diseñada de PET, después de agregar agregado grueso y agregado fino, se puede agregar directamente en el proceso de mezcla de concreto posterior, al 1%, 3% y 5% en relación al peso del agregado fino para los diseños de mezcla de 175kg/cm<sup>2</sup>, 210kg/cm<sup>2</sup> y 280kg/cm<sup>2</sup>.

### **3.10. Elaboración y Curado de los Especímenes de concreto en el laboratorio.**

El propósito es definir el proceso de preparación y curado del testigo de concreto en el laboratorio, utilizando concreto compactado mediante compactación bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo.

- **Moldes:** El molde del testigo y los sujetadores de estos moldes están hechos de acero, por lo que no puede absorber el concreto bajo prueba y no reaccionará con el concreto. El molde tiene dimensiones y tolerancias específicas para su uso. El molde es hermético para que el agua no se derrame de la mezcla contenida a través de este molde.
- **Varilla compactadora:** Está fabricado en acero cilíndrico con un extremo semiesférico compactado con un radio igual al radio de la varilla. Tiene las siguientes dimensiones de diámetro, con una longitud de 5/8 de pulgada y una longitud de 24 pulgadas.
- **Martillo:** Es de caucho, con peso aproximadamente 0,63 kg
- **Recipientes para muestreo y mezcla:** Se utilizó una carretilla como recipiente para recibir la mezcla de la mezcladora y permitir una mezcla fácil de toda la bachada con la palana.
- **Mezcladora de concreto:** se usó la mezcladora mecánica tipo tambor de 125 lts. Se recomienda que cuando se deba utilizar este último, se reduzca la velocidad de rotación y el ángulo de inclinación del tambor, y se trabaje con una capacidad inferior a la especificada por el fabricante.
- **Equipo Misceláneo:** Tamices, palanas, planchas, reglas, guantes de caucho, calibrador de espesores, etc.
- **Número de muestras:** El número de Testigos y el número de bachadas de ensayo se calculó de acuerdo a las Resistencias de concreto sugeridas que corresponden a la muestra Patrón y las muestras adicionadas con PET 1%, 3% y 5%, teniendo en cuenta las edades a realizar las roturas, y dos ensayos para tener promedio de las muestras realizadas. Los ensayos se realizaron a edades de 7, 14 y 28 días

### **3.10.1. Procedimiento para Preparación de la mezcla.**

A dichas mezclas de concreto se dejó un 10 % de residuo luego de moldear el Testigo del ensayo.

- **Mezcla con maquina:** Antes de poner en marcha el equipo, se introduce el agregado grueso junto con parte del agua utilizada en la mezcla. Luego encienda el mezclador, después de algunas revoluciones del mezclador, agregue agregado fino, cemento y agua. Luego, comience a mezclar el concreto durante 3 minutos de todos los componentes del concreto en la mezcladora. Luego apague el equipo durante al menos 3 minutos y comience dentro de los 2 minutos posteriores a la vibración final.

El concreto se recibió en la carretilla limpia y seca para luego remezclar con la palana, hasta lograr uniformidad y evitar la segregación.

- **Sobre proporción de la mezcla:** La mezcla de prueba se hizo con demasiado concreto y la cantidad se estimó de antemano. En promedio, compensa los residuos restantes en el mezclador. En este caso, limpie el tambor antes de mezclar la bachada del ensayo.

### **Vaciado del Concreto**

- **Lugar del moldeo:** Se moldeó los testigos en el lugar donde se guardó para su fraguado en las siguientes 24 horas. Se colocaron sobre una superficie rígida y libre de vibraciones, evitando inclinaciones y movimientos bruscos.
  - **Colocación:** El concreto se colocó en los moldes utilizando un palustre. Se seleccionó cada palada de concreto el cual sea parte de la bachada; además, la mezcla de concreto en la carretilla se remezcla continuamente mientras se

realiza el moldeo de los Testigos, con el fin de prevenir la segregación. El palustre se movió alrededor del borde superior del molde al momento que se descarga el concreto, de tal manera de asegurar una distribución simétrica de éste y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. Luego se distribuye el concreto con la varilla compactadora, antes del inicio de la consolidación. En la colocación de la capa final se colocó una capa de concreto que enrasó el relleno del molde.

- **Número de capas:** El número de capas para realizarlo se muestra en la Tabla 17.
- **Compactación:** Elija el método de compactación apisonando (por varillado). Bueno, el asentamiento del concreto es superior a 75 mm (3 pulgadas).

*Tabla 17. Numero de capas requeridas en la elaboración de las mezclas*

Tipo de Tamaño de la muestra en mm (pulgadas)	Método de Compactación	Numero de Capas	Altura aproximada de la capa en mm (pulgadas)
Cilindros			
Hasta 300(12)	Apisonado (Varillado)	3 iguales	100 (4)
Mayor que 300(12)	Apisonado (Varillado)	Las requeridas	
Hasta 460(18)	Vibración	2 iguales	200 (8)
Mayor que 460(18)	Vibración	3 o más	
Prismas			
Hasta 200(8)	Apisonado (Varillado)	2 iguales	100 (4)
Mayor que 200(8)	Apisonado (Varillado)	3 o más	
Hasta 200(8)	Vibración	1	200 (8) C 172
Mayor que 200(8)	Vibración	2 o más	

Fuente: Manual de ensayo de materiales – MTCA

- **Apisonado por varillado.** Colocar el concreto en el molde, el número de capas indicado (Tabla 17) es aproximadamente el mismo. Apisonar cada capa con la parte redonda de la varilla, aplicando el número de golpes y el tamaño de la varilla especificados en la Tabla 18. Apisonar la capa inicial enterrando la varilla en el fondo del molde. La distribución del moldeo por soplado de cada capa se realiza uniformemente en toda la sección transversal del molde. Para cada capa por encima de la capa inicial, cuando la profundidad de la capa es inferior a 100 mm (4 pulgadas), aproximadamente 12 mm (1/2 pulgada) cruzan la capa anterior.

**Tabla 18.** “Diámetro de varilla y número de golpes por capa”

CILINDROS		
Diámetro del cilindro mm (pulgadas)	Diámetro del cilindro mm (pulgadas)	Número de golpes por capa
50 (2) a 150 (6)	10 (3/8")	25
150 (6)	16 (5/8")	25
200 (8)	16 (5/8")	50
250 (10)	16 (5/8")	70
VIGAS Y PRISMAS		
Área de la superficie superior de la muestra en cm <sup>2</sup> (pulgada <sup>2</sup> )	Diámetro del cilindro mm (pulgadas)	Número de golpes por capa
160 (25)	10 (3/8")	25
165 (25) a 310 (49)	10 (3/8")	1 por cada 7 m <sup>2</sup> (1plg <sup>2</sup> ) de área
320 (50) o más	16 (5/8")	1 por cada 14 m <sup>2</sup> (2plg <sup>2</sup> ) de área

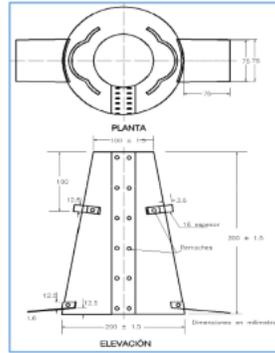
Fuente: “Manual de ensayo de materiales – MTC”

En nuestros ensayos, entre los testigos, el diámetro del cilindro fue de 150 mm, el diámetro de la varilla fue de 5/8 de pulgada y el número de golpes por capa fue de 25.

- **Acabado.** Después de la compactación, realice el acabado con operaciones mínimas para alisar la superficie y nivelarla con el borde del cilindro para evitar abolladuras mayores de 3,2 mm (1/8 de pulgada).
- **Acabados de cilindros.** Después de la compactación, la superficie se completa golpeando con un apisonador hasta obtener la consistencia del concreto para permitir el uso de baches.
- **Curado.**
  - **Extracción de la muestra.** Las muestras fueron removidas de sus moldes en un tiempo no menor entre las 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración.
  - **Ambiente de curado:** Las muestras se mantuvieron en condiciones de humedad con temperatura de 24°C desde el momento del moldeo hasta el momento de la prueba durante las primeras 48 horas de curado, se realizó en un ambiente sin vibraciones.

### **3.10.2. Asentamiento (Slump)**

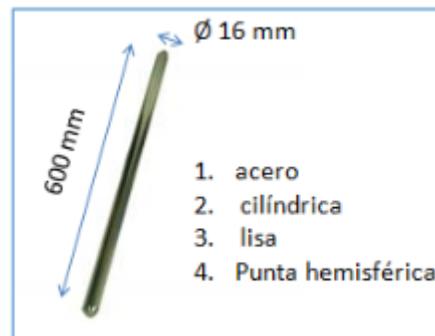
**a) Molde:** Se utiliza un material metálico que no es atacado por el concreto, y su espesor de hoja no es inferior a 1,14 mm (0,045 pulgadas). El diámetro de la base principal del cono truncado cuya forma interior lateral es  $203 \pm 2$  mm (8 pulgadas  $\pm$  1/8 pulgadas), el diámetro de la subbase es  $102 \pm 2$  mm (4 pulgadas  $\pm$  1/8 pulgadas) y la altura es  $305 \pm 2$  mm (12 pulgadas  $\pm$  1/8 pulgadas). Las bases abiertas son paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde se usa junto con el mango, y las patas se usan para fijarlo, como se muestra en la Figura 4.



**Figura 4.** “Molde para determinar el Asentamiento”

Fuente: “Manual ensayo de materiales – MTC”

**Varilla compactadora:** De hierro cilíndrico liso con un diámetro de 16 mm (5/8 pulgadas) y una longitud de aproximadamente 600 mm (24 pulgadas); el extremo del compactador es hemisférico con un radio de 8 mm (5/16 pulgadas), se muestra en la Figura 5.



**Figura 5.** “Varilla compactadora”

Fuente: “Manual ensayo de materiales – MTC”

**b) Procedimiento.** Humedezca el molde y colóquelo sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y que no absorba agua. Fíjelo firmemente con los pies y llene la muestra de concreto con tres capas, cada capa ocupa aproximadamente un tercio del volumen del molde, aproximadamente un tercio del volumen del molde y una altura de 67 mm; dos tercios del volumen La altura involucrada es de 155 mm.

Cada capa se compacta con 25 golpes de varillas, distribuidos uniformemente en su sección transversal. Para la capa inferior, debe inclinarse la varilla ligeramente, intentar aproximadamente la mitad del trazo alrededor de la circunferencia y moverse hacia el centro con un trazo vertical en espiral. La capa inferior está compactada en todo su espesor. El espesor correspondiente de la capa media y la capa superior permite que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediatamente inferior.

Antes de la compactación, se agrega una capa superior para verter el concreto sobre el molde. Después de compactar la última capa, nivela con la superficie de concreto. Luego retire el molde y levántelo con cuidado en vertical. El concreto alrededor de la parte inferior del cono se ha limpiado para evitar interferencias con el proceso de asentamiento. Mediante el movimiento ascendente uniforme, sin que el concreto produzca un movimiento lateral o de torsión, el levantamiento del molde se completa en unos 6 segundos. Todo el proceso, desde el llenado del molde hasta la extracción del molde, se llevó a cabo sin interrupción en 2 minutos y 10 segundos. Luego, se mide el asentamiento para determinar la diferencia entre la altura del molde y la altura medida en el centro original del fondo superior de la muestra, como se muestra en la Figura 6.

*Figura 6. "Procedimiento para el asentamiento del concreto fresco"*



Fuente: "Ing. José Álvarez Cangahuala"

### 3.10.3. Resistencia a la Compresión

La prueba implica aplicar una carga de compresión axial al cilindro o núcleo moldeado a una tasa de carga especificada hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión del núcleo se determina dividiendo la carga aplicada durante la prueba por la sección transversal del testigo. Con base en las hipótesis presentadas, los resultados de este artículo servirán de base para las conclusiones y recomendaciones de este artículo. Se discutió cuidadosamente el significado de usar este método de prueba para explicar los resultados de la resistencia a la compresión.

Los valores obtenidos dependieron del tamaño y forma del espécimen, de la tanda, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, moldes y fabricación, así como de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

**Tabla 19.** Tolerancias

Edad del Ensayo	Edad del Ensayo
12 horas	0.25 horas o 2.1 %
24 horas	± 0.50 horas o 2.1 %
3 días	2 horas o 2.28 %
7 días	6 horas o 3.6 %
28 días	20 horas o 3.0 %
56 días	40 horas o 3.0 %
90 días	2 días o 2.2 %

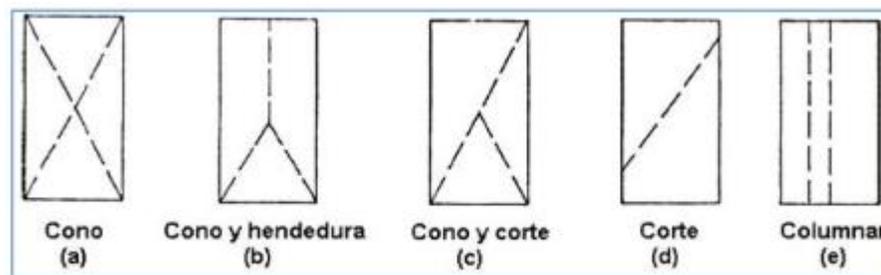
Fuente: Manual de ensayo de materiales – MTC

## Procedimiento

- **Colocación de la Muestra:** Coloque el testigo de concreto en la plataforma de la máquina de prueba. Limpie las superficies superior e inferior de la plataforma de la máquina y luego coloque la muestra en su superficie inferior.

El eje central se alinea cuidadosamente con el centro de presión en la superficie superior. Antes de probar la muestra, verifique que el indicador de carga se haya puesto a cero.

- **Velocidad de Carga:** La carga se aplica establemente sin impacto severo. La carga se aplica a una velocidad correspondiente a la tasa de aplicación de carga en el rango de  $0,25 \pm 0,05$  MPa / s ( $35 \pm 7$  psi / s). Mantenga la velocidad seleccionada durante la segunda mitad del ciclo de prueba. Registre la carga máxima en el cilindro durante la prueba y registre el modo de falla según el modelo en la Figura 17.



*Figura 7. Esquemas de tipos de falla*

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

## CAPÍTULO V

# RESULTADOS Y DISCUSIONES

## Capítulo IV: Resultados y Discusiones

### 4.1. Resultados de los Ensayos Realizados

En este capítulo, presentamos los resultados de las pruebas de agregados para calcular el diseño de la mezcla de acuerdo con el método de diseño del comité 211 de ACI.

Una vez realizados los ensayos y diseño de mezcla, se realizaron en primer lugar controles de hormigón de 175 kg / cm<sup>2</sup>, 210 kg / cm<sup>2</sup> y 280 kg / cm<sup>2</sup>, por lo que se sometieron a ensayos de resistencia a la compresión a los 07, 14 y 28 días de control de curado, respectivamente.

Al hacer la sustancia de referencia estándar, no se agrega ningún tipo, y se agrega 1%, 3% y 5% de materiales plásticos PET cuadrados de 3 cm, 4 cm y 5 cm a la sustancia de referencia para determinar el porcentaje de adición ideal. Puede aumentar la resistencia media del concreto sin cambiar sus propiedades físicas. La preparación de los tubos de ensayo se realiza en el laboratorio de la Universidad Nacional Santa.

El proceso del ensayo se detalla en el Capítulo 3 y el Anexo I, que proporciona toda la información necesaria para obtener los valores y resultados descritos en este capítulo.

### 4.2. Diseño de Mezcla según Resultados en los Ensayos con los Agregados.

#### 4.2.1. Agregado Grueso (*Piedra Chancada – Cantera “La Sorpresa”*)

La siguiente tabla enumera los resultados obtenidos de la prueba de agregado grueso:

*Cuadro 1. Resultados de las Pruebas realizados al Agregado Grueso.*

<b>AGREGADO GRUESO (Piedra Chancada)</b>	
<b>Tamaño Máximo Nominal</b>	3/4"
<b>Peso Seco Varillado Kg/m<sup>3</sup></b>	1,601.05
<b>Peso Específico gr/cm<sup>3</sup></b>	2.68
<b>Absorción %</b>	0.32
<b>Contenido de Humedad %</b>	0.22
<b>Peso Unitario Suelto Kg/m<sup>3</sup></b>	1,475.05

FUENTE: Elaboración Propia

#### **4.2.2. Agregado Fino (Arena Gruesa – Cantera “La Sorpresa”)**

La siguiente tabla enumera los resultados obtenidos de la prueba de agregado fino:

*Cuadro 2. Resultado de las Pruebas realizados al Agregado Fino.*

<b>AGREGADO FINO (Arena)</b>	
<b>Módulo de Fineza</b>	2.71
<b>Peso Específico gr/cm<sup>3</sup></b>	2.59
<b>Absorción %</b>	0.62
<b>Contenido de Humedad %</b>	0.48
<b>Peso Unitario Suelto Kg/m<sup>3</sup></b>	1,490.16

FUENTE: Elaboración Propia

#### 4.2.3. Diseño de Mezcla

El resultado del Diseño de Mezcla de acuerdo al Método de Diseño del Comité 211 del ACI se encuentra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 3.** Resultado del Diseño de Mezcla de los Agregados utilizados en Obra.

<b>DISEÑO DE MEZCLA (Dosificación Por Peso)</b>			
	<b>Concreto f'c 175 Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Concreto f'c 210 Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Concreto f'c 280 Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Cemento</b>	1.00	1.00	1.00
<b>Agregado Fino Húmedo</b>	2.30	2.00	1.50
<b>Agregado Grueso Húmedo</b>	3.10	2.80	2.30
<b>Agua Efectiva</b>	0.64	0.57	0.47

FUENTE: Elaboración Propia

### 4.3. Dosificaciones y Características de Testigos de Concreto Obtenidos en Laboratorio

#### 4.3.1. Testigos de Concreto Patrón sin Adición de PET

Se obtuvieron los testigos de concreto de resistencia  $F'c=175\text{Kg/cm}^2$ ,  $210\text{Kg/cm}^2$  y  $280\text{Kg/cm}^2$ , se encuentran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 4.** Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los testigos elaborados sin contenido de Materiales plásticos PET.

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION - TESTIGO PATRON</b>						
	<b>Concreto f'c 175 Kg/cm2</b>		<b>Concreto f'c 210 Kg/cm2</b>		<b>Concreto f'c 280 Kg/cm2</b>	
	<b>Testigo 1</b>	<b>Testigo 2</b>	<b>Testigo 1</b>	<b>Testigo 2</b>	<b>Testigo 1</b>	<b>Testigo 2</b>
<b>Asentamiento Slump</b>	4"	4"	4"	4"	4"	4"
<b>Trabajabilidad</b>	Mezcla Plástica Trabajable de fácil vibrado		Mezcla Plástica Trabajable de fácil vibrado		Mezcla Plástica Trabajable de fácil vibrado	
<b>Resistencia a los 7 días</b>	134.19	140.19	170.58	179.21	241.39	247.32
<b>% de Resistencia a los 7 días</b>	76.68%	80.11%	81.23%	85.34%	86.21%	88.33%
<b>Resistencia a los 14 días</b>	140.60	146.77	194.19	172.70	231.20	246.20
<b>% de Resistencia a los 14 días</b>	80.34%	83.87%	92.47%	82.24%	82.57%	87.93%
<b>Resistencia a los 28 días</b>	182.65	185.69	215.40	210.69	289.18	292.82
<b>% de Resistencia a los 28 días</b>	104.37%	106.11%	102.57%	100.33%	103.28%	104.58%

FUENTE: Elaboración Propia

#### 4.3.2. Testigos de Concreto con Adición de 1% de PET en forma cuadrada

Se obtuvieron los testigos de concreto de resistencia  $F'c=175\text{Kg/cm}^2$ ,  $210\text{Kg/cm}^2$  y  $280\text{Kg/cm}^2$ , se encuentran en el siguiente cuadro:

*Cuadro 5. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los testigos elaborados adicionando 1% de Materiales Plásticos PET en forma cuadrada.*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION - TESTIGO CON 1% PET EN FORMA CUADRADA</b>						
	<b>Concreto f'c 175 Kg/cm2</b>		<b>Concreto f'c 210 Kg/cm2</b>		<b>Concreto f'c 280 Kg/cm2</b>	
	<b>Testigo 1</b>	<b>Testigo 2</b>	<b>Testigo 1</b>	<b>Testigo 2</b>	<b>Testigo 1</b>	<b>Testigo 2</b>
<b>Asentamiento Slump</b>	4"	4"	4"	4"	4"	4"
<b>Trabajabilidad</b>	Mezcla Plástica Trabajable de fácil vibrado		Mezcla Plástica Trabajable de fácil vibrado		Mezcla Plástica Trabajable de fácil vibrado	
<b>Resistencia a los 7 días</b>	81.08	86.54	107.27	104.41	153.08	147.14
<b>% de Resistencia a los 7 días</b>	46.33%	49.45%	51.08%	49.72%	54.67%	52.55%
<b>Resistencia a los 14 días</b>	89.64	96.48	105.71	116.07	144.23	157.78
<b>% de Resistencia a los 14 días</b>	51.22%	55.13%	50.34%	55.27%	51.51%	56.35%
<b>Resistencia a los 28 días</b>	116.13	111.41	137.00	149.02	168.95	178.28
<b>% de Resistencia a los 28 días</b>	66.36%	63.66%	65.24%	70.96%	60.34%	63.67%

FUENTE: Elaboración Propia

#### 4.3.3. Testigos de Concreto con Adición de 3% de PET en forma cuadrada

Se obtuvieron los testigos de concreto de resistencia  $F'c=175\text{Kg/cm}^2$ ,  $210\text{Kg/cm}^2$  y  $280\text{Kg/cm}^2$ , se encuentran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 6.** Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los testigos elaborados adicionando 3% de Materiales Plásticos PET en forma cuadrada.

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION - TESTIGO CON 3% PET EN FORMA CUADRADA</b>						
	<b>Concreto f'c 175 Kg/cm2</b>		<b>Concreto f'c 210 Kg/cm2</b>		<b>Concreto f'c 280 Kg/cm2</b>	
	<b>Testigo 1</b>	<b>Testigo 2</b>	<b>Testigo 1</b>	<b>Testigo 2</b>	<b>Testigo 1</b>	<b>Testigo 2</b>
<b>Asentamiento Slump</b>	4"	4"	4"	4"	4"	4"
<b>Trabajabilidad</b>	Mezcla Plástica Trabajable de fácil vibrado		Mezcla Plástica Trabajable de fácil vibrado		Mezcla Plástica Trabajable de fácil vibrado	
<b>Resistencia a los 7 días</b>	71.52	67.11	92.90	90.03	112.36	137.31
<b>% de Resistencia a los 7 días</b>	40.87%	38.35%	44.24%	42.87%	40.13%	49.04%
<b>Resistencia a los 14 días</b>	75.11	85.16	93.18	108.95	117.91	141.85
<b>% de Resistencia a los 14 días</b>	42.92%	48.66%	44.37%	51.88%	42.11%	50.66%
<b>Resistencia a los 28 días</b>	106.17	110.06	136.77	133.90	142.41	155.34
<b>% de Resistencia a los 28 días</b>	60.67%	62.89%	65.13%	63.76%	50.86%	55.48%

FUENTE: Elaboración Propia

#### 4.3.4. Testigos de Concreto con Adición de 5% de PET en forma cuadrada

Se obtuvieron los testigos de concreto de resistencia  $F'c=175\text{Kg/cm}^2$ ,  $210\text{Kg/cm}^2$  y  $280\text{Kg/cm}^2$ , se encuentran en el siguiente cuadro:

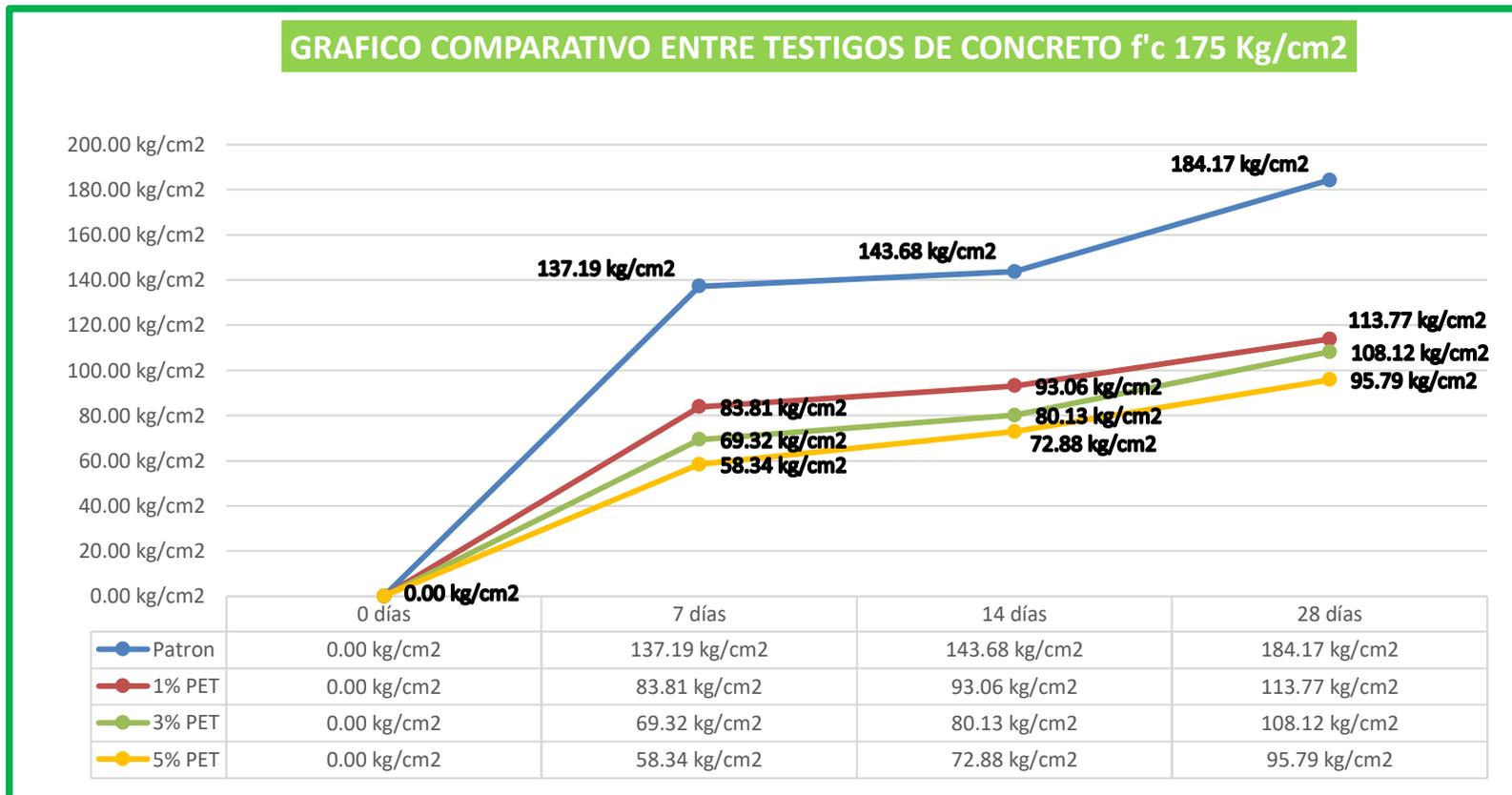
*Cuadro 7. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los testigos elaborados adicionando 5% de Materiales Plásticos PET en forma cuadrada*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION - TESTIGO CON 5% PET EN FORMA CUADRADA</b>						
	<b>Concreto f'c 175 Kg/cm2</b>		<b>Concreto f'c 210 Kg/cm2</b>		<b>Concreto f'c 280 Kg/cm2</b>	
	<b>Testigo 1</b>	<b>Testigo 2</b>	<b>Testigo 1</b>	<b>Testigo 2</b>	<b>Testigo 1</b>	<b>Testigo 2</b>
<b>Asentamiento Slump</b>	4"	4"	4"	4"	4"	4"
<b>Trabajabilidad</b>	Mezcla Plástica Trabajable de fácil vibrado		Mezcla Plástica Trabajable de fácil vibrado		Mezcla Plástica Trabajable de fácil vibrado	
<b>Resistencia a los 7 días</b>	60.04	56.63	78.48	81.12	115.42	109.26
<b>% de Resistencia a los 7 días</b>	34.31%	32.36%	37.37%	38.63%	41.22%	39.02%
<b>Resistencia a los 14 días</b>	66.62	79.14	99.25	95.38	107.32	135.72
<b>% de Resistencia a los 14 días</b>	38.07%	45.22%	47.26%	45.42%	38.33%	48.47%
<b>Resistencia a los 28 días</b>	94.36	97.21	114.72	123.84	138.71	146.61
<b>% de Resistencia a los 28 días</b>	53.92%	55.55%	54.63%	58.97%	49.54%	52.36%

FUENTE: Elaboración Propia

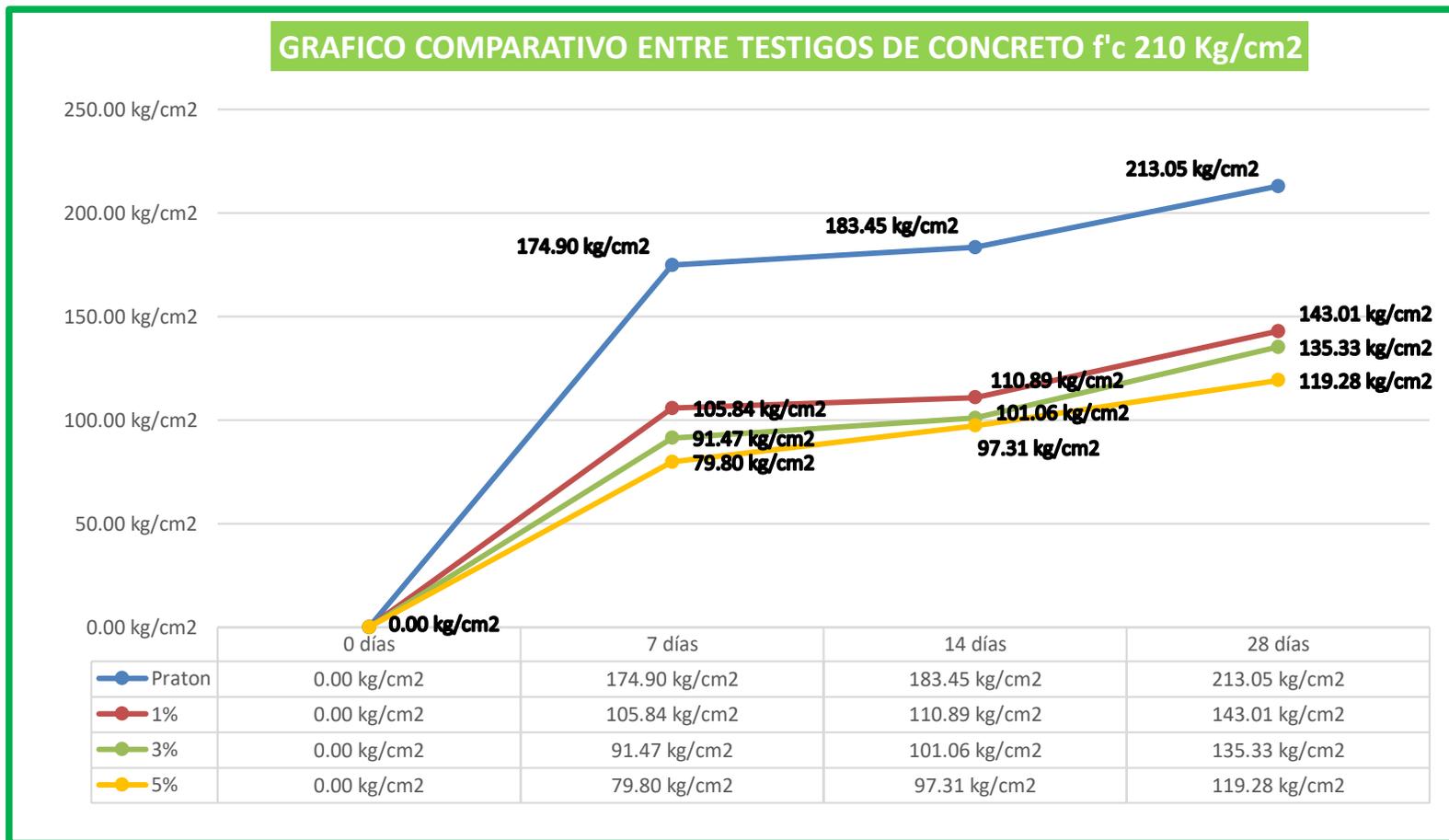
#### 4.4. Comparación entre Testigos de Concreto con y sin Adición de PET en Forma Cuadrada

*Gráfico 1. Comparativo de Testigos de Concreto con Resistencia  $f'c=175$  Kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión se encuentran en el Anexo III.*



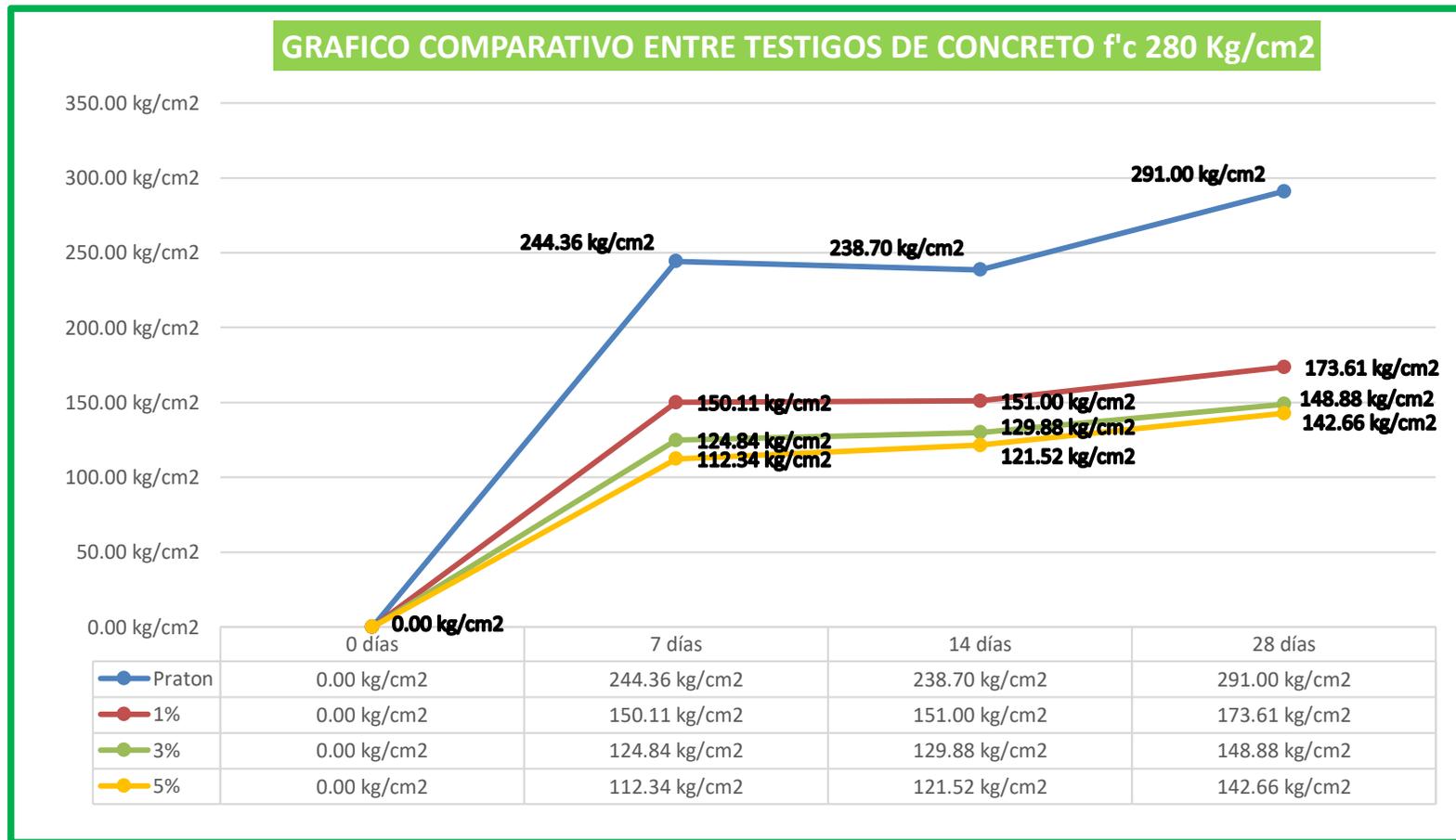
FUENTE: Elaboración Propia

**Gráfico 2.** Comparativo de Testigos de Concreto con Resistencia  $F'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión se encuentran en el Anexo III.



FUENTE: Elaboración Propia

**Gráfico 3.** Comparativo de Testigos de Concreto con Resistencia  $F'c=280$  Kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión se encuentran en el Anexo III.



FUENTE: Elaboración Propia

CAPÍTULO V  
CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES

## Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

Posterior al desarrollo de esta tesis se logró determinar, que al añadir el material plástico reciclado (PET) en forma cuadrada de 3cm., 4cm. y 5cm. adicionando 1%, 3% y 5% en el concreto para las mezclas, no llegó a mejorar la Resistencia del Concreto con una mezcla convencional de concreto entonces podemos afirmar que, según lo formulado en la hipótesis, esto no es aceptado.

#### **Para concretos de $F^c$ 175 kg/cm<sup>2</sup>:**

- Se consiguió en los ensayos un asentamiento de 4 pulgadas para la mezcla de concreto sin PET en forma cuadrada, 3.3 pulgadas para mezcla de concreto al 1% con PET en forma cuadrada, 2.3 pulgadas para mezcla de concreto al 3% con PET en forma cuadrada y 1.7 pulgadas para mezcla de concreto al 5% con PET en forma cuadrada.
- Se alcanzó en los ensayos la resistencia promedio a los 28 días de 184.17 Kg/cm<sup>2</sup>, 113.77 Kg/cm<sup>2</sup>, 108.12 Kg/cm<sup>2</sup>, 95.79 Kg/cm<sup>2</sup> para las mezclas dosificadas de concreto con 0%, 1%, 3% y 5% respectivamente, al 1% de PET la resistencia se disminuyó en 38.22%, al 3% de PET la resistencia se disminuyó en 41.29% y al 5% de PET la resistencia se disminuyó en 48.00%.

#### **Para concretos de $F^c$ 210 kg/cm<sup>2</sup>:**

- Obteniendo en los ensayos un asentamiento de 4 pulgadas para la mezcla de concreto sin PET en forma cuadrada, 2.8 pulgadas para mezcla de concreto al 1% con PET en forma cuadrada, 2 pulgadas para mezcla de concreto al 3% con

PET en forma cuadrada y 1.5 pulgadas para mezcla de concreto al 5% con PET en forma cuadrada.

- Logrando en los ensayos resistencias promedio a los 28 días de 213.05 Kg/cm<sup>2</sup>, 143.01 Kg/cm<sup>2</sup>, 135.33 Kg/cm<sup>2</sup>, 119.28 Kg/cm<sup>2</sup> para las mezclas de concreto con 0%, 1%, 3% y 5% respectivamente, al 1% de PET la resistencia se disminuyó en 32.88 %, al 3% de PET la resistencia se disminuyó en 36.48% y al 5 % de PET la resistencia se disminuyó en 44.01%.

**Para concretos de F`c 280 kg/cm<sup>2</sup>:**

- Alcanzando en los ensayos un asentamiento de 4 pulgadas para la mezcla de concreto sin PET en forma cuadrada, 3.1pulgadas para mezcla de concreto al 1% con PET en forma cuadrada, 2.4 pulgadas para mezcla de concreto al 3% con PET en forma cuadrada y 1.9 pulgadas para mezcla de concreto al 5% con PET en forma cuadrada.
- Llegando en los ensayos resistencias promedio a los 28 días de 291.00 Kg/cm<sup>2</sup>, 173.61 Kg/cm<sup>2</sup>, 148.88 Kg/cm<sup>2</sup>, 142.66 Kg/cm<sup>2</sup> para las mezclas de concreto con 0%, 1%, 3% y 5% respectivamente, al 1% de PET la resistencia se disminuyó en 40.34%, al 3% de PET la resistencia se disminuyó en 48.84% y al 5% de PET la resistencia se disminuyó en 50.98%.

Lo que corresponde en este caso es que los residuos PET en forma cuadrada al presentar sus propias características contribuye con la plasticidad en la mezcla en conjunto, por tal la trabajabilidad en la mezcla ha disminuido, entonces al ser menos

fluida ha aumentado el volumen y la proporción de vacíos en la mezcla por lo tanto es necesario agregar más cantidad de agua.

Pues en la Trabajabilidad, al adicionar materiales de residuos PET, reducirá al diseño de las mezclas. Este caso se pudo observar en el momento en que se adicionaba a la mezcla el material de residuo PET, por lo que, cuando se usó una relación agua/cemento, que corresponde a una dosificación con resistencia ponderada, se determinó un asentamiento constante de 1.5”.

En cuanto a las propiedades del concreto, respecto a la densidad, disminuyó en exceso en un promedio de 37% entre las mezclas Patrón y las mezclas adicionando el 1% de PET en forma cuadrada, en cambio al continuar incrementando al 3% y 5% el material PET en forma cuadrada, la densidad del concreto siguió disminuyendo entre un 5% a 10 %, pues los materiales de residuos PET en forma cuadrada presentan menor peso, por lo tanto, esta reducción no es proporcional al PET, sino a la unión entre sí, donde el material de residuos PET en forma cuadrada de 3cm. 4cm y 5cm, en mayor proporción, es causa del acrecentamiento de contenido de aire en el concreto fresco y donde se origina la hendidura.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se requiere extender la averiguación y efectuar los ensayos prácticos con las dosificaciones obtenidas, agregando un plastificante para tener mejores resultados en la trabajabilidad y comprimir el factor agua / cemento y obtener un acrecentamiento de la resistencia a la compresión.

- Se debería hacer estudios con residuos PET de alta densidad por volumen, con los resultados obtenidos teniendo en cuenta en la forma cuadrada utilizar tamaños menores de 3cm de lado y con porcentajes aproximados al 1% de la arena por residuos PET por peso obtenidos en esta investigación, según su capacidad de adherencia.
  
- Realizar ensayos para obtener la adherencia entre componentes del concreto y los materiales de reciclaje PET y los agregados, para definir si la adherencia es un inconveniente para la elaboración de este concreto logre una mayor resistencia.
  
- Se recomienda elaborar ensayos de concreto fresco con la finalidad de observar más propiedades en cuanto a la mezcla – PET, además de controlar el proceso de calor de hidratación y exudación.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS

### BIBLIOGRAFICAS

## Capítulo VI: Referencias Bibliográficas

Argueta, A. (2006). *Proyecto de inversión en una planta recicladora de PET en el Estado de Puebla*. Tesis Profesional. Universidad de las Américas Puebla. México.

BBC Mundo. (2017). *Plástico en el mundo*. BBC Mundo. Consultado el 17 de agosto del 2020. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40664725>

Carrillo, S. (2003). *Estudio Comparativo entre Tecnología de Producción de Concreto*. Tesis de pre-grado. Universidad de Piura. Perú.

Chávez, S. (2003). *Concreto armado*. Tarapoto. UNSM.

Civilgeeks, C31. (2011). *Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto para pruebas de compresión (resumen ASTM C31)*. Consultado el 20 de agosto del 2020. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2011/03/31/elaboracion-y-curado-en-obra-de-especimenes-de-concreto-para-pruebas-de-compresion-resumen-astm-c-31>

Civilgeeks, C39. (2011). *Determinación del esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto (resumen ASTM C39)*. Consultado el 20 de agosto del 2020. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2011/04/01/determinacion-del-esfuerzo-de-compresion-en-especimenes-cilindricos-de-concreto-resumen-astm-c-39>

Universidad Centro Americana JSC. (2011). Prueba de REVENIMIENTO (*ASTM C143*). Consultado el 23 de agosto del 2020. Recuperado de <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoConcretoFresco/REVENIMIENTO.pdf>

Echevarría, E. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.

Harmsen, T. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima: Fondo Editorial PUCP.

MTC. (2013). *Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. MTC. Lima.

Méndez, E. (2012). *Propuesta para sustitución de agregados pétreos por agregados PET, en diseño de mezcla de concreto con resistencia  $f'c=150\text{kg/cm}^2$ , usado para banquetas, guarniciones y firmes*. Tesina de Especialista en construcción. Universidad Veracruzana. México.

Nilson, A. (2001). *Diseño de estructuras de concreto*. Kansas: McGraw-Hill.

Pasquel Carbajal, E. (1993). *Tópicos de tecnología de concreto*. Lima: CIP.

QuimiNet. (2005). *Polietileno Tereftalato (PET)*. Consultado el 25 de agosto del 2020.

Recuperado de <https://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-del-pet-2806.htm>

Ramírez, S. (2003). *Resistencia a flexión de un concreto sustituyendo el agregado grueso con 3% y 5% de plástico PET*. Tesis de pre-grado. Universidad San Pedro. Perú.

Rendón, L. (2008). *Diseños de mezclas de Tereftalato de polietileno (PET)-cemento*. Tesis de pre-grado. Universidad Central de Venezuela. Venezuela.

Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima: ACI Perú.

Rivva, E. (2007). *Tecnología del Concreto-Diseño de Mezclas*. Lima. ACI Perú.

Torres, L. (2011). *Manejo de residuos sólidos del ámbito Municipal del Distrito de Cacatachi*. Tesis de pre-grado. Universidad Nacional de San Martín. Perú.

Villegas, C. (2014). *Tecnología de concreto: Diseño de mezclas para la elaboración de concreto estructural-Método Comité 211 del ACI*. Consultado el 27 de agosto del 2020. Recuperado de <http://cecfic.uni.edu.pe/archivos/concreto/Metodo%20ACI%20211%20%20MS.%20ING.%20VILLEGAS.pdf>

(2010). *Uso de los diferentes cementos portland*. Constructor Civil. Consultado el 01 de setiembre del 2020. Recuperado de <https://www.elconstructorcivil.com/2011/01/uso-de-los-diferentes-cementos-portland.html#:~:text=El%20cemento%20Portland%20tipo%20I,sustancias%20perjudiciales%20como%20los%20sulfatos>

(2011). *Cementos hidráulicos Tipo GU, Tipo HE, Tipo MS, Tipo HS, Tipo MH y Tipo LH*. Notas de Concreto. Consultado el 01 de setiembre del 2020. Recuperado de <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/cementos-hidraulicos-tipo-gu-tipo-he.html#:~:text=El%20cemento%20tipo%20MS%20se,consulte%20Tabla%20%2D2>

(s/f). *Cemento Puzolánico*. Construmática. Consultado el 01 de setiembre del 2020. Recuperado de [https://www.construmatica.com/construpedia/Cemento\\_Puzol%C3%A1nico#:~:text=Este%20tipo%20de%20cemento%20esteril,disminuyendo%20la%20exhuda%20ci%C3%B3n%20y%20segregaci%C3%B3n.&text=aasdas%20Un%20cemento%20puzol%C3%A1nico%20est%C3%A1,a%2070%25%20de%20clinker%20Portland](https://www.construmatica.com/construpedia/Cemento_Puzol%C3%A1nico#:~:text=Este%20tipo%20de%20cemento%20esteril,disminuyendo%20la%20exhuda%20ci%C3%B3n%20y%20segregaci%C3%B3n.&text=aasdas%20Un%20cemento%20puzol%C3%A1nico%20est%C3%A1,a%2070%25%20de%20clinker%20Portland)

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

ANEXO I: PROPIEDADES  
FISICAS DE LOS  
AGREGADOS



**TESIS** : “MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO, ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DE SANTA - REGION ANCASH

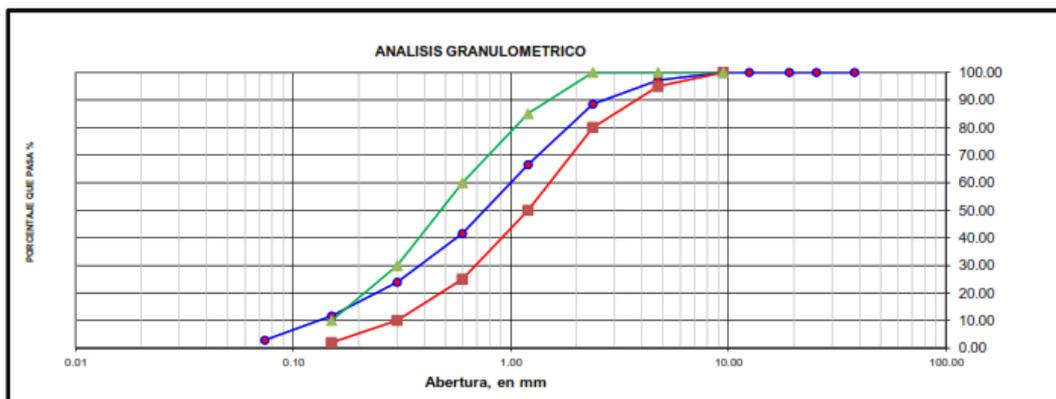
**TESISTAS** : BACH ING. FERNANDEZ RAMIREZ MONICA FIORELLA  
: BACH ING. MALAVER PIZARRO NESTOR MARTIN

**FECHA** : AGOSTO 2019

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO AGREGADO FINO (NORMA ASTM C-33 Y NTP 400.012)**

Peso Inicial Seco, (gr)	2000.000
-------------------------	----------

Mallas	Abertura (mm)	Peso retenido [grs]	% Retenido	% Retenido Acumulado	% pasa
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	56.00	2.80	2.80	97.20
Nº 8	2.380	175.00	8.75	11.55	88.45
Nº 16	1.200	437.00	21.85	33.40	66.60
Nº 30	0.600	500.00	25.00	58.40	41.60
Nº 50	0.300	355.00	17.75	76.15	23.85
Nº 100	0.150	244.00	12.20	88.35	11.65
Nº 200	0.074	175.00	8.75	97.10	2.90
< Nº 200	---	58.00	2.90	100.00	0.00
TOTAL		2000.00			



**MODULO DE FINEZA** = **2.71**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**TESIS** : “MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO, ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DE SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS** : BACH ING. FERNANDEZ RAMIREZ MONICA FIORELLA

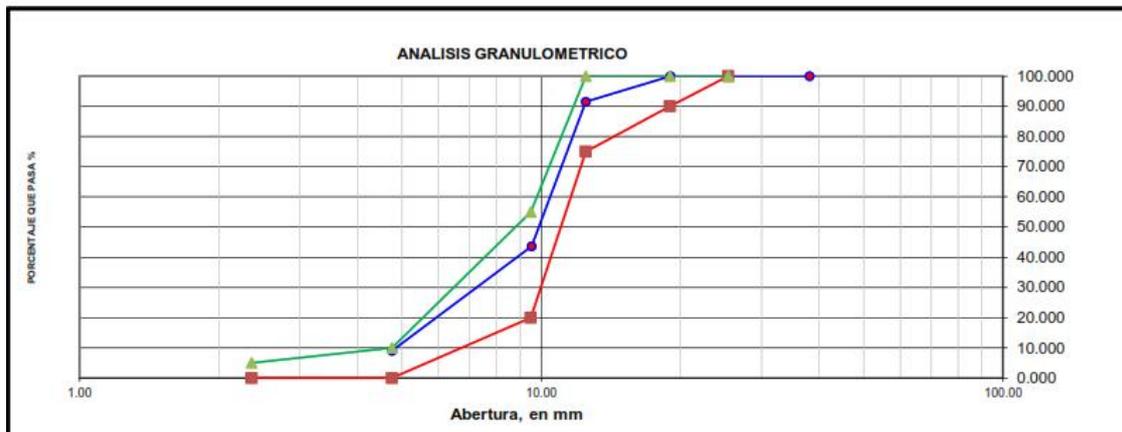
: BACH ING. MALAVER PIZARRO NESTOR MARTIN

**FECHA** : AGOSTO 2019

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO AGREGADO GURESO (NORMA ASTM C-33 Y NTP 400.012)**

Peso Inicial Seco, (gr)	3000.000
-------------------------	----------

Mallas	Abertura (mm)	Peso retenido (grs)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% pasa
1 1/2"	38.100	0.00	0.000	0.00	100.000
1"	25.400	0.00	0.000	0.00	100.000
3/4"	19.050	0.00	0.000	0.00	100.000
1/2"	12.500	254.00	8.467	8.47	91.533
3/8"	9.525	1436.00	47.867	56.33	43.667
N° 4	4.750	1040.00	34.667	91.00	9.000
< N° 200	---	270.00	9.000	100.00	0.000
TOTAL		3000.00			





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO, ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE"

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DE SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS** : BACH ING. FERNANDEZ RAMIREZ MONICA FIORELLA

: BACH ING. MALAVER PIZARRO NESTOR MARTIN

**FECHA** : AGOSTO 2019

**ENSAYO : PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (NORMA ASTM C-29 Y NTP 400.017)**

**PESO APARENTE SUELTO**

1.00	Peso de la Muestra + Recipiente	(kg)	6.20
2.00	Peso del Recipiente	(kg)	2.11
3.00	Peso de la Muestra suelta	(kg)	4.09
4.00	Volumen	(m3)	0.00
<b>5.00</b>	<b>Peso Aparente Suelto</b>	<b>(kg/m3)</b>	<b>1,490.16</b>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO, ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE"

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DE SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS** : BACH ING. FERNANDEZ RAMIREZ MONICA FIORELLA

: BACH ING. MALAVER PIZARRO NESTOR MARTIN

**FECHA** : AGOSTO 2019

**ENSAYO : PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (NORMA ASTM C-29 Y NTP 400.017)**

**PESO APARENTE COMPACTADO**

1.00	Peso del Recipiente	(kg)	3.080
2.00	Peso de la Muestra Compactada + Recipiente	(kg)	18.290
3.00	Peso de la Muestra Compactada	(kg)	15.210
4.00	Volumen	(m3)	0.010
<b>5.00</b>	<b>Peso Aparente Compactado</b>	<b>(kg/m3)</b>	<b>1,601.05</b>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO, ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE"

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DE SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS** : BACH ING. FERNANDEZ RAMIREZ MONICA FIORELLA

: BACH ING. MALAVER PIZARRO NESTOR MARTIN

**FECHA** : AGOSTO 2019

**ENSAYO : PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (NORMA ASTM C-29 Y NTP 400.017)**

**PESO APARENTE SUELTO**

1.00	Peso de la Muestra + Recipiente (kg)	17.13
2.00	Peso del Recipiente (kg)	3.06
3.00	Peso de la Muestra suelta (kg)	14.07
4.00	Volumen (m3)	0.01
<b>5.00</b>	<b>Peso aparente Suelto (kg/m3)</b>	<b>1,475.05</b>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO, ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE"

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DE SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS** : BACH ING. FERNANDEZ RAMIREZ MONICA FIORELLA

: BACH ING. MALAVER PIZARRO NESTOR MARTIN

**FECHA** : AGOSTO 2019

**ENSAYO : PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**

Procedimiento		
1.00	S = Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr)	197.00
2.00	C = Peso de la muestra saturada con superficie seca + Peso del frasco + peso del agua (gr)	791.18
3.00	B = Peso del frasco + peso del agua (gr)	671.00
4.00	A = Peso de la muestra secada al horno (gr)	195.79

RESULTADOS			
1.00	Peso Especifico aparente (gr/cm3)	(A/B+S-C)	2.55
2.00	Peso Especifico aparente SSS (gr/cm3)	(S/B+S-C)	2.56
3.00	Peso Especifico Nominal [gr/cm3]	(A/B+A-C)	<b>2.59</b>
4.00	Absorción [%]	$((S-A/A) \times 100)$	<b>0.62</b>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS “MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO, ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”

UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DE SANTA - REGION ANCASH

TESISTAS : BACH ING. FERNANDEZ RAMIREZ MONICA FIORELLA

: BACH ING. MALAVER PIZARRO NESTOR MARTIN

FECHA : AGOSTO 2019

**ENSAYO : PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**

Procedimiento		
1.00	S = Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr)	199.42
2.00	C = Peso de la muestra saturada con superficie seca + Peso del frasco + peso del agua (gr)	789.53
3.00	B = Peso del frasco + peso del agua (gr)	664.93
4.00	A = Peso de la muestra secada al horno (gr)	198.78

RESULTADOS		
1.00	Peso Especifico Aparente (gr/cm <sup>3</sup> ) (A/B+S-C)	2.66
2.00	Peso Especifico Aparente SSS (gr/cm <sup>3</sup> ) (S/B+S-C)	2.67
3.00	Peso Especifico Nominal (gr/cm <sup>3</sup> ) (A/B+A-C)	<b>2.68</b>
4.00	Absorcion (%) ((S-A/A)x100)	<b>0.32</b>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS “MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO, ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”

UBICACIÓN : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DE SANTA - REGION ANCASH

TESISTAS : BACH ING. FERNANDEZ RAMIREZ MONICA FIORELLA

: BACH ING. MALAVER PIZARRO NESTOR MARTIN

FECHA : AGOSTO 2019

**ENSAYO : CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA ASTM D2216)**

**AGREGADO FINO**

Procedimiento	M1	M2	M3	
1. Peso Tara, [gr]	28.430	29.567	34.110	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	234.818	244.213	281.890	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	233.832	243.290	280.590	
4. Peso Agua, [gr]	0.986	0.923	1.300	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	205.402	213.723	246.480	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>0.480</b>	<b>0.432</b>	<b>0.527</b>	<b>0.480</b>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**TESIS** "MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO, ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE"

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA DE SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS** : BACH ING. FERNANDEZ RAMIREZ MONICA FIORELLA  
: BACH ING. MALAVER PIZARRO NESTOR MARTIN

**FECHA** : AGOSTO 2019

**ENSAYO : CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA ASTM D2216)**

**AGREGADO GRUESO**

<b>Procedimiento</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	
1. Peso Tara, [gr]	27.054	29.759	32.735	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	249.156	274.072	301.479	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	248.690	273.490	300.890	
4. Peso Agua, [gr]	0.466	0.582	0.589	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	221.636	243.731	268.155	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>0.210</b>	<b>0.239</b>	<b>0.220</b>	<b>0.22</b>

ANEXO II:  
DISEÑO DE MEZCLA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

DISEÑO DE MEZCLA  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$

Método de Diseño del Comité 211 del ACI

“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO, ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”

LUGAR : DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA : SANTA - DPTO: ANCASH.  
FECHA : SETIEMBRE 2019  
ASESOR : Ms Ruben Lopez Carranza

I. ESPECIFICACIONES:

1.1. La Resistencia de Diseño a los 28 días es de  $210 \text{ Kg/cm}^2$ , se desconoce el valor de la desviación estándar.

1.2. Materiales:

1.2.1. Cemento Pacasmayo Portland Tipo I

Peso Especifico 3.11  $\text{gr/cm}^3$

1.2.2. Agregado Fino

Arena Gruesa - Cantera La Cumbre

Peso Especifico 2.59  $\text{gr/cm}^3$

Absorción 0.62 %

Contenido de Humedad 0.48 %

Módulo de Fineza 2.71

Peso Unitario Suelto 1490  $\text{Kg/m}^3$

1.2.3. Agregado Grueso

Piedra Chancada Cantera Medina - Huambacho

Tamaño Maximo Nominal 3/4"

Peso Seco Varillado 1601  $\text{Kg/m}^3$

Peso Especifico 2.68  $\text{gr/cm}^3$

Absorción 0.32 %

Contenido de Humedad 0.22 %

Peso Unitario Suelto 1475  $\text{Kg/m}^3$

1.2.4. Agua:

Agua Potable de la zona.

II. SECUENCIA DE DISEÑO:

2.1. Selección de la Resistencia ( $f'cr$ ):

Dado que no se conoce el valor de la desviación estándar, entonces se

tiene que:

$$f'cr = f'c + 70 \text{ Kg/cm}^2$$

Entonces:

$$f'cr = 175 + 70 = 245 \text{ Kg/cm}^2$$

## 2.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal:

El tamaño máximo nominal es de 3/4"

## 2.3. Selección del Asentamiento:

Por condiciones de colocación se requiere de una mezcla plástica con un asentamiento de 3" a 4".

## 2.4. Volumen Unitario de Agua:

Para una mezcla de concreto de 3" a 4" de asentamiento, sin aire incorporado y cuyo agregado tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de **205** Lt/m<sup>3</sup>.

## 2.5. Contenido de Aire:

Se considera 2.00 % de aire atrapado por las características de los componentes de éste concreto.

## 2.6. Relación Agua - Cemento:

Para una resistencia de diseño  $f'_{cr} = 245$  Kg/cm<sup>2</sup> sin aire incorporado, la relación agua – cemento es de **0.630** por Resistencia.

## 2.7. Factor Cemento:

$$205.00 / 0.63 = 325.40 \text{ Kg/m}^3 = 7.66 \text{ Bls/m}^3.$$

## 2.8. Contenido de Agregado Grueso:

Para un módulo de finza de 2.71 y un tamaño máximo nominal de 3/4" le corresponde un volumen unitario de **0.63** m<sup>3</sup> de agregado grueso varillado por unidad de volumen de concreto.

$$\text{Peso del Agregado Grueso} = 0.63 \times 1601 = 1008.63 \text{ Kg/m}^3$$

## 2.9. Cálculo de Volúmenes Absolutos:

Cemento	325.40	/ ( 3.11 x 1000 )=	0.105 m <sup>3</sup>
Agua	205.00	/ ( 1.00 x 1000 )=	0.205 m <sup>3</sup>
Aire Atrapado	2.00 %	=	0.020 m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1008.63	/ ( 2.68 x 1000 )=	0.376 m <sup>3</sup>
Total		=	0.706 m <sup>3</sup>

## 2.10 Contenido de Agregado Fino:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agregado fino} &: 1.00 - 0.706 = 0.294 \text{ m}^3 \\ \text{Peso de agregado fino seco} &: 0.294 \times 2.59 \times 1000 = 761.502 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

## 2.11 Valores de Diseño:

Cemento	325.40 Kg/m <sup>3</sup>
Agua de Diseño	205.00 Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	761.50 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	1008.63 Kg/m <sup>3</sup>

### 2.12 Corrección por Humedad de los Agregados:

Agregado Fino	761.50	x	1.0048	=	765.16	Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1008.63	x	1.0022	=	1010.85	Kg/m <sup>3</sup>

Humedad Superficial de:

Agregado Fino	0.48	-	0.62	=	-0.14	%
Agregado Grueso	0.22	-	0.32	=	-0.10	%

Aporte de Humedad de los Agregados:

Agregado Fino	761.50	x	{ -0.0014 }	=	-1.07	Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1008.63	x	{ -0.0010 }	=	-1.01	Lt/m <sup>3</sup>
Total				=	-2.07	Lt/m <sup>3</sup>

Agua Efectiva	205.00	-	{ -2.07 }	=	207.07	Lt/m <sup>3</sup>
---------------	--------	---	-----------	---	--------	-------------------

Los pesos de los materiales ya corregidos serán:

Cemento	325.40	Kg/m <sup>3</sup>
Agua Efectiva	207.07	Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Húmedo	765.16	Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	1010.85	Kg/m <sup>3</sup>

### 2.13 Proporción en Peso Húmedo:

$$325.40 / 325.40 : 765.16 / 325.40 : 1010.85 / 325.40 \quad 1 : 2.35 : 3.11 / 0.64$$

### 2.14 Pesos por Tanda de un Saco:

Cemento	1.00	x	42.5	=	42.50	Kg/saco
Agua Efectiva	0.64	x	42.5	=	27.05	Lt/saco
Agregado Fino Húmedo	2.35	x	42.5	=	99.94	Kg/saco
Agregado Grueso Húmedo	3.11	x	42.5	=	132.03	Kg/saco

### 2.15 Peso por Pie Cúbico del:

Agregado Fino Húmedo	765.16	x	35.31 / 1490	=	18.13	Kg/pie <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	1010.85	x	35.31 / 1475	=	24.20	Kg/pie <sup>3</sup>

### 2.16 Dosificación en Volumen:

Cemento	7.66	/	7.66	=	1.00	pie <sup>3</sup>
Agregado Fino Húmedo	18.13	/	7.66	=	2.37	pie <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	24.20	/	7.66	=	3.16	pie <sup>3</sup>
Agua de Mezcla	207.07	/	7.66	=	27.05	Lt/bolsa

<b>SE RECOMIENDA USAR</b> : 1 : 2.3 : 3.10 / 27.00 Lt/bls
---



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

DISEÑO DE MEZCLA  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Método de Diseño del Comité 211 del ACI

"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO, ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE"

LUGAR : DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA : SANTA - DPTO: ANCASH.  
FECHA : SETIEMBRE 2019  
ASESOR : Ms Ruben Lopez Carranza

I. ESPECIFICACIONES:

1.1. La Resistencia de Diseño a los 28 días es de  $210 \text{ Kg/cm}^2$ , se desconoce el valor de la desviación estándar.

1.2. Materiales:

1.2.1. Cemento Pacasmayo Portland Tipo I

Peso Especifico 3.11  $\text{gr/cm}^3$

1.2.2. Agregado Fino

Arena Gruesa - Cantera La Cumbre

Peso Especifico 2.59  $\text{gr/cm}^3$

Absorción 0.62 %

Contenido de Humedad 0.48 %

Módulo de Fineza 2.71

Peso Unitario Suelto 1490  $\text{Kg/m}^3$

1.2.3. Agregado Grueso

Piedra Chancada Cantera Medina - Huambacho

Tamaño Maximo Nominal 3/4"

Peso Seco Varillado 1601  $\text{Kg/m}^3$

Peso Especifico 2.68  $\text{gr/cm}^3$

Absorción 0.32 %

Contenido de Humedad 0.22 %

Peso Unitario Suelto 1475  $\text{Kg/m}^3$

1.2.4. Agua:

Agua Potable de la zona.

II. SECUENCIA DE DISEÑO:

2.1. Selección de la Resistencia ( $f'cr$ ):

Dado que no se conoce el valor de la desviación estándar, entonces se

tiene que:

$$f'cr = f'c + 84 \text{ Kg/cm}^2$$

Entonces:

$$f'cr = 210 + 84 = 294 \text{ Kg/cm}^2$$

## 2.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal:

El tamaño máximo nominal es de 3/4"

## 2.3. Selección del Asentamiento:

Por condiciones de colocación se requiere de una mezcla plástica con un asentamiento de 3" a 4".

## 2.4. Volumen Unitario de Agua:

Para una mezcla de concreto de 3" a 4" de asentamiento, sin aire incorporado y cuyo agregado tiene un tamaño máximo nominal de

3/4" , el volumen unitario de agua es de **205** Lt/m<sup>3</sup>.

## 2.5. Contenido de Aire:

Se considera 2.00 % de aire atrapado por las características de los componentes de éste concreto.

## 2.6. Relación Agua - Cemento:

Para una resistencia de diseño  $f_{cr} = 294$  Kg/cm<sup>2</sup> sin aire incorporado, la relación agua – cemento es de **0.560** por Resistencia.

## 2.7. Factor Cemento:

$$205.00 / 0.56 = 366.07 \text{ Kg/m}^3 = 8.61 \text{ Bls/m}^3.$$

## 2.8. Contenido de Agregado Grueso:

Para un módulo de fineza de 2.71 y un tamaño máximo nominal de

3/4" le corresponde un volumen unitario de **0.63** m<sup>3</sup> de agregado

grueso varillado por unidad de volumen de concreto.

$$\text{Peso del Agregado Grueso} = 0.63 \times 1601 = 1008.63 \text{ Kg/m}^3$$

## 2.9. Cálculo de Volúmenes Absolutos:

Cemento	366.07	/ { 3.11 x 1000 }	=	0.118 m <sup>3</sup>
Agua	205.00	/ { 1.00 x 1000 }	=	0.205 m <sup>3</sup>
Aire Atrapado	2.00 %		=	0.020 m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1008.63	/ { 2.68 x 1000 }	=	0.376 m <sup>3</sup>
Total			=	0.719 m <sup>3</sup>

## 2.10 Contenido de Agregado Fino:

$$\text{Volumen absoluto de agregado fino} : 1.00 - 0.719 = 0.281 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de agregado fino seco} : 0.281 \times 2.59 \times 1000 = 727.629 \text{ m}^3$$

## 2.11 Valores de Diseño:

Cemento	366.07 Kg/m <sup>3</sup>
Agua de Diseño	205.00 Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	727.63 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	1008.63 Kg/m <sup>3</sup>

## 2.12 Corrección por Humedad de los Agregados:

Agregado Fino	727.63	x	1.0048	=	731.12	Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1008.63	x	1.0022	=	1010.85	Kg/m <sup>3</sup>

Humedad Superficial de:

Agregado Fino	0.48	-	0.62	=	-0.14	%
Agregado Grueso	0.22	-	0.32	=	-0.10	%

Aporte de Humedad de los Agregados:

Agregado Fino	727.63	x	$\left[ \begin{matrix} -0.0014 \\ -0.0010 \end{matrix} \right]$	=	-1.02	Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1008.63	x	$\left[ \begin{matrix} -0.0014 \\ -0.0010 \end{matrix} \right]$	=	-1.01	Lt/m <sup>3</sup>
Total				=	-2.03	Lt/m <sup>3</sup>

Agua Efectiva	205.00	-	$\left[ -2.03 \right]$	=	207.03	Lt/m <sup>3</sup>
---------------	--------	---	------------------------	---	--------	-------------------

Los pesos de los materiales ya corregidos serán:

Cemento	366.07	Kg/m <sup>3</sup>
Agua Efectiva	207.03	Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Húmedo	731.12	Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	1010.85	Kg/m <sup>3</sup>

## 2.13 Proporción en Peso Húmedo:

$$366.07 / 366.07 : 731.12 / 366.07 : 1010.85 / 366.07 \quad 1 : 2.00 : 2.76 / 0.57$$

## 2.14 Pesos por Tanda de un Saco:

Cemento	1.00	x	42.5	=	42.50	Kg/saco
Agua Efectiva	0.57	x	42.5	=	24.04	Lt/saco
Agregado Fino Húmedo	2.00	x	42.5	=	84.88	Kg/saco
Agregado Grueso Húmedo	2.76	x	42.5	=	117.36	Kg/saco

## 2.15 Peso por Pie Cúbico del:

Agregado Fino Húmedo	731.12	x	35.31 / 1490	=	17.33	Kg/pie <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	1010.85	x	35.31 / 1475	=	24.20	Kg/pie <sup>3</sup>

## 2.16 Dosificación en Volumen:

Cemento	8.61	/	8.61	=	1.00	pie <sup>3</sup>
Agregado Fino Húmedo	17.33	/	8.61	=	2.01	pie <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	24.20	/	8.61	=	2.81	pie <sup>3</sup>
Agua de Mezcla	207.03	/	8.61	=	24.04	Lt/bolsa

<b>SE RECOMIENDA USAR</b> : 1 : 2.0 : 2.80 / 24.00 Lt/bls
---



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**DISEÑO DE MEZCLA  $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$**   
Método de Diseño del Comité 211 del ACI

“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE CONCRETO, ADICIONANDO RESIDUOS PET EN FORMA CUADRADA, EN SU PREPARACION, EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”

LUGAR : DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE - PROVINCIA : SANTA - DPTO: ANCASH.  
FECHA : SETIEMBRE 2019  
ASESOR : Ms Ruben Lopez Carranza

**I. ESPECIFICACIONES:**

1.1. La Resistencia de Diseño a los 28 días es de  $280 \text{ Kg/cm}^2$ , se desconoce el valor de la desviación estándar.

**1.2. Materiales:**

**1.2.1. Cemento Pacasmayo Portland Tipo I**

Peso Especifico 3.11  $\text{gr/cm}^3$

**1.2.2. Agregado Fino**

Arena Gruesa - Cantera La Cumbre

Peso Especifico 2.59  $\text{gr/cm}^3$

Absorción 0.62 %

Contenido de Humedad 0.48 %

Módulo de Fineza 2.71

Peso Unitario Suelto 1490  $\text{Kg/m}^3$

**1.2.3. Agregado Grueso**

Piedra Chancada Cantera Medina - Huambacho

Tamaño Maximo Nominal 3/4"

Peso Seco Varillado 1601  $\text{Kg/m}^3$

Peso Especifico 2.68  $\text{gr/cm}^3$

Absorción 0.32 %

Contenido de Humedad 0.22 %

Peso Unitario Suelto 1475  $\text{Kg/m}^3$

**1.2.4. Agua:**

Agua Potable de la zona.

**II. SECUENCIA DE DISEÑO:**

**2.1. Selección de la Resistencia ( $f'_{cr}$ ):**

Dado que no se conoce el valor de la desviación estándar, entonces se

tiene que:  $f'_{cr} = f_c + 84 \text{ Kg/cm}^2$

Entonces:  $f'_{cr} = 280 + 84 = 364 \text{ Kg/cm}^2$

## 2.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal:

El tamaño máximo nominal es de 3/4"

## 2.3. Selección del Asentamiento:

Por condiciones de colocación se requiere de una mezcla plástica con un asentamiento de 3" a 4".

## 2.4. Volumen Unitario de Agua:

Para una mezcla de concreto de 3" a 4" de asentamiento, sin aire incorporado y cuyo agregado tiene un tamaño máximo nominal de

3/4" , el volumen unitario de agua es de **205** Lt/m<sup>3</sup>.

## 2.5. Contenido de Aire:

Se considera 2.00 % de aire atrapado por las características de los componentes de éste concreto.

## 2.6. Relación Agua - Cemento:

Para una resistencia de diseño  $f'_{cr} = 364$  Kg/cm<sup>2</sup> sin aire incorporado, la relación agua – cemento es de **0.470** por Resistencia.

## 2.7. Factor Cemento:

$$205.00 / 0.47 = 436.17 \text{ Kg/m}^3 = 10.26 \text{ Bls/m}^3.$$

## 2.8. Contenido de Agregado Grueso:

Para un módulo de fineza de 2.71 y un tamaño máximo nominal de 3/4" le corresponde un volumen unitario de **0.63** m<sup>3</sup> de agregado grueso varillado por unidad de volumen de concreto.

$$\text{Peso del Agregado Grueso} = 0.63 \times 1601 = 1008.63 \text{ Kg/m}^3$$

## 2.9. Cálculo de Volúmenes Absolutos:

Cemento	436.17	/ ( 3.11 x 1000 )	=	0.140	m <sup>3</sup>
Agua	205.00	/ ( 1.00 x 1000 )	=	0.205	m <sup>3</sup>
Aire Atrapado	2.00 %		=	0.020	m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1008.63	/ ( 2.68 x 1000 )	=	0.376	m <sup>3</sup>
Total			=	0.742	m <sup>3</sup>

## 2.10 Contenido de Agregado Fino:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agregado fino} &: 1.00 - 0.742 = 0.258 \text{ m}^3 \\ \text{Peso de agregado fino seco} &: 0.258 \times 2.59 \times 1000 = 669.25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

## 2.11 Valores de Diseño:

Cemento	436.17 Kg/m <sup>3</sup>
Agua de Diseño	205.00 Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	669.25 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	1008.63 Kg/m <sup>3</sup>

### 2.12 Corrección por Humedad de los Agregados:

Agregado Fino	669.25	x	1.0048	=	672.46	Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1008.63	x	1.0022	=	1010.85	Kg/m <sup>3</sup>

Humedad Superficial de:

Agregado Fino	0.48	-	0.62	=	-0.14	%
Agregado Grueso	0.22	-	0.32	=	-0.10	%

Aporte de Humedad de los Agregados:

Agregado Fino	669.25	x	( -0.0014 )	=	-0.94	Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1008.63	x	( -0.0010 )	=	-1.01	Lt/m <sup>3</sup>
Total				=	-1.95	Lt/m <sup>3</sup>

$$\text{Agua Efectiva} \quad 205.00 \quad - \quad ( -1.95 ) \quad = \quad 206.95 \text{ Lt/m}^3$$

Los pesos de los materiales ya corregidos serán:

Cemento	436.17 Kg/m <sup>3</sup>
Agua Efectiva	206.95 Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Húmedo	672.46 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	1010.85 Kg/m <sup>3</sup>

### 2.13 Proporción en Peso Húmedo:

$$436.17 / 436.17 \quad : \quad 672.46 / 436.17 \quad : \quad 1010.85 / 436.17 \quad : \quad 206.95 / 436.17 \quad = \quad 1 \quad : \quad 1.54 \quad : \quad 2.32 \quad / \quad 0.47$$

### 2.14 Pesos por Tanda de un Saco:

Cemento	1.00	x	42.5	=	42.50	Kg/saco
Agua Efectiva	0.47	x	42.5	=	20.16	Lt/saco
Agregado Fino Húmedo	1.54	x	42.5	=	65.52	Kg/saco
Agregado Grueso Húmedo	2.32	x	42.5	=	98.50	Kg/saco

### 2.15 Peso por Pie Cúbico del:

Agregado Fino Húmedo	672.46	x	35.31 / 1490	=	15.94	Kg/pie <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	1010.85	x	35.31 / 1475	=	24.20	Kg/pie <sup>3</sup>

### 2.16 Dosificación en Volumen:

Cemento	10.26	/	10.26	=	1.00	pie <sup>3</sup>
Agregado Fino Húmedo	15.94	/	10.26	=	1.55	pie <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	24.20	/	10.26	=	2.36	pie <sup>3</sup>
Agua de Mezcla	206.95	/	10.26	=	20.16	Lt/bolsa

**SE RECOMIENDA USAR : 1 : 1.50 : 2.30 / 20.00 Lt/bls**

ANEXO III:  
PANEL FOTOGRÁFICO

## PANEL FOTOGRAFICO



**Foto N° 01.**-Material plástico (botellas 2 lt) de donde se obtendrá láminas de forma cuadrada de 3,4 y 5 cm para adicionar a la mezcla de concreto, objeto de investigación del proyecto.



**Foto N.º 02.**- Corte de material plástico, solo laminas para obtener las formas cuadradas de 3, 4 y 5 cm.



**Foto N° 03.**-Peso de láminas PET a utilizar para los tamaños de 3, 4 y 5 cm de forma cuadrada.



**Foto N.º 04.**-Laminas PET en forma cuadrada de 3, 4 y 5 cm

## DISEÑO DE MEZCLA

### 1.- Obtención de la muestra



**Foto N.º 05.**-Mezcla del material agregado grueso y fino previo a sacar la muestra para el diseño de mezcla.



**Foto N.º 06.**-Cuarteado de las muestras de agregado grueso y fino, para diseño de mezcla



**Foto N.º 07.**-Muestras de agregado grueso y fino, para diseño de mezcla



**Foto N.º 08.**-Una vez de obtenidas las muestras del agregado grueso y fino, se procede a pesarlas en estado suelto en un recipiente de dimensiones conocidas.

## 2.- Peso Unitario Suelto



**Foto N.º 09.**-Colocacion de la muestra de agregado grueso en recipiente de dimensiones conocidas, llenando hasta el ras del recipiente.

**Foto N.º 10.**-Peso unitario suelto de la muestra del agregado grueso.





**Foto N.º 11.-**Colocacion de la muestra de agregado fino en recipiente de dimensiones conocidas, llenando hasta el ras del recipiente.

**Foto N.º 12.-**Peso unitario suelto de la muestra del agregado fino



### 3.-Peso unitario varillado



**Foto N.º 13.-**Para el peso unitario varillado del agregado grueso, se tomó la muestra y compacto en 3 capas con ayuda de una varilla hasta llenar el recipiente.

**Foto N.º 14.**-Se retira el exceso del material con ayuda de una regla hasta el ras del recipiente.



**Foto N.º 15.**-Se pesa el material para obtener el peso unitario varillado del agregado grueso.



**Foto N.º 16.**-Para el peso unitario varillado del agregado fino, se tomó la muestra y compacto en 3 capas con ayuda de una varilla hasta llenar el recipiente.

**Foto N.º 17.**-Se retira el exceso del material con ayuda de una regla hasta el ras del recipiente.





**Foto N.º 18.-**Se pesa el material para obtener el peso unitario varillado del agregado fino.

#### 4.- Tamizado Granulométrico de los agregados



**Foto N.º 19.-**Tamizado de la muestra de agregado grueso.

**Foto N.º 20.-**tamizado individual por tamiz



**Foto N.º 21.-**Peso del material retenido en cada tamiz.



**Foto N.º 22.**-Numero de tamices utilizados para el tamizado del material fino.

**Foto N.º 23.**-Tamizado de la muestra.



**Foto N.º 24.**-Se peso la muestra retenida en cada tamiz.



5.- Peso específico y absorción del agregado fino y grueso.



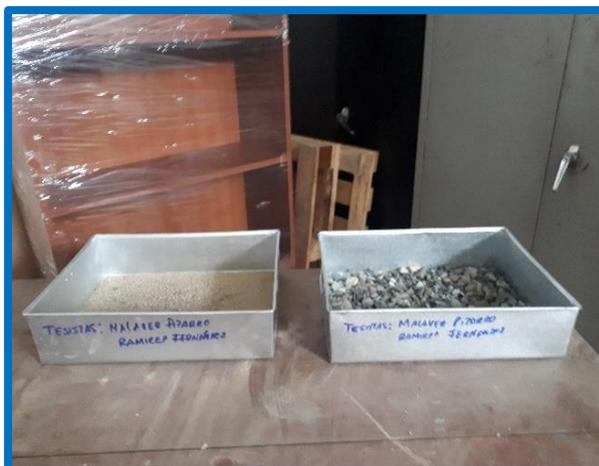
**Foto N.º 25.**-Cuarteado de las muestras para obtener el peso específico.



**Foto N.º 26.**-Lavado de material agregado de grueso para retirar impurezas, previo del secado al horno.



**Foto N.º 27.**-Peso de las muestras, 1kg para el agregado fino y una muestra de 3 kg para el agregado grueso, retirando el material que paso el tamiz N°4 .



**Foto N.º 28.**-Secado de la muestra al horno a una temperatura de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , por un periodo de 24 h.



**Foto N.º 29.**-Luego de 24 horas se retiraron las muestras y sumergieron en agua para su saturación por 24 horas.



**Foto N.º 30.**-Secado de los agregados, esparciendo el material sobre la mesada expuesta a una corriente de aire tibia.



**Foto N.º 31.**-Colocacion del material compactando en 3 capas.

**Foto N.º 32.-**  
verificacion que no  
hay humedad en el  
material de  
agregado fino.



**Foto N.º 33.-**Colocacion de  
la muestra saturada en cesta  
de alambre.

**Foto N.º 34.-**Peso  
de la muestra  
saturada.





**Foto N.º 35.-** Agregando 500gr de muestra seca a la fiola y saturarla hasta alcanzar la marca de 500 cm<sup>3</sup>

**Foto N.º 36.-** Eliminacion de burbujas en la fiola, agitando el frasco.



**Foto N.º 37.-** Peso de la muestra más agua más frasco.



**Foto N.º 38.-** Pesada la muestra, se retiro el liquido y coloco el material en un recipiente y llevado al horno con peso constante a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.

#### 6. Contenido de Humedad



**Foto N.º 39.-** peso de la tara y peso de la muestra antes de ser llevado al horno, para obtener el contenido de humedad.

#### 7.- Muestras de Concreto



**Foto N.º 40.-** Materiales para preparación de mezcla de concreto para muestras de  $F'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $F'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>



**Foto N.º 41.-** Se usó la mezcladora mecánica tipo tambor de 125 lts.



**Foto N.º 42.-** Peso de materiales para preparación de la mezcla de concreto.



**Foto N.º 43.- Preparación de mezcla de concreto.**



**Foto N.º 44.- Vaciado de la mezcla de concreto a carretilla para posterior colocación en testigos.**

**Foto N.º 45.- Mezcla de concreto para posterior colocación en testigos**





**Foto N.º 46.- Preparación de testigos de concreto para  $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$  y  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .  $F_c'=280 \text{ kg/cm}^2$ .**



**Foto N.º 47.- Preparación de testigos de concreto para  $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$  y  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .  $F_c'=280 \text{ kg/cm}^2$  con 1% de PET.**





**Foto N.º 48.- Testigos de concreto para  $F'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup> y  $F'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.  $F'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con 1% de PET.**



**Foto N.º 49.- Testigos de concreto para  $F'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup> y  $F'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.  $F'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con 3% y 5% de PET.**



**Foto N.º 50.- Curado de Testigos de concreto para  $F'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup> y  $F'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.  $F'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con 1%, 3% y 5% de PET.**



**Foto N.º 51.- Testigos de concreto para  $F'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup> y  $F'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.  $F'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con 1% de PET.**



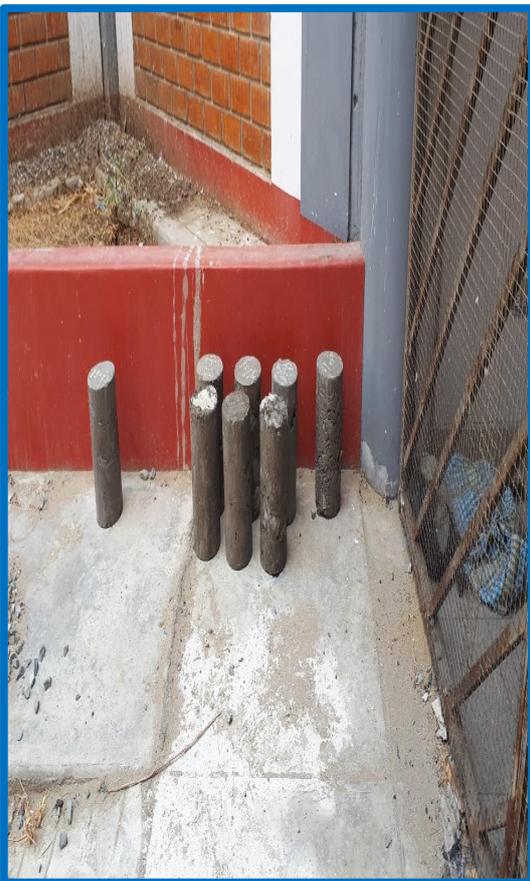
**Foto N.º 52.- Testigos de concreto para  $F'_c=175 \text{ kg/cm}^2$  y  $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .  
 $F'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con 3% de PET.**



**Foto N.º 53.- Testigos de concreto para  $F'_c=175 \text{ kg/cm}^2$  y  $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .  
 $F'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con 5% de PET.**



**Foto N.º 54.- Testigos de concreto para  $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$  y  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .  $F'c=280 \text{ kg/cm}^2$  luego del curado, dejando secar para posterior prueba a la rotura para verificación de las resistencias de diseño.**



**Foto N.º 55.- Ensayo de Resistencia a la compresión.**

**Foto N.º 56.- Resultados de Ensayo de Resistencia a la compresión, se presenta la falla en el testigo de concreto.**



**Foto N.º 57.-Fallas en el concreto posterior al Ensayo de Resistencia a la compresión.**



**Foto N.º 58.-Fallas en el concreto posterior al Ensayo de Resistencia a la compresión.**

# Tesis UNS Terminado.pdf

*by* Atilio Rubén López Carranza

---

**Submission date:** 08-Jul-2021 01:10PM (UTC-0500)

**Submission ID:** 1617218613

**File name:** Tesis\_UNS\_Terminado.pdf (6.15M)

**Word count:** 21700

**Character count:** 108758

# Tesis UNS Terminado.pdf

## ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Student Paper	2%
2	Submitted to Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac Student Paper	1%
3	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Student Paper	1%
4	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Student Paper	1%
5	<a href="#">myslide.es</a> Internet Source	1%
6	<a href="#">pt.scribd.com</a> Internet Source	1%
7	<a href="#">qdoc.tips</a> Internet Source	1%
8	<a href="#">www.docstoc.com</a> Internet Source	1%

9	<a href="http://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Internet Source	1 %
10	<a href="http://docslide.us">docslide.us</a> Internet Source	1 %
11	<a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Internet Source	1 %
12	<a href="http://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Internet Source	1 %
13	<a href="http://creativecommons.org">creativecommons.org</a> Internet Source	1 %
14	Submitted to Atlantic International University Student Paper	1 %
15	<a href="http://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
16	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
17	<a href="http://web.fonade.gov.co">web.fonade.gov.co</a> Internet Source	<1 %
18	Submitted to Universidad Privada de Tacna Student Paper	<1 %
19	<a href="http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl">repositorioslatinoamericanos.uchile.cl</a> Internet Source	<1 %
20	<a href="http://bibciv.ucla.edu.ve">bibciv.ucla.edu.ve</a> Internet Source	<1 %

21	<a href="http://elunicodetecnologia.blogspot.com">elunicodetecnologia.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
22	<a href="http://civilgeeks.com">civilgeeks.com</a> Internet Source	<1 %
23	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Internet Source	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco Student Paper	<1 %
25	<a href="http://slideflix.net">slideflix.net</a> Internet Source	<1 %
26	<a href="http://fr.scribd.com">fr.scribd.com</a> Internet Source	<1 %
27	<a href="http://www.indecopi.gob.pe">www.indecopi.gob.pe</a> Internet Source	<1 %
28	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
29	<a href="http://repository.unilibre.edu.co">repository.unilibre.edu.co</a> Internet Source	<1 %
30	<a href="http://www.grupogloria.com">www.grupogloria.com</a> Internet Source	<1 %
31	<a href="http://www.construmatica.com">www.construmatica.com</a> Internet Source	<1 %
32	<a href="http://www.unicon.com.pe">www.unicon.com.pe</a>	

Internet Source

<1 %

33

[notasdeconcretos.blogspot.com](https://notasdeconcretos.blogspot.com)

Internet Source

<1 %

34

[www.coursehero.com](https://www.coursehero.com)

Internet Source

<1 %

35

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Student Paper

<1 %

36

[repository.uamerica.edu.co](https://repository.uamerica.edu.co)

Internet Source

<1 %

37

[www.acidezpunx.com.mx](https://www.acidezpunx.com.mx)

Internet Source

<1 %

38

[repositorio.puce.edu.ec](https://repositorio.puce.edu.ec)

Internet Source

<1 %

39

[tesisexpresionoral.blogspot.com](https://tesisexpresionoral.blogspot.com)

Internet Source

<1 %

40

[xdocs.net](https://xdocs.net)

Internet Source

<1 %

41

Submitted to Universidad Centroamericana  
Jose Simeon Canas

Student Paper

<1 %

42

[doku.pub](https://doku.pub)

Internet Source

<1 %

43

[ri.ues.edu.sv](https://ri.ues.edu.sv)

Internet Source

<1 %

44

Submitted to Engineers Australia

Student Paper

<1 %

45

catarina.udlap.mx:9090

Internet Source

<1 %

46

Daniel F. Q. Smith, Emma Camacho, Raviraj Thakur, Alexander J Barron et al. "Glyphosate Inhibits Melanization and Increases Susceptibility to Infection in Insects", Cold Spring Harbor Laboratory, 2021

Publication

<1 %

47

cdigital.uv.mx

Internet Source

<1 %

48

C T Medrano, G Peña-Rodríguez, I H García-Páez. "Determination of correlation of compressive strength with maturity of concrete mixed with accelerator", Journal of Physics: Conference Series, 2019

Publication

<1 %

49

Submitted to University of Wales Swansea

Student Paper

<1 %

50

Andrée Montoya, Leonardo Bravo, Mario Velasquez, Hector Oscanoa, Jhon Portella. "RecyGlass, A Low-cost System for Recycling Glass Bottles in a Distinctive Way", IOP

<1 %

# Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020

Publication

51

[repositorio.unsa.edu.pe](https://repositorio.unsa.edu.pe)

Internet Source

<1 %

52

[www.era21revista.com](http://www.era21revista.com)

Internet Source

<1 %

53

J Anglade, E Benavente, J Rodríguez, A Hinostroza. "Use of Textile Waste as an Addition in the elaboration of an Ecological Concrete Block", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021

Publication

<1 %

54

J. M. Ortega, I. Sánchez, M. A. Climent. "Influencia de diferentes condiciones de curado en la estructura porosa y en las propiedades a edades tempranas de morteros que contienen ceniza volante y escoria de alto horno", Materiales de Construcción, 2012

Publication

<1 %

55

[core.ac.uk](https://core.ac.uk)

Internet Source

<1 %

56

[elguille.info](http://elguille.info)

Internet Source

<1 %

57

[www.anfah.org](http://www.anfah.org)

Internet Source

<1 %

58	<a href="http://cybertesis.uni.edu.pe">cybertesis.uni.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
59	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Internet Source	<1 %
60	<a href="http://prezi.com">prezi.com</a> Internet Source	<1 %
61	<a href="http://www.comunidadandina.org">www.comunidadandina.org</a> Internet Source	<1 %
62	<a href="http://www.dipualba.es">www.dipualba.es</a> Internet Source	<1 %
63	<a href="http://www.ema.org.mx">www.ema.org.mx</a> Internet Source	<1 %
64	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Internet Source	<1 %
65	<a href="http://app.iucn.org">app.iucn.org</a> Internet Source	<1 %
66	<a href="http://miliarium.com">miliarium.com</a> Internet Source	<1 %
67	<a href="http://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
68	<a href="http://repositorio.ucp.edu.pe">repositorio.ucp.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
69	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Internet Source	<1 %

70

[www.accionsocial.gov.co](http://www.accionsocial.gov.co)

Internet Source

<1 %

71

[www.conafovi.gob.mx](http://www.conafovi.gob.mx)

Internet Source

<1 %

72

[www.economia.gob.mx](http://www.economia.gob.mx)

Internet Source

<1 %

73

[www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)

Internet Source

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off