



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL



## UAC

TESIS:

---

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS A COMPRESIÓN, FLEXIÓN, Y COSTOS DE MATERIALES DE UN CONCRETO PATRÓN Y OTRO ADICIONADO CON FIBRA SINTÉTICA MEJORADA SIKAFIBER® PE, ELABORADO CON AGREGADO DE LAS CANTERAS CUNYAC Y VICHO”.**

---

**Presentada por:**

- BACH.CHAMPI CHAVEZ, Carmen Rosa
- BACH.ESPINOZA CHILE, Lisbet

**Para Optar el Título Profesional de:**

**Ingeniero Civil**

**Asesor:** ING. CHACÓN SÁNCHEZ, Víctor

**CUSCO – PERÚ**

**2017**



---

## DEDICATORIA

---

### *A mi madre Olga Chávez Suelli*

*Por darme la oportunidad de estar en este mundo, y experimentar el camino de la vida que me brindo, de experiencias que siempre guardare en mi corazón. Por enseñarme a valorar que las metas no aparecen sino se crean por uno mismo, Por el amor luchador de madre que me dio en todo este camino y nunca soltó mi mano. Por enseñarme que la paciencia si existe.*

### *A mi padre Luis Champi Ccasa*

*por brindarme sabiduría con sus consejos que llegaron a mi corazón, pero a la misma vez me hicieron dar cuenta de la realidad a mi alrededor. Por su apoyo incondicional.*

### *A mi hermano Luis Abimael y hermana Karina*

*Por ser las personas que me entienden y acompañan en los momentos más difíciles y felices.*

### *A mi tío Miguel Champi Ccasa*

*Por ser participe en este camino para lograr mi meta.*

### *A mis amigas*

*Porque siempre están en hay para escucharme, guiarme y con ellas he sabido disfrutar la vida.*

*CHAMPI CHAVEZ, Carmen Rosa*



---

## DEDICATORIA

---

### ***A Dios***

*Por haberme permitido llegar hasta este punto y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

### ***A mi madre candelaria.***

*Por darme la vida, quererme mucho, haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por la motivación constante. Gracias por la paciencia que has tenido para enseñarme que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su infinito amor.*

### ***A mi padre Ruperto.***

*Por los ejemplos de perseverancia y empeño que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante, apoyo incondicional y por su amor.*

### ***A mis hermanas Erika, Eli.***

*Por estar siempre presentes, acompañándome para poder finalizar este trabajo.*

*ESPINOZA CHILE, Lisbet*



---

## AGRADECIMIENTOS

---

Es grato expresar nuestros sinceros agradecimientos a todas las personas que han sido partícipes en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

### *A Dios*

Por bendecir nuestro camino para lograr los éxitos alcanzados.

### *A nuestros padres y hermanos*

Por brindarnos todo el amor incondicional, seguridad, confianza y apoyo a lo extenso de nuestras vidas.

### *A nuestro asesor*

Ing. Víctor Chacón Sánchez, por el tiempo destinado para el desarrollo de este trabajo de investigación, por su invaluable cooperación y experiencia, la presente tesis no hubiera sido posible.

### *A nuestros jurados dictaminantes:*

Ing. Jorge Álvarez Espinoza e Ing. José Alberto Montesinos Cervantes Por haber colaborado en el proceso de la presente investigación.

### *A nuestros amigos y compañeros*

Por su apoyo incondicional en todo momento.

*Carmen Rosa Champi y Lisbet Espinoza*



---

## RESUMEN

---

La presente investigación tiene por objetivo principal analizar comparativamente las características mecánicas del esfuerzo a compresión, módulo de rotura y costos de materiales de un concreto patrón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y otro adicionado con fibra sintética mejorada Sikafiber.pe en diferentes dosificaciones. El cual tiene un diseño de mezcla por el método del instituto americano del concreto (ACI-211)

Se usó fibra sintética mejorada Sikafiber.pe en diferentes dosificaciones 300gr/m<sup>3</sup>, 600gr/m<sup>3</sup>, 900gr/m<sup>3</sup>. De manera que se realizó 138 muestras cumpliendo con la norma ASTM C31 de las cuales 69 muestras son briquetas cilíndricas de un diámetro de 10cm por 20cm de altura que fueron sometidas al ensayo de esfuerzo a compresión, 69 muestras son viguetas de un peralte de 15cm por 15cm de ancho por 50cm de largo para ser ensayada a flexión y poder hallar el módulo de rotura.

El concreto patrón se contrastó con el concreto adicionado con fibra sintética mejorada Sikafiber.pe en diferentes dosificaciones. Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos en los ensayos realizados; tenemos un aumento significativo en el esfuerzo a compresión del concreto con dosificación 600gr/m<sup>3</sup>. En los datos obtenidos en el módulo de rotura, se verificó un incremento del concreto en la dosificación de 900 gr/m<sup>3</sup>, mostrando mejores resultados que el concreto patrón y validando de esa manera nuestra sub hipótesis número dos. Asimismo, en base a los costos de materiales utilizados en un concreto con fibra se llegó a verificar que no hay un incremento significativo en referencia al concreto patrón.

Palabras Claves: esfuerzo a compresión, módulo de rotura, costos de materiales, concreto patrón, concreto adicionado con fibra sintética y dosificaciones.



---

## ABSTRACT

---

The main objective of this research is to analyze comparatively the mechanical characteristics of the compression stress, modulus of rupture and material costs of a concrete pattern  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$  and another one added with synthetic fiber Sikafiber.pe in different dosages, the latter having a design mix that follows the method of the American Concrete Institute (ACI-211)

Improved synthetic fiber Sikafiber.pe was used in different dosages  $300\text{gr/m}^3$ ,  $600\text{gr/m}^3$ ,  $900\text{gr/m}^3$ . A total of 138 samples were made complying with the ASTM C31 standard, of which 69 samples are cylindrical briquettes with a diameter of 10cm by 20cm in height that were subjected to the compressive stress test, 69 samples are joists of a 15cm by 15cm wide by 50cm long camber to be tested for bending and to find the breaking module.

The concrete pattern was contrasted with the concrete added with synthetic fiber Sikafiber.pe improved in different dosages. Therefore, based on the results obtained in the tests carried out; we have a significant increase in the compressive stress of the concrete with  $600\text{gr/m}^3$  dosage. In the data obtained in the break module, an increase of the concrete in the  $900\text{gr/m}^3$  dosage was verified, showing better results than the concrete pattern and thus validating our sub hypothesis number two. Also, based on the costs of materials used in a concrete with fiber, it was verified that there is no significant increase in reference to the concrete pattern.

Key words: compression effort, rupture modulus, material costs, concrete pattern, concrete added with synthetic fiber and dosages.



---

## INTRODUCCIÓN

---

Actualmente en la ciudad del Cusco, en obras públicas y privadas, no se tiene en cuenta el empleo de algunas fibras para la mejora de un concreto tradicional, para lo cual en la siguiente investigación **utilizaremos la nueva edición de fibra SikaFiber® PE mejorada, para el análisis de las características mecánicas a la compresión y flexión de un concreto  $F'C=210\text{KG}/\text{CM}^2$  adicionado con fibra sintética, elaborado con agregado de la cantera Cunyac, Vicho y Huambutio; la adición de fibra en el concreto será en dosificaciones de 300gr/m<sup>3</sup>, 600gr/m<sup>3</sup> y 900gr/m<sup>3</sup>, poder analizar el mejoramiento de propiedades del concreto con la adición de este tipo de fibra,** para tener mejor conocimiento del comportamiento de esta fibra en el concreto, la cual es incorporada en gramos por metro cúbico; se realiza ensayos de resistencia a compresión y flexión para poder analizar si esta fibra ayuda en la reducción de la fisuración, aumento del índice de tenacidad, aumenta la resistencia a tracción, compresión y flexión de un concreto.

La presente investigación se encuentra dividida en 5 capítulos: el primero capítulo contiene, el planteamiento del problema, descripción del problema, justificación e importancia, limitaciones de la investigación, objetivos de la investigación, hipótesis y definición de variables.

El segundo capítulo, es referente al marco teórico de la investigación, los antecedentes de la tesis de investigación a nivel nacional e internacional y toda la teoría que sustenta nuestra investigación como: definiciones, requisitos, métodos, procedimientos de los ensayos y otros sustentos requeridos por la investigación.

El tercer capítulo, contiene el tipo de investigación, diseño de investigación, cuantificación de nuestro universo y muestra, equipos e instrumentos empleados, recolección y análisis de datos realizados en la presente investigación.

El cuarto capítulo, es un resumen de los resultados obtenidos en los ensayos realizados en la investigación.



El quinto capítulo, es la parte de discusión de la investigación, sobre los resultados obtenidos en nuestras hipótesis y contraste con nuestro marco teórico.

La parte final de la tesis incluye, las conclusiones con los resultados obtenidos sobre nuestras hipótesis y objetivos de la investigación, recomendaciones de la realización del tema de investigaciones y nuevas investigaciones, referencias sobre la bibliografía utilizada mediante normas APA y anexos sobre: ensayos adicionales, certificado de ensayos realizados fuera de la Universidad Andina Del Cusco y panel fotográfico.





---

## ÍNDICE GENERAL

---

<b>Dedicatoria .....</b>	<b>i</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>ii</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>iii</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>iv</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>v</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice general .....</b>	<b>viii</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>xiv</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>xviii</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Identificación del problema.....	1
1.1.1. Descripción del problema .....	1
1.1.2. Formulación del problema .....	2
1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general .....	2
1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos .....	2
1.2. Justificación e importancia de la investigación.....	3
1.2.1. Justificación técnica .....	3
1.2.2. Justificación social .....	4
1.2.3. Justificación por viabilidad .....	4
1.2.4. Justificación por relevancia.....	5
1.3. Limitacionede la investigación .....	5
1.3.1. Limitaciones geográficas .....	5
1.3.2. Limitaciones de materiales.....	6
1.3.3. Limitaciones del concreto .....	7
1.3.4. Limitaciones de los ensayos .....	7
1.4. Objetivos de la investigación .....	8
1.4.1. Objetivo general .....	8
1.4.2. Objetivos específicos .....	8
1.5. Hipótesis.....	9
1.5.1. Hipótesis general.....	9
1.5.2. Sub hipótesis .....	9



- 1.6. Definición de variables ..... 10
- 1.6.1. Variables independientes ..... 10
- 1.6.1.1. Indicadores de la variable independiente ..... 10
- 1.6.2. Variables dependientes..... 11
- 1.6.2.1. Indicadores de variables dependientes ..... 11
- 1.6.3. Cuadro de operacionalización ..... 13
- CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO ..... 15**
- 2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual..... 15
- 2.1.1. Antecedentes a nivel nacional ..... 15
- 2.1.1.1. Antecedente 1:..... 15
- 2.1.1.2. Antecedente 2:..... 16
- 2.1.2. Antecedentes a nivel internacional..... 18
- 2.1.2.1. Antecedente 1:..... 18
- 2.1.2.2. Antecedente 2:..... 19
- 2.2. Aspectos teóricos pertinentes ..... 22
- 2.2.1. El concreto ..... 22
- 2.2.1.1. Definición..... 22
- 2.2.2. Tipos de concreto ..... 22
- 2.2.2.1. Concreto simple ..... 23
- 2.2.2.2. Concreto armado ..... 23
- 2.2.2.3. Concreto estructural ..... 23
- 2.2.2.4. Concreto ciclopeo..... 23
- 2.2.3. Importancia del concreto ..... 23
- 2.2.4. Propiedades del concreto..... 24
- 2.2.4.1. Estructura interna del concreto..... 25
- 2.2.4.2. Propiedades del concreto fresco..... 26
- 2.2.4.2.1. Trabajabilidad ..... 26
- 2.2.4.2.2. Consistencia ..... 27
- 2.2.4.2.3. Segregación ..... 30
- 2.2.4.2.4. Exudación..... 32
- 2.2.4.2.5. Contracción ..... 33
- 2.2.4.3. Propiedades concreto endurecido..... 33
- 2.2.4.3.1. Elasticidad ..... 34
- 2.2.4.3.2. Resistencia..... 34



2.2.4.3.3.	Durabilidad.....	35
2.2.4.3.4.	Extensibilidad.....	35
2.2.4.3.5.	Impermeabilidad .....	35
2.2.5.	Características del concreto.....	36
2.2.6.	Economía del concreto .....	37
2.2.7.	Concreto con fibras .....	38
2.2.8.	Los componentes del concreto .....	39
2.2.9.	Cemento .....	40
2.2.9.1.	El cemento portland .....	40
2.2.9.2.	Clinker portland .....	41
2.2.9.3.	Tipos de cemento .....	41
2.2.9.4.	Ventajas del cemento portland .....	44
2.2.9.5.	Cemento portland puzolánico yura ip – alta durabilidad .....	44
2.2.10.	Agua .....	46
2.2.11.	Agregados: .....	48
2.2.11.1.	Agregado grueso .....	50
2.2.11.1.1.	Granulometría .....	51
2.2.11.1.2.	Tamaño máximo.....	52
2.2.11.1.3.	Tamaño máximo nominal .....	52
2.2.11.1.4.	Partículas perjudiciales.....	53
2.2.11.2.	Agregado fino.....	53
2.2.11.2.1.	Granulometría .....	54
2.2.11.2.2.	Modulo de fineza.....	55
2.2.11.2.3.	Partículas inconvenientes .....	56
2.2.11.3.	Características físicas del agregado .....	57
2.2.11.3.1.	Condiciones de saturación.....	57
2.2.11.3.2.	Peso específico .....	58
2.2.11.3.3.	Peso unitario.....	60
2.2.11.3.4.	Porcentaje de vacíos.....	61
2.2.11.3.5.	Absorción .....	62
2.2.11.3.6.	Porosidad.....	62
2.2.11.3.7.	Humedad .....	63
2.2.11.3.8.	Análisis granulométrico .....	63
2.2.11.3.9.	Resistencia a la abrasión .....	63



2.2.12.	Fibras .....	64
2.2.12.1.	Tipos de fibras en el concreto .....	65
2.2.12.1.1.	Microfibras .....	65
2.2.12.1.2.	Macrofibras .....	65
2.2.12.2.	Fibras sintéticas .....	66
2.2.12.3.	Desarrollo de fibra empleada en la investigación (fibra sikafiber® pe mejorada).....	67
2.2.12.3.1.	Descripción del producto: .....	67
2.2.12.3.2.	Usos:.....	67
2.2.12.3.3.	Características y ventajas: .....	67
2.2.12.3.4.	Datos básicos de la fibra sikafiber® pe:.....	68
2.2.12.3.5.	Datos técnicos de la fibra sikafiber® pe: .....	68
2.2.12.3.6.	Información del sistema de la fibra sikafiber® pe: .....	68
2.2.12.4.	Instrucciones de seguridad de la fibra sikafiber® pe: .....	69
2.2.13.	Diseño de mezcla .....	70
2.2.13.1.	Consideraciones básicas.....	70
2.2.13.2.	Pasos para el diseño de mezcla .....	71
2.2.13.3.	Método del aci 211 .....	72
2.2.13.3.1.	Secuencia de diseño .....	72
2.2.14.	Elaboración de los especímenes de concreto. ....	87
2.2.14.1.	Especímenes cilíndricos (briquetas).....	87
2.2.14.2.	Especímenes viga (vigüeta).....	90
2.2.15.	Muestreo.....	91
2.2.16.	Curado.....	91
2.2.17.	Resistencia a la compresión del concreto.....	93
2.2.18.	Resistencia a la flexión del concreto.....	97
2.2.19.	Costos y presupuestos .....	99
2.2.19.1.	Costos directos e indirectos.....	99
2.2.19.1.1.	Costos directos .....	99
2.2.19.1.2.	Costos indirectos .....	100
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>		<b>101</b>
3.1.	Metodología de la investigación .....	101
3.1.1.	Tipo de investigación .....	101
3.1.2.	Nivel de la investigación.....	101



3.1.2.1.	Descriptivo correlacional .....	101
3.1.3.	Método de investigación .....	102
3.2.	Diseño de la investigación .....	103
3.2.1.	Diseño metodológico .....	103
3.2.2.	Diseño de ingeniería.....	103
3.3.	Población y muestra .....	105
3.3.1.	Población.....	105
3.3.1.1.	Descripción de la población .....	105
3.3.1.2.	Cuantificación de la población.....	105
3.3.2.	Muestra.....	106
3.3.2.1.	Descripción de la muestra .....	106
3.3.2.2.	Cuantificación de la muestra .....	107
3.3.2.3.	Método de muestreo .....	107
3.3.2.4.	Criterios de evaluación de la muestra .....	108
3.3.3.	Criterios de inclusión .....	108
3.4.	Instrumentos .....	109
3.4.1.	Instrumentos metodológicos .....	109
3.4.2.	Instrumentos de ingeniería .....	115
3.5.	Procedimientos de recolección de datos .....	116
3.5.1.	Granulométrico del agregado grueso (ntp 400.012). .....	116
3.5.2.	Granulométrico del agregado fino (ntp 400.012).....	119
3.5.3.	Peso específico de agregado grueso (ntp 400.021) .....	123
3.5.4.	Peso específico de agregado fino (ntp 400.022) .....	126
3.5.5.	Peso unitario de agregado grueso (ntp 400.017).....	131
3.5.6.	Peso unitario de agregado fino (ntp 400.017) .....	135
3.5.7.	Contenido de humedad de agregados finos y gruesos (mtc e 108- 2000). .....	138
3.5.8.	Resistencia a la abrasión del agregado grueso (ntp 400.019). .....	141
3.5.9.	Determinación del slump (ntp 339.035).....	143
3.5.10.	Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas (ntp 339.034).....	145
3.5.11.	Resistencia a la flexión de prismas rectangulares (ntp 339.078). .....	150
3.5.12.	Costos de los materiales del concreto patron y con fibra.....	154
3.6.	Procedimiento de análisis de datos .....	155
3.6.1.	Granulométrico del agregado grueso .....	155



3.6.2. Granulométrico del agregado fino ..... 157

3.6.3. Peso específico de agregado grueso ..... 161

3.6.4. Peso específico de agregado fino ..... 162

3.6.5. Peso unitario de agregado grueso..... 163

3.6.6. Peso unitario suelto y compactado de agregado fino ..... 166

3.6.7. Contenido de humedad de los agregados grueso y fino. .... 168

3.6.8. Resistencia a la abrasión del agregado grueso ..... 170

3.6.9. Diseño de mezcla ..... 170

3.6.10. Determinación del slump ..... 179

3.6.11. Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas. .... 180

3.6.12. Resistencia a la flexión de prismas rectangulares. .... 190

3.6.13. Costos de los materiales del concreto patron y con fibra..... 199

**CAPÍTULO IV: RESULTADOS ..... 202**

4.1. Agregado grueso: ..... 202

4.2. Agregado fino: ..... 202

4.3. Consistencia del concreto ..... 202

4.4. Dosificación de mezcla ..... 203

4.5. Resistencia a la compresión: ..... 203

4.6. Modulo de rotura..... 207

4.7. Costos para diferentes dosificaciones de fibra sintetica mejorada..... 211

**CAPÍTULO V: DISCUSIÓN ..... 212**

**GLOSARIO ..... 214**

**CONCLUSIONES ..... 218**

**RECOMENDACIONES ..... 221**

**REFERENCIAS ..... 223**

**ANEXOS ..... 226**

Anexo n° 1: “panel fotográfico” ..... 227

Anexo n° 3: “matriz de consistencia” ..... 238

Anexo n° 2: “certificado de laboratorio” ..... 239



---

## ÍNDICE DE TABLAS

---

TABLA N° 1: Operacionalización De Variables .....	13
TABLA N° 02: Usos Y Ventajas Del Concreto .....	36
TABLA N° 03: Proporciones Típicas En Volumen Absoluto De Los Componentes Del Concreto.....	40
TABLA N° 04: Características Técnicas Del Cemento Yura IP. ....	45
TABLA N° 05: Normas Técnicas Utilizadas Del Cemento. ....	46
TABLA N° 06: Límites Granulométricos Del Agregado Grueso de la NTP 400.037. ..	51
TABLA N° 07: Porcentaje De Partículas Inconvenientes En El Agregado Grueso.....	53
TABLA N° 08: Límites Granulométricos Para El Agregado Fino de la NTP 400.037. ....	54
TABLA N° 09: Porcentaje De Partículas Inconvenientes En El Agregado Fino. ....	56
TABLA N° 10: Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 ensayos. ....	74
TABLA N° 11: Resistencia Promedio A La Compresión Requerida Cuando No Hay Datos Disponibles Para Establecer Una Desviación Estándar De La Muestra.....	75
TABLA N° 12: Consistencia y Asentamientos. ....	76
TABLA N° 13: Asentamiento Recomendados Para Diversos Tipos De Obras. ....	77
TABLA N° 14: Volumen Unitario De Agua, con aire o sin aire incorporado. ....	78
TABLA N° 15: Volumen Unitario De Agua, sin aire incorporado y el perfil del agregado. ....	79
TABLA N° 16: Contenido Aire Atrapado.....	80
TABLA N° 17: Relación Agua/Cemento Por Resistencia. ....	80
TABLA N° 18: Relación Agua/Cemento Por Durabilidad .....	81
TABLA N° 19: Peso Del Agregado Grueso Por Unidad De Volumen Del Concreto....	82
TABLA N° 20: Método De Consolidación. ....	88
TABLA N° 21: Número De Capas Por Tamaño De Especímenes.....	89
TABLA N° 22: Cuantificación De La Población. ....	106
TABLA N° 23: Cuantificación de la muestra.....	107
TABLA N° 24: Instrumento metodológico para la granulometría del agregado grueso.....	109
TABLA N° 25: Instrumento metodológico para la granulometría del agregado fino. .	109
TABLA N° 26: Instrumento Metodológico Para El Ensayo Especifico Del Agregado.....	110



TABLA N° 27: Instrumento Metodológico Para El Ensayo De Peso Unitario Del Agregado Grueso. .... 110

TABLA N° 28: Instrumento Metodológico Para El Ensayo De Peso Unitario Del Agregado fino. .... 111

TABLA N° 29: Instrumento Metodológico Para El Ensayo De Contenido De Humedad Del Agregado. .... 111

TABLA N° 30: Instrumento Metodológico Para El Ensayo De Resistencia A La Abrasión. .... 112

TABLA N° 31: Instrumento Metodológico Para el Ensayo de Consistencia..... 112

TABLA N° 32: Instrumento Metodológico Para el Ensayo de la Resistencia a la Compresión..... 113

TABLA N° 33: Instrumento Metodológico Para el Ensayo de la Resistencia a la Flexión ..... 114

TABLA N° 34: Cantidad Mínima De Muestra De Agregado Grueso..... 117

TABLA N° 35: Toma de Datos de Granulometría para Agregados Gruesos..... 119

**TABLA N° 36:** Toma de Datos de Granulometría del Agregado Fino - Cantera: Cunyac ..... 122

TABLA N° 37: Toma de Datos de Granulometría del Agregado Fino - Cantera: Huambutio. .... 122

TABLA N° 38: Cantidad Mínima De Muestra Para El Peso Específico Del Agregado Grueso..... 123

TABLA N° 39: Toma de datos del Peso Específico del Agregado Grueso ..... 126

**TABLA N° 40:** Toma de Datos del Peso Específico del Agregado Fino ..... 130

TABLA N° 41: Toma de Datos del Peso Unitario del Agregado Grueso- Cantera: Vicho. .... 135

**TABLA N° 42:** Toma de Datos del Peso Unitario del Agregado Fino - Cantera: Huambutio con Cunyac ..... 137

TABLA N° 43: Toma de Datos del Contenido de Humedad de los Agregados. .... 140

**TABLA N° 44:** Toma de Datos de la Resistencia a la Abrasión o Desgaste del Agregado Grueso..... 143

TABLA N° 45: Toma de datos del ensayo de consistencia..... 145

TABLA N° 46: Toma de Datos del Ensayo a compresión a 7 días..... 148

TABLA N° 47: Toma de Datos del Ensayo a compresión a 28 días..... 149

TABLA N° 48: Toma de Datos del Ensayo a flexión a los 7 días ..... 152





TABLA N° 49: Toma de Datos del Ensayo a flexión a los 28 días. .... 153

**TABLA N° 50:** Toma de Datos: Costo de Materiales para un Concreto Patrón. .... 154

**TABLA N° 51:** Toma de Datos: Costo de Materiales para un Concreto Adicionado con Fibra Sintética..... 155

**TABLA N° 52: Resultado del Análisis Granulométrico del Agregado Grueso- Vicho** ..... 156

TABLA N° 53: Resultado del Análisis Granulométrico del Agregado Fino - Cunyac 158

TABLA N° 54: Resultado del Análisis Granulométrico Agregado Fino- Cantera Huambutio ..... 159

TABLA N° 55: Resultado del Análisis Granulométrico Agregado Fino- Cantera: Huambutio y Cunyac ..... 160

TABLA N° 56: Resultado del Peso Específico del Agregado Grueso ..... 162

TABLA N° 57: Resultados del Peso Específico del Agregado Fino..... 163

TABLA N° 58: Resultados del Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Grueso ..... 165

TABLA N° 59: Resultados del Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Fino ..... 167

TABLA N° 60: Resultados Contenido Humedad Agregado Fino – Huambutio-Cunyac ..... 169

**TABLA N° 61:** Resultados del Contenido de Humedad Agregado Grueso ..... 169

TABLA N° 62: Resultados de la Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso..... 170

TABLA N° 63: Cálculo de la Resistencia Requerida..... 172

TABLA N° 64: Asentamiento por Tipo de Estructuras..... 172

TABLA N° 65: Volumen Unitario del Agua..... 173

TABLA N° 66: Contenido de Aire Atrapado ..... 173

TABLA N° 67: Relación Agua / Cemento ..... 174

TABLA N° 68: Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto..... 175

TABLA N° 69: Pesos de Materiales ya Corregidos por Humedad del Agregado..... 178

TABLA N° 70: Proporción en Peso ..... 178

TABLA N° 71: Tanda de Bolsa..... 179

TABLA N° 72: Revenimiento del Concreto Patrón y concreto con fibra. .... 179

TABLA N° 73: Factores de Corrección Altura/Diámetro ..... 180

TABLA N° 74: Condición Longitud/Diámetro de Muestra de Concreto a los 7 días.. 182

TABLA N° 75: Condición Longitud/Diámetro de Muestra de Concreto a los 28 días 183



TABLA N° 76: Resistencia a Compresión de Briquetas Patrón ..... 184

TABLA N° 77: Resistencia a Compresión de Briquetas con Dosificación 300gr/m3 . 185

TABLA N° 78: Resistencia a Compresión de Briquetas con Dosificación 600gr/m3 . 187

TABLA N° 79: Resistencia a Compresión de Briquetas con Dosificación 900gr/m3 . 188

TABLA N° 80: Calculo de la Resistencia al Módulo de Rotura a los 7 y 28 días del Concreto Patrón ..... 191

TABLA N° 81: Calculo de la Resistencia al Módulo de Rotura a los 7 y 28 días del Concreto adicionado con fibra sintética en 300gr/m3 ..... 193

TABLA N° 82: Calculo de la Resistencia al Módulo de Rotura a los 7 y 28 días del Concreto adicionado con fibra sintética en 600gr/m3. .... 195

TABLA N° 83: Calculo de la Resistencia al Módulo de Rotura a los 7 y 28 días del Concreto adicionado con fibra sintética en 900gr/m3 ..... 197

TABLA N° 84: Análisis de Costo de Materiales para un Concreto Patrón..... 200

TABLA N° 85: Análisis de Costo de Materiales para un Concreto con 300gr/m3 de Fibra Sintética Mejorada ..... 200

TABLA N° 86: Análisis de Costo de Materiales para un Concreto con 600gr/m3 de Fibra Sintética Mejorada ..... 200

TABLA N° 87: Análisis de Costo de Materiales para un Concreto con 900gr/m3 de Fibra Sintética Mejorada ..... 201

TABLA N° 88: Resultados De Los Ensayos Para El Agregado Grueso. .... 202

TABLA N° 89: Resultados De Los Ensayos Para El Agregado Fino. .... 202

TABLA N° 90: Resultado Del ensayo de consistencia. .... 202

TABLA N° 91: Resultado Del diseño de mezcla. .... 203

TABLA N° 92: Comparación de la Resistencia a la Compresión ..... 203

TABLA N° 93: Porcentaje De Incremento De La Resistencia A los Compresión A Los 7 Días. .... 205

TABLA N° 94: Porcentaje De Incremento De La Resistencia A los Compresión A Los 28 Días. .... 206

TABLA N° 95: Comparación del Módulo de Rotura..... 207

TABLA N° 96: Porcentaje De Incremento Del Módulo De Rotura A Los 7 Días..... 209

TABLA N° 97: Porcentaje De Incremento Del Módulo De Rotura A Los 28 Días..... 210

TABLA N° 98: Evaluación de Costos ..... 211

TABLA N° 99: Matriz De Consistencia De La Tesis. .... 238



---

ÍNDICE DE FIGURAS

---

FIGURA N° 01: Fisuras En Veredas De La Zona De Huayruopata. .... 1

FIGURA N° 02: Fisura De Losas En La Azotea. .... 2

FIGURA N° 3: Ubicación Geográfica. .... 6

FIGURA N° 04: Esquema Típico De La Estructura Del Concreto Endurecido..... 26

FIGURA N° 05: Equipos Del Ensayo De Consistencia. .... 29

FIGURA N° 06: Prueba De Revenimiento – Slump. .... 30

FIGURA N° 07: Clases De Mezcla Según Su Asentamiento..... 30

FIGURA N° 08: Esquema de segregación. .... 31

FIGURA N° 09: Esquema de exudación. .... 33

FIGURA N° 10: Cemento Yura IP ..... 45

FIGURA N° 11: Agregado Grueso..... 50

FIGURA N° 12: Agregado Fino. .... 54

FIGURA N° 13: Estados De Saturación Del Agregado ..... 57

FIGURA N° 14: Fibra Sikafiber® Pe Mejorada..... 70

FIGURA N° 15: Especímenes Cilíndricos. .... 88

FIGURA N° 16: Proceso De Apisonado. .... 89

FIGURA N° 17: Especímenes De Vigueta..... 91

FIGURA N° 18: Curado De Especímenes..... 92

FIGURA N° 19: Ensayo De Resistencia A La Compresión..... 94

FIGURA N° 20: Ensayo A Flexión. .... 97

FIGURA N° 21: Detalles Del Ensayo A Compresión..... 98

FIGURA N° 22:Cuarteo del Agregado Grueso. .... 117

FIGURA N° 23: Tamizado de Agregado Grueso. .... 118

FIGURA N° 24: Muestra Tamizada. .... 118

FIGURA N° 25: Cuarteo del Agregado Fino ..... 120

FIGURA N° 26: Tamizado de Agregado Fino ..... 120

FIGURA N° 27: Muestra Tamizada del Agregado Fino- Huambutio..... 121

FIGURA N° 28: Muestra Tamizada del Agregado Fino-Cunyac..... 121

FIGURA N° 29: Secado del Material ..... 124

FIGURA N° 30: Material En Estado Saturado Superficialmente Seco..... 124

FIGURA N° 31: Muestra Pesada en el Cestillo..... 125



FIGURA N° 32: Secado del Material en el Horno ..... 125

FIGURA N° 33: Peso del Picnómetro ..... 127

FIGURA N° 34: Saturación de la Muestra ..... 127

FIGURA N° 35: Secado Superficial de la Muestra ..... 128

FIGURA N° 36: Apisonado en el Cono de Absorción..... 128

FIGURA N° 37: Pesado de la Muestra. .... 129

FIGURA N° 38: Llenado del picnómetro con agua. .... 129

**FIGURA N° 39: Muestra Secada Al Horno ..... 130**

FIGURA N° 40: Peso de Material más molde..... 131

FIGURA N° 41: Caída del Agregado ..... 132

FIGURA N° 42: Peso del Material Suelto..... 132

FIGURA N° 43: Enrasado del Material Compactado. .... 133

FIGURA N° 44: Enrasado De Molde. .... 134

FIGURA N° 45: Peso Del Molde Más El Material ..... 134

FIGURA N° 46: Colocado y Enrasado del Material suelto..... 136

FIGURA N° 47: Pesó Del Molde Con El Agregado Fino Peso Unitario Suelto..... 136

FIGURA N° 48: Compactado y Pesado del Material Suelto en el Molde..... 137

FIGURA N° 49: Pesaje de los Recipientes..... 138

FIGURA N° 50: Pesaje de la Muestra Húmeda ..... 139

FIGURA N° 51: Secado de la muestra ..... 139

FIGURA N° 52: Pesaje Final de la Muestra..... 140

FIGURA N° 53: Tamizado de Material..... 141

FIGURA N° 54: Colocación de la Muestra en la Máquina de los Ángeles..... 142

FIGURA N° 55: Vertimiento del Concreto. .... 144

FIGURA N° 56: Proceso de Desmolde. .... 144

FIGURA N° 57: Toma de Medidas de las Briquetas..... 146

FIGURA N° 58: Colocado de la Muestra en la Maquina Compresora. .... 147

FIGURA N° 59: Rotura de Briqueta..... 147

FIGURA N° 60: Toma de Datos de las Viguetas. .... 150

FIGURA N° 61: Colocado de la Vigueta en la Maquina Compresora ..... 151

FIGURA N° 62: Desecho de las Viguetas después de ser Ensayadas. .... 151

FIGURA N° 63: curva granulométrica del agregado grueso..... 156

FIGURA N° 64: Curva Granulométrica Del Agregado Fino-Cunyac..... 158

FIGURA N° 65: Curva Granulométrica Del Agregado Fino-Huambutio..... 159



FIGURA N° 66: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO CUNYAC-HUAMBUTIO. .... 160

FIGURA N° 67: slump del concreto patrón vs en concreto con fibra. .... 180

FIGURA N° 68: resistencia a la compresión de briquetas patrón a los 7 días. .... 184

FIGURA N° 69: Resistencia A La Compresión A La Compresión De Dosificación 300 Gr/M3 A Los 7 Días. .... 186

FIGURA N° 70: Resistencia A La Compresión A La Compresión De Dosificación 300 Gr/M3 A Los 28 Días. .... 186

FIGURA N° 71: Resistencia A La Compresión A La Compresión De Dosificación 600 Gr/M3 A Los 7 Días. .... 187

FIGURA N° 72: Resistencia A La Compresión A La Compresión De Dosificación 600 Gr/M3 A Los 28 Días. .... 188

FIGURA N° 73: Resistencia A La Compresión A La Compresión De Dosificación 900 Gr/M3 A Los 7 Días. .... 189

FIGURA N° 74: Resistencia A La Compresión A La Compresión De Dosificación 900 Gr/M3 A Los 28 Días. .... 189

FIGURA N° 75: módulo de rotura del concreto patrón a los 7 días..... 192

FIGURA N° 76: módulo de rotura del concreto patrón a los 28 días..... 192

FIGURA N° 77: módulo de rotura del concreto dosificación 300 gr/m3 a los 7 días.. 194

FIGURA N° 78: módulo de rotura del concreto dosificación 300 gr/m3 a los 28 días.194

FIGURA N° 79: Módulo de rotura del concreto de una dosificación de 300gr/m3. A los 7 días..... 196

FIGURA N° 80:módulo de rotura del concreto de una dosificación 600 gr/m3 a los 28 días ..... 196

FIGURA N° 81: módulo de rotura del concreto dosificación 900 gr/m3 a los 7 días. 198

FIGURA N° 82: módulo de rotura del concreto dosificación 900 gr/m3 a los 28 días198

FIGURA N° 83: resumen de los valores de resistencia a compresión a los 7 y 28 dias ..... 204

FIGURA N° 84: resistencia a la compresión a los 7 días de todas las muestras. .... 204

FIGURA N° 85: resistencia a la compresión a los 28 días de todas las muestras. .... 205

FIGURA N° 86: Porcentaje De Incremento De La Resistencia A los Compresión A Los 7 Días. .... 206

FIGURA N° 87: Porcentaje De Incremento De La Resistencia A los Compresión A Los 28 Días. .... 206



FIGURA N° 88: resumen de los valores del módulo de rotura. .... 207

FIGURA N° 89: módulo de rotura a los 7 días de todas las muestras..... 208

FIGURA N° 90: Modulo de rotura a los 28 días de todas las muestras ..... 208

FIGURA N° 91: Porcentaje de incremento de módulo de rotura A los 7 días ..... 209

FIGURA N° 92: Porcentaje de incremento de módulo de rotura A los 28 días ..... 210

FIGURA N° 93: Costos De Concreto..... 211

FIGURA N° 94: Muestre Del Agregado. .... 227

FIGURA N° 95: Granulometría De Agregados..... 227

FIGURA N° 96: Pesaje Del Agregado Grueso en los ensayos..... 228

FIGURA N° 97: Ensayo De Consistencia. .... 228

FIGURA N° 98: engrasado con petróleo de moldes..... 229

FIGURA N° 99: Pesaje De Los Agregados..... 229

FIGURA N° 100: Colocado De Fibra En La Mezcladora. .... 229

FIGURA N° 101: Vaciado De Briquetas Y Viguetas..... 230

FIGURA N° 102: Varillado De Briquetas De Concreto..... 230

FIGURA N° 103: Viguetas Patrón De Concreto Vaciadas. .... 231

FIGURA N° 104: Desencofrado De Viguetas Y Briquetas..... 231

FIGURA N° 105: Vaciado De Briquetas Y Viguetas De Concreto Con Dosificación De 300gr/M3. .... 232

FIGURA N° 106: CURADO DE BRIQUETAS. .... 232

FIGURA N° 107: Curado De Briquetas De Concreto..... 232

FIGURA N° 108: Viguetas De Concreto  $F'c=210\text{kg/Cm}^2$  De Resistencia A Los 28 Días. .... 233

FIGURA N° 109: Briquetas De Concreto  $F'c=210\text{kg/Cm}^2$  De Resistencia A Los 28 Días. .... 233

FIGURA N° 110: Toma De Medidas De Las Briquetas De Concreto ..... 233

FIGURA N° 111: Toma De Medidas De Las Viguetas De Concreto. .... 234

FIGURA N° 112: Ensayo A Compresión De Las Briquetas Patrón..... 234

FIGURA N° 113: Rotura De Viguetas Acompañado De Nuestro Asesor MGT. ING. VICTOR CHACON SANCHEZ. .... 235

FIGURA N° 114: Rotura De Viguetas De Concreto Patrón..... 235

FIGURA N° 115: Viguetas De Concreto Después De Haber Sido Sometidas A Carga Axial..... 236



FIGURA N° 116: Briquetas Rotas Del Concreto Patrón Y Con Fibra Sintética  
Sikafiber..... 237

---

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

### 1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en la ciudad del Cusco, se realizan obras de infraestructuras hechas por el gobierno, por entidades privadas o por personas naturales; las cuales no cuentan con suficientes estudios sobre el comportamiento de un concreto adicionado con fibra SikaFiber® PE mejorada, ya que el tema no está muy difundido.

La fisuración de losas de concreto, esencialmente hemos observado por la ciudad del Cusco que lugares de bastante tránsito peatonal en veredas y mal uso de estas, en zonas comerciales se puede ver fisuraciones y grietas como podemos observar en la FIGURA N° 01: Fisuras En Veredas De La Zona De Huayruropata.

**FIGURA N° 01:** Fisuras En Veredas De La Zona De Huayruropata.



**FUENTE:** Propia

Para evitar rajaduras a temprana edad, no tener que estar reparando las fisuras y generando gastos inadecuados como podemos observar en la FIGURA N° 02: Fisura De Losas En La Azotea.



**FIGURA N° 02:** Fisura De Losas En La Azotea.

**FUENTE:** Artículo de la Asociación Colombiana de Productores de Concreto (Asocreto)

## 1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1.2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el Análisis comparativo de las características mecánicas a compresión, flexión y costos de materiales de un concreto patrón y otro adicionado con fibra sintética mejorada SikaFiber® PE en dosificaciones 300gr/m<sup>3</sup>, 600gr/m<sup>3</sup>, 900gr/m<sup>3</sup> elaboradas con agregados proveniente de las canteras Cunyac y Vicho?

### 1.1.2.2. FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS

#### ➤ FORMULACIÓN INTERROGATIVA N°1

¿Cuál es la variación de la resistencia a compresión del concreto elaborado con el agregado proveniente de las canteras Cunyac y Vicho al adicionar fibra sintética mejorada Sika?

#### ➤ FORMULACIÓN INTERROGATIVA N°2

¿Cuál es la variación de la resistencia a la flexión del concreto elaborado con el agregado proveniente de las canteras Cunyac y Vicho al adicionar fibra sintética Sika?



➤ **FORMULACIÓN INTERROGATIVA N°3**

¿Cuál es la variación del revenimiento del concreto a diferentes dosificaciones elaborado con el agregado proveniente de la cantera Cunyac y Vicho al adicionar fibra sintética mejorada?

➤ **FORMULACIÓN INTERROGATIVA N°4**

¿Cómo varía el costo de materiales en un concreto con fibra sintética mejorada y un concreto patrón?

➤ **FORMULACIÓN INTERROGATIVA N°5**

¿Cuál será la dosificación de fibra sintética mejorada Sika optima que nos permite alcanzar la mayor resistencia a compresión, flexión y costo adecuado de los materiales?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

La presente investigación es técnica, por la aplicación de las normas técnicas peruanas para determinar los ensayos de calidad de los agregados (fino y grueso), granulometría NTP 400.012, 400.037, peso unitario NTP 400.017, peso específico NTP 400.022, 400.02, contenido de humedad, Resistencia a la Abrasión ASTM C-131. Normas ASTM C 1116 Especificación estándar para Concreto reforzado con fibras. Asimismo, diseño de mezcla según el método de ACI 211. Para la calidad del concreto se realizó los ensayos de resistencia a compresión y flexión, la NTP 339.079 se utilizó para determinar la Resistencia a la Flexión del Concreto en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro del tramo en muestras prismáticas rectangulares, NTP 339.034 para la determinación de la Resistencia a la Compresión del Concreto en muestras cilíndricas.

El presente estudio de investigación pertenece a la rama de Construcciones, especialidad de Tecnología del Concreto, por lo que nos otorga agregar más los conocimientos de dicha especialidad.

### 1.2.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

- ✓ El trabajo de investigación beneficia las futuras investigaciones o consultas de nuestros compañeros de la escuela profesional Ingeniería Civil y demás investigadores sobre temas afines.
- ✓ La presente investigación fue realizada para contribuir al conocimiento del empleo de un material innovador, para ser usado en nuestro medio, su uso estaría en la adición para pavimentos de la ciudad del Cusco. En consecuencia, mejoraría la transitabilidad de vehículos y peatones, generando un impacto social positivo, al mejorar el flujo vehicular reduciendo los tiempos en desplazamiento que se ven alteradas por una estructura dañada.
- ✓ Para la sociedad es de gran ayuda ya que se buscó que las construcciones de la ciudad del cusco posean una mayor resistencia y tiempo de durabilidad, un mejor comportamiento sísmico, un mayor comportamiento ante cargas puntuales con un concreto adicionado con fibra sintética mejorada Sika.

### 1.2.3. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD

La investigación propuesta es viable puesto que como investigadores contamos con los recursos necesarios para realizar la tesis como:

- Los equipos que se utilizan están a disposición y accesibles a la investigación, estas son los equipos de laboratorio de concreto y asfalto de la Universidad Andina del Cusco.
- Los Materiales que se encuentran en nuestro medio y están al alcance de la población.
- Los costos son accesibles para el financiamiento de la investigación.
- Contamos con los antecedentes de investigación en los cuales se realizan este tipo de ensayos con buenos resultados.
- Contamos con la Norma Técnica Peruana para realizar los ensayos.



#### **1.2.4. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA**

La presente investigación será de vital importancia debido a que afianzará los conocimientos sobre la utilización de fibras en el concreto que nos permitirá conocer valores del esfuerzo a compresión, módulo de rotura y costo de material.

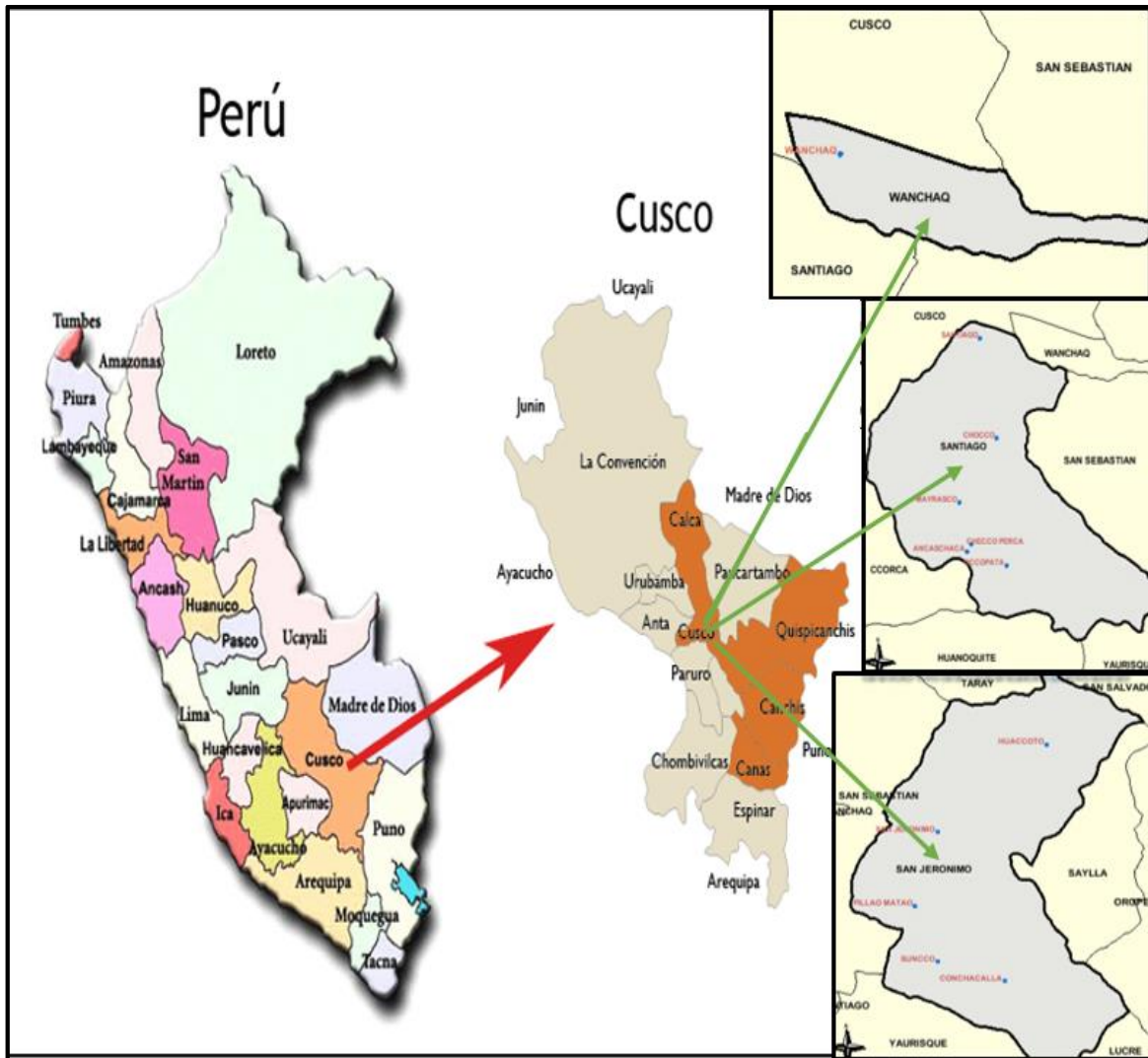
Es importante para la universidad y los estudiantes, porque permitirá tener más estudios de investigación, los cuales ayuden a la población cusqueña a saber cómo obtener una mejor resistencia en losas y lugares de estacionamiento, que controlen al concreto en el estado plástico y endurecido.

### **1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. LIMITACIONES GEOGRÁFICAS**

- ✓ La investigación es aplicativa específicamente en la ciudad del Cusco, departamento del Cusco.
- ✓ Se limita a realizar los ensayos de los agregados en el laboratorio particular de concreto “CORPORACIÓN AYAR” del Distrito De Wanchaq, Departamento Cusco.
- ✓ Se limita a realizar los testigos y el curado de ellos en Distrito Santiago, Provincia Cusco, Departamento del Cusco.
- ✓ Se limita realizar las pruebas de compresión y flexión en el laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco.

FIGURA N° 3: Ubicación Geográfica.



FUENTE: Mapa del Perú - sus Departamentos y Ciudades escrito Por Arleco producciones

### 1.3.2. LIMITACIONES DE MATERIALES

- ✓ Se limita a trabajar con agregado grueso de la cantera de Vicho, distrito de San Salvador, provincia de Calca, departamento del Cusco.
- ✓ Se limita a trabajar con agregado fino (arena gruesa) de la cantera de Huambutio, distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi, departamento del Cusco.
- ✓ Se limita a trabajar con agregado fino (arena fina) de la cantera de Cunyac, distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.
- ✓ Se limita el uso de cemento Portland puzolámico Tipo IP marca Yura.
- ✓ Se limita a trabajar con agua potable de la ciudad del Cusco de la empresa Seda Cusco.



- ✓ Se limita a trabajar con fibra sintética mejorada “**SikaFiber® PE**” de la marca “Sika”, y la adición de esta en el concreto luego de ser desembolsada.

### 1.3.3. LIMITACIONES DEL CONCRETO

- ✓ Se limita a trabajar con una resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Se limita al uso del diseño del comité 211 – ACI
- ✓ Se limita a trabajar con una mezcla plástica de slump 3” - 4”.
- ✓ Se limita a trabajar con las dosificaciones de la fibra sintética mejorada “**SikaFiber® PE**” de 300gr/m<sup>3</sup>, 600gr/m<sup>3</sup> y 900gr/m<sup>3</sup>.
- ✓ Se limita a la evaluación de los 7 días y 28 días de edad de curado.
- ✓ Se limita a trabajar el análisis de costos de materiales del concreto.

### 1.3.4. LIMITACIONES DE LOS ENSAYOS

- ✓ Se limita evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados:
  - Granulometría de los agregados (agregado fino y grueso)
  - Gravedad específica y absorción (agregado fino y grueso)
  - Peso unitario (agregado fino y grueso)
  - Resistencia a la abrasión (agregado grueso).
  - Contenido de humedad (agregado fino y grueso)
- ✓ Se limita a trabajar con briquetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de alto.
- ✓ Se limita a trabajar con viguetas de 15 cm de ancho por 15 cm de largo y una longitud de 50 cm.
- ✓ Se limita a evaluar la resistencia a compresión y flexión del concreto a través de briquetas y viguetas respectivamente.

Limitación de tiempo: La elaboración de muestras (viguetas y briquetas) y ensayos de los agregados de esta investigación, se realizó en el mes de junio y julio del año 2017, la toma de datos se realizó en el mes de agosto y setiembre del año 2017.



## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar comparativamente las características mecánicas a compresión, flexión y costos de materiales de un concreto patrón y otro adicionado con fibra sintética mejorada SikaFiber® PE en dosificaciones 300gr/m<sup>3</sup>, 600gr/m<sup>3</sup>, 900gr/m<sup>3</sup> elaboradas con agregados proveniente de las canteras Cunyac y Vicho, a los 7 y 28 días.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

➤ **OBJETIVO ESPECIFICO N°1:**

Determinar la variación de la resistencia a compresión del concreto elaborado con el agregado proveniente de la cantera Cunyac y Vicho al adicionar fibra sintética mejorada Sika.

➤ **OBJETIVO ESPECIFICO N°2:**

Determinar la variación de la resistencia a la flexión del concreto elaborado con el agregado proveniente de las canteras Cunyac y Vicho al adicionar fibra sintética.

➤ **OBJETIVO ESPECIFICO N°3:**

Determinar la variación del revenimiento del concreto a diferentes dosificaciones elaborado con el agregado proveniente de la cantera Cunyac y Vicho al adicionar fibra sintética mejorada.

➤ **OBJETIVO ESPECIFICO N°4:**

Evaluar los costos de materiales de un concreto con fibra sintética mejorada y un concreto patrón.

➤ **OBJETIVO ESPECIFICO N°5:**

Determinar la dosificación óptima de fibra sintética mejorada, para lograr una mayor resistencia a compresión, flexión. Y un costo adecuado de los materiales.



## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Las características mecánicas a compresión, flexión y costos de materiales de un concreto adicionado con fibra sintética mejorada SikaFiber® PE, elaboradas con agregados proveniente de las canteras Cunyac y Vicho, aumenta significativamente respecto a un concreto patrón.

### **1.5.2. SUB HIPÓTESIS**

➤ **SUB HIPÓTESIS N°1:**

La resistencia a compresión del concreto elaborado con el agregado proveniente de las canteras Cunyac y Vicho adicionado con fibra sintética mejorada Sika varía directamente proporcional a la dosificación de fibra sintética empleada.

➤ **SUB HIPÓTESIS N°2:**

La resistencia a la flexión del concreto elaborado con el agregado proveniente de las canteras Cunyac y Vicho adicionado con fibra sintética mejorada varía directamente proporcional a la dosificación de fibra sintética empleada.

➤ **SUB HIPÓTESIS N°3:**

El revenimiento del concreto a las diferentes dosificaciones elaboradas con agregados proveniente de la cantera Cunyac y Vicho al adicionar fibra sintética mejorada varía entre 3" y 4" de slump.

➤ **SUB HIPÓTESIS N°4:**

El concreto con fibra sintética mejorada incrementa el costo de materiales con referencia al concreto patrón.

➤ **SUB HIPÓTESIS N°5:**

La dosificación de 600gr/m<sup>3</sup> de fibra sintética mejorada nos permite alcanzar la mayor resistencia a compresión, flexión y tiene un costo adecuado de materiales.





## 1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES

### 1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

#### *X1: Fibra sintética*

Es de origen sintético está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados, que presenta gran finura y buena flexibilidad.

#### *X2: Agregados de la cantera Cunyac y Vicho.*

Material granular desagregado natural o artificialmente proveniente de una roca madre la cual se puede encontrar en diversos tamaños, estandarizados en la Norma Técnica Peruana.

#### *X3: Cemento Portland*

Es un material activo que reacciona con el agua el cual da propiedades de cohesión, adherencia. Se endurece y produce compuestos mecánicamente resistentes.

#### *X4: Agua*

Es un componente del concreto que ayuda en la reacción con el cemento para hidratarlo, trabaje como lubricante y éste debe ser agua potable de consumo humano sin sustancias ácidas.

### 1.6.1.1. INDICADORES DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

- **Indicador de la variable X1;**
  - Densidad (Kg/L)
  - Tamaño (mm)
  - Módulo de elasticidad (Kg/Cm<sup>2</sup>)
  - Dosificación (gr/m<sup>3</sup>)
- **Indicador de la variable X2;**
  - granulometría de los agregados (% de peso retenido)
  - módulo de fineza
  - peso específico (gr/cm<sup>3</sup>)
  - peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)
  - resistencia a la abrasión. (% de desgaste)



- **Indicador de la variable X3;**
  - Cantidad de bolsas y peso en kg
- **Indicador de la variable X4;**
  - Peso del agua en Litros.

### 1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES

#### ***Y1; Resistencia a compresión.***

Resistencia al aplastamiento por una fuerza perpendicular a la superficie estudiada.

#### ***Y2; Resistencia a la flexión.***

Es la resistencia del area del eje transversal a la acción de una fuerza. Teniendo la tensión máxima en el centro de la viga. Con cargas en los tercios de la luz.

#### ***Y3; Revenimiento***

Es un comportamiento del concreto fresco que sirve, como se indica es determinar la altura de revenimiento del concreto fresco al retirar el Cono de Abrahams.

#### ***Y4; Costos de materiales***

Actividad económica destinada para los materiales de la producción del concreto.

#### ***Y5; Dosificación***

Proporciones de fibra sintética mejorada por metro cúbico en el concreto.

#### ***Y6; Concreto adicionado con fibra***

Es el concreto patrón mas fibra sintetica mejorada en diferentes dosificaciones, en el proceso de fabricación de briquetas y viguetas.

### 1.6.2.1. INDICADORES DE VARIABLES DEPENDIENTES

- **Indicador de la variable Y1;**
  - Esfuerzo a compresión es la  $F/A$  (kg/cm<sup>2</sup>)
- **Indicador de la variable Y2;**
  - Módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)
- **Indicador de la variable Y3;**
  - Altura de tope de cono a revenimiento de concreto (slump) en pulg.
- **Indicador de la variable Y4;**
  - Costo de materiales (soles/m<sup>3</sup>)



- **Indicador de la variable Y5;**
  - Cantidad de fibra (gr/m<sup>3</sup>)
- **Indicador de la variable Y6;**
  - Cantidad de cemento (kg)
  - Agregado grueso (kg)
  - Agregado fino (kg)
  - Agua (lts)
  - Cantidad de fibra sintética mejorada (gr)



Variable	Descripción De La Variable	Niveles	Indicadores	Instrumentos
<b>Variable Dependiente</b>				
Y1: resistencia a compresión.	Resistencia al aplastamiento por una fuerza perpendicular a la superficie estudiada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 7 días</li> <li>✓ 28 días</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Esfuerzo a compresión es la F/A (kg/cm<sup>2</sup>)</li> </ul>	NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
Y2: resistencia a flexión.	Es la resistencia del área del eje transversal a la acción de una fuerza. Teniendo la tensión máxima en el centro de la viga. Con cargas en los tercios de la luz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 7 días</li> <li>✓ 28 días</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)</li> </ul>	NTP 339.078 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.
Y3; revenimiento	Es un comportamiento del concreto fresco que sirve, como se indica es determinar la altura de revenimiento del concreto fresco al retirar el cono de abrahams.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 3"</li> <li>✓ 4"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Altura de tope de cono a revenimiento de concreto (slump) en pulg.</li> </ul>	NTP 339.035 y ASTM C 143 "Standard test method for slump of portland cement concrete ." (Método estándar para la prueba de revenimiento en el concreto de cemento Portland).
Y4; Costos de materiales	Actividad económica destinada para los materiales de la producción del concreto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No significativo</li> <li>✓ Moderado</li> <li>✓ significativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Costo de materiales (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>).</li> </ul>	Hojas Excel Libro Cámara Peruana de construcción
Y5; dosificación optima de fibra sintética mejorada Sika	Proporciones de fibra sintética mejorada por metro cubico en el concreto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 300 gr/m<sup>3</sup></li> <li>✓ 600 gr/m<sup>3</sup></li> <li>✓ 900 gr/m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de fibra (gr/m<sup>3</sup>)</li> </ul>	Hojas Excel Ficha técnica de SikaFiber <sup>®</sup> pe Fibra sintética, para el refuerzo del concreto.
Y6; concreto adicionado con fibra	Es el concreto patron mas fibra sintetica mejorada en diferentes dosificaciones, en el proceso de fabricación de briquetas y viguetas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 300 gr/m<sup>3</sup></li> <li>✓ 600 gr/m<sup>3</sup></li> <li>✓ 900 gr/m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cantidad de cemento (kg)</li> <li>✓ Agregado grueso (kg)</li> <li>✓ Agregado fino (kg)</li> <li>✓ Agua (lts)</li> <li>✓ Cantidad de fibra sintética mejorada (gr)</li> </ul>	los concretos a los que se agregado SikaFiber <sup>®</sup> PE cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116.



Variable Independiente				
X1: fibra sintética.	Es de origen sintético está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados, que presenta gran finura y buena flexibilidad.	✓ fibra sintética mejorado SikaFiber® PE.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Densidad (kg/L).</li> <li>➤ Tamaño(mm).</li> <li>➤ Módulo. de elasticidad(kg/cm<sup>2</sup>).</li> <li>➤ Dosificación (gr/m<sup>3</sup>).</li> </ul>	HOJA TÉCNICA SikaFiber® PE Fibra sintética para el refuerzo de concreto.
X2: Agregados de la cantera Cunyac y vicho.	Material granular desagregado natural o artificialmente proveniente de una roca madre la cual se puede encontrar en diversos tamaños, estandarizados en la norma técnica peruana.	✓ Agregado grueso	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ granulometría (% de peso retenido).</li> <li>➤ módulo de fineza.</li> <li>➤ peso específico. (gr/cm<sup>3</sup>)</li> <li>➤ peso unitario (kg/m<sup>3</sup>).</li> <li>➤ resistencia a la abrasión (% de desgaste).</li> </ul>	Para realizar los ensayos de granulometría se usa la norma ASTM C-125, NTP 400.021
		✓ Agregado fino		
X3: cemento Portland	Es un material activo que reacciona con el agua, el cual da propiedades de cohesión, adherencia. Se endurece y produce compuestos mecánicamente resistentes.	✓ Tipo IP	➤ Cantidad de bolsas y peso en kg.	Formatos de evaluación de resistencia a compresión. Norma E.060
X4 : Agua	Es un componente del concreto que ayuda en la reacción con el cemento para hidratarlo, trabaja como lubricante y este debe ser agua potable de consumo humano sin sustancias ácidas.	✓ Volumen de agua	➤ Peso del agua en Litros.	Diseño de mezcla Norma E.060



---

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

---

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA TESIS O INVESTIGACIÓN ACTUAL

#### 2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL

##### 2.1.1.1. ANTECEDENTE 1:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE MICROFIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE UN CONCRETO DE CALIDAD  $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ , ELABORADO CON CEMENTO TIPO HE Y AGREGADOS DE LAS CANTERAS DE CUNYAC Y VICHO.

**AUTOR:**

PINO MOSCOSO, RODRIGO – VALENCIA VARGAS, JAN CHRISTIAN

**LUGAR:**

Cusco – Perú, Tesis de la Facultad de Ingeniería Civil, realizada en la Universidad Andina del Cusco, del año 2016

**RESUMEN:**

La siguiente investigación fue orientada al estudio de las propiedades físico mecánicas del concreto tradicional y la comparación de éste adicionado con microfibra de polipropileno. La microfibra de polipropileno es un material de construcción el cual ayuda a reducir los agrietamientos en las primeras 24 horas después del vaciado, agrietamientos producidos por los cambios de volumen del concreto por la pérdida de agua en la mezcla.

Estas muestras fueron ensayadas en diversas dosificaciones, teniendo así un concreto patrón sin adición de microfibra, concreto adicionado con 250 gramos de microfibra por metro cúbico de concreto, concreto adicionado con 300 gramos de microfibra por metro cúbico de concreto y concreto adicionado con 350 gramos de microfibra por metro cúbico de concreto.

**Conclusión N° 01**

- La evaluación de la resistencia mecánica a esfuerzos de compresión axial, resistencia a la flexión, peso unitario del concreto varía al adicionarse microfibra de polipropileno en las diferentes dosificaciones de microfibra de polipropileno en el concreto.

**Conclusión N° 02**

- Se puede observar que a los 7 días se ha producido un incremento de la resistencia a la compresión en la dosificación de 250gr/m<sup>3</sup> de microfibra de polipropileno en un 11.53% respecto al concreto patrón y a los 28 días la dosificación de 300gr/m<sup>3</sup> de microfibra de polipropileno en un 11.15% con la mayor resistencia a la compresión.

**Conclusión N° 03**

- La adición de microfibra de polipropileno al concreto disminuye el peso específico mínimamente, teniendo la dosificación de 300gr/m<sup>3</sup> de microfibra de polipropileno la que menor incidencia provoco, seguido de la dosificación de 350gr/cm<sup>3</sup> de microfibra de polipropileno, y por último la dosificación de 250gr/m<sup>3</sup> de microfibra de polipropileno.

**2.1.1.2. ANTECEDENTE 2:**

“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN ENTRE UN CONCRETO F’C=210 KG/CM<sup>2</sup> ADICIONADO CON FIBRA DE ACERO Y UN CONCRETO F’C= 210 KG/CM<sup>2</sup> ADICIONADO CON FIBRA DE POLIPROPILENO”

**AUTOR:**

JOEL MOISÉS RENDÓN CAHUANA – YEISON PEDRO ACUNA ESTRADA

**LUGAR:**

Cusco – Perú, Tesis de la Facultad de Ingeniería Civil, realizada en la Universidad Andina del Cusco, del año 2015.

**RESUMEN:**

Esta investigación se realizó con adiciones de fibras de acero de tipo CHO65/35 NB, con porcentajes de 2.7%, 5.4% y 10.9% con respecto al peso del cemento y fibras de polipropileno de tipo PE con porcentajes de 0.08%, 0.16% y 0.33% con respecto al peso del cemento de manera independiente, para ver si con dichos porcentajes de fibras aumenta la resistencia del concreto a compresión y flexión.

Para lo cual se hicieron probetas cilíndricas y prismáticas de concreto, las probetas fueron elaboradas con fibras de acero, fibras de polipropileno y sin fibras, a las cuales se las sometió a los ensayos de compresión y flexión respectivamente.

**Conclusión N° 01**

- Adicionando fibra de acero SikaFiber CHO°65/35 NB es más resistente a compresión en un 7% respecto al concreto adicionado con fibra de polipropileno SikaFiber° PE.

**Conclusión N° 02**

- El concreto adicionado con fibras de acero SikaFiber CHO°65/35 NB es más resistente a flexión en un 4.56% respecto al concreto adicionado con fibra de polipropileno SikaFiber° PE.

**Conclusión N° 03**

- En cuanto a los resultados obtenidos y de forma general se concluye que la adición de fibra de acero SikaFiber CHO°65/35 y la fibra de polipropileno SikaFiber° PE, genera un concreto superior al concreto 210kg/cm<sup>2</sup> en cuanto a sus características mecánicas de compresión y flexión.





## **2.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL**

### **2.1.2.1. ANTECEDENTE 1:**

“ANÁLISIS DE LAS RESISTENCIAS DE LOS CONCRETOS A LOS VEINTIOCHO DÍAS, CON LA INCORPORACIÓN DE LA FIBRA SINTÉTICA SOMETIDOS A COMPRESIÓN PURA”

#### **AUTOR:**

JULIANA EL MOSRI QUIÑONES - IRENE JACKELINE GÓMEZ ESCOBAR

#### **LUGAR:**

Venezuela, Tesis de la Facultad de Ingeniería Civil, realizada en la Universidad Rafael Urdaneta, del año 2016

#### **RESUMEN:**

El objetivo principal de esta investigación es diseñar una mezcla de concreto adicionando fibra sintética. Para estos diseños se realizaron un total de 32 cilindros vibrados y no vibrados, de los cuales a 16 de ellos se le incorporó la fibra sintética a resistencia de 210 y 250 kg/cm<sup>2</sup>, y comparadas con un diseño de mezcla de concreto tradicional con las mismas resistencias, basadas en el manual del concreto fresco y bajo la normativa que rigen estos diseños.

Para determinar la resistencia a la compresión de estos cilindros se utilizó una prensa hidráulica y fueron ensayadas a las edades de 7, 14, 21 y 28 días, llegándose a la conclusión que el comportamiento bajo la acción de cargas a compresión en las probetas cilíndricas es mayor al comportamiento de una mezcla tradicional cuando se le adiciona la fibra sintética a la mezcla de concreto.

#### **Conclusión N° 01**

- Se concluyó que, según los antecedentes de estudios realizados, la fibra sintética reduce los esfuerzos a flexotracción y al impacto.

**Conclusión N° 02**

- En la mayoría de los cilindros realizados con mezcla sin vibras se observó mayor cantidad de espacios vacíos semejantes a las cangrejeras, indicativo de acumulación de aire en la mezcla, caso contrario a los cilindros realizados con mezclas vibradas ya que presentaban buena apariencia físicas.

**Conclusión N° 03**

- Con respecto a la capacidad por cargas, la resistencia de las probetas realizadas con las mezclas vibradas es mayor a la de las probetas sin vibrar, alcanzando por lo menos un 80% de resistencia por diseño a los 7 días.

**2.1.2.2. ANTECEDENTE 2:**

“OPTIMIZACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y POLIPROPILENO EN PISOS INDUSTRIALES, BASADO EN ANÁLISIS EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO”

**AUTOR:**

ALEJANDRO MESA DE LUNA

**LUGAR:**

MÉXICO, TESIS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, REALIZADA EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES, DEL AÑO 2015

**RESUMEN:**

Estudios como los de Alani (2013) y CEMEX (2002) dicen que la función principal de los pisos de concreto en el sector industrial es permitir un adecuado soporte a la aplicación de cargas. De manera similar, afirman que, debido a estas cargas, se acentúa la posibilidad de un agrietamiento del piso. Por esta razón, se han utilizado técnicas como el refuerzo con varillas de acero. Lamentablemente estos refuerzos tienden a ser obsoletos, debido a la necesidad de una protección tridimensional contra la fisuración del concreto y un proceso constructivo en un menor tiempo. El estudio del agrietamiento del concreto ha sido investigado y se ha concluido que la fisuración se presenta cuando existen fuerzas que exceden la resistencia a tensión del concreto. En este contexto, el uso de fibras como

refuerzo se presenta como una solución a este problema. Varios estudios han demostrado que las fibras de acero y polipropileno, se utilizan con tres objetivos principales: reducir el ancho de fisura, alcanzar un comportamiento dúctil tras el agrietamiento; y contribuir a un mejor control, ya que mejora la resistencia residual, ductilidad y características mecánicas del mismo. Sin embargo, es importante considerar que el costo del uso de estos elementos de refuerzo es elevado. Por ello, es necesario un análisis de optimización, que permita lograr eficiente las respuestas mecánicas considerando la interacción piso-suelo. La presente tesis analiza la contribución de las fibras de acero y polipropileno a la respuesta mecánica y el agrietamiento de piso de concreto apoyados en terraplenes de diferentes características mecánicas. Con este objetivo, el estudio contempla análisis experimentales, así como modelaciones por elemento finito y análisis estadístico de optimización. Los resultados muestran una buena capacidad mecánica del piso reforzado con fibras en bajas dosificaciones y espesores de entre 70 y 80 mm, presentando una alta rigidez cuando son apoyados en suelos de arena limosa con 2 % de cemento.

### **Conclusión N° 01**

- De los resultados de caracterización a compresión de elementos cilíndricos normalizados, se encontró que la adición de fibras no implica un incremento significativo de resistencia mecánica y de rigidez (módulo de elasticidad) entre un concreto con y sin fibras. Por su parte, la caracterización a flexión de vigas normalizadas, se encontraron las siguientes tendencias en cuanto a tenacidad:

Los concretos reforzados con fibras de acero con ganchos en sus extremos mostraron el mejor comportamiento pre-fisura y post-fisura, le siguen en soporte los hechos con fibras de acero onduladas y por último las fibras de acero dentadas. En el caso de las fibras de polipropileno, éstas tienen un comportamiento similar en el régimen pre-fisura, pero en el régimen post-fisura el mejor desempeño lo obtuvo el concreto reforzado con la fibra ondulada en comparación con el reforzado con la fibra recta.

### **Conclusión N° 02**

- La forma y longitud de las fibras (p.ej. la relación de aspecto), tanto de acero como sintéticas, tienen influencia en el desarrollo de resistencia a flexión y otras propiedades mecánicas como la ductilidad, ya que la fibra de acero con extremos



con ganchos mostró una mejor adherencia con el concreto, mientras que la fibra de polipropileno tipo recta y polímeros tipo ondulada generaron un mejor desempeño en el concreto.

Por otra parte, se encontró que algunas fibras mostraron un comportamiento a flexión muy desfavorable, como la fibra de acero dentada y la microfibra, en cuyas vigas se obtuvo una fractura súbita que no se generó ninguna resistencia residual.

### **Conclusión N° 03**

- Basados en criterios como la resistencia post-agrietamiento y costo, las fibras que mostraron un mejor desempeño, son la fibra de acero con ganchos en los extremos, con una relación de aspecto de 66.66; por otro lado, la fibra de polipropileno ondulada con una relación de aspecto de 75.75. Estas fibras fueron ensayadas con dosificaciones de 20, 30 y 40 kg/m<sup>3</sup> y 2.125, 4.250 y 6.375 kg/m<sup>3</sup> respectivamente. Acorde con estas dosificaciones, el comportamiento fue similar en su comportamiento mecánico.

En los ensayos de losas apoyadas en diferentes terraplenes, la máxima carga alcanzada en la campaña experimental fue 160 KN. Los resultados mostraron una mayor rigidez en las losas reforzadas con fibras, en comparación con las losas sin fibras, este efecto se repitió en los tres tipos de rigidez de suelo en las cuales fueron ensayadas.

Por otro lado, el terraplén con 2% de cemento aumentó la rigidez de la interacción losa-suelo. Mientras que el terraplén simple (arena limosa) presentó las mayores deformaciones.



## 2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES

### 2.2.1. EL CONCRETO

#### 2.2.1.1. DEFINICIÓN

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. La pasta es el resultado de la combinación química del cemento y el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de este.

(Rivva López , Naturaleza Y Materiales Del Concreto, 2000, pág. 8)

El concreto es el material constituido por la mezcla de ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

De esta definición se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original.

(Pasquel Carbajal , 1993, pág. 11)

Según los conceptos anteriores, en esta tesis se definirá que el concreto es una mezcla heterogénea que contiene en diferentes proporciones: cemento, agua, agregado fino, agregado grueso y aire, incrementando aditivos, fibra y adicionales, en algunos casos se incorpora intencionalmente aire, todos los incrementos en el concreto es para mejorar las propiedades del concreto en estado plástico y endurecido.

### 2.2.2. TIPOS DE CONCRETO

Según Abanto Castillo, Tecnología Del Concreto, (2000), referente a los tipos de concreto, establece en las págs. 12 y 13, que:

#### **2.2.2.1. CONCRETO SIMPLE**

“Es una mezcla de cemento Portland, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta.

Cemento + A. Fino + A. Grueso + Agua = Concreto Simple”

#### **2.2.2.2. CONCRETO ARMANDO**

“Se denomina así al concreto simple cuando este lleva armadura de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar los esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto.

Concreto simple + Armaduras = Concreto Armado”

#### **2.2.2.3. CONCRETO ESTRUCTURAL**

“Se denomina concreto estructural así al concreto simple, cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima pre-establecida en el diseño y una durabilidad adecuada.”

#### **2.2.2.4. CONCRETO CICLOPEO**

“Se denomina así al concreto simple que está completando con piedras desplazadoras de tamaño máximo de 10”, cubriendo hasta el 30% como máximo, del volumen total. Las piedras deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable de que cada piedra, en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple.

Concreto Simple + Piedra desplazadora = Concreto Ciclópeo.”

### **2.2.3. IMPORTANCIA DEL CONCRETO**

El concreto tiene un uso extremo como material de construcción debido a sus muchas características favorables. Una de las más importantes es una alta relación resistencia-costo en muchas aplicaciones. Otra es que el concreto, mientras está plástico, puede colocarse con facilidad dentro de formas o cimbras a temperaturas normales



Para producir casi cualquier forma. La cara expuesta puede trabajarse a superficie dura, lisa o áspera, capaz de soportar el efecto del desgaste por el tráfico de camiones o aviones o puede tratarse para crear los efectos arquitectónicos deseados. Además, el concreto tiene una alta resistencia al fuego y a la penetración del agua.

El concreto reforzado o armado, posee muchas de las mejores propiedades de cada uno. Tiene aplicación en una gran variedad de construcciones, como estructuras para edificios, pisos y entresijos, techos y muros, puentes, pavimentos, pilotes, presas y tanques.

(Merrit , Loftin, & Ricketts, 1982, pág. 8.1)

Según lo ya mencionado, concretamos que la importancia del concreto es la forma de adaptarse a múltiples formas lo cual hace que sea utilizado en diferentes áreas de la construcción. Además, es resistente al fuego, resistente a la congelación, al agua, al desgaste y económico es lo que lo convierte en un producto líder, ya que no se ve afectado por las altas temperaturas, intensas lluvias, frío o granizo. Esto da lugar a que sea utilizado en todas las partes del mundo.

#### **2.2.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO**

Las características del concreto de cemento portland pueden variarse en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque esté débil en otras.

Por ejemplo, el concreto para una estructura de un edificio debe poseer alta resistencia a la compresión, mientras que el concreto para una cortina de presa debe ser durable y hermético y la resistencia relativa puede ser pequeña. El rendimiento del concreto en servicio depende de ambas propiedades, las del estado plástico y las del estado endurecido.

(Merrit , Loftin, & Ricketts, 1982, pág. 8.1)

Las propiedades más importantes del concreto al estado no endurecido incluyen la trabajabilidad, consistencia, fluidez, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación, y peso unitario.



Las propiedades mas importantes del concreto al estado endurecido incluyen las resistencias mecánicas, durabilidad, propiedades elásticas, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas, acústicas, y aprariencia.

(Rivva López , Naturaleza Y Materiales Del Concreto, 2000, pág. 22)

#### **2.2.4.1. ESTRUCTURA INTERNA DEL CONCRETO**

En la FIGURA N° 04, se puede apreciar el esquema típico de la estructura interna del concreto endurecido, que consiste en el aglomerante, estructura básica o matriz, constituida por la pasta de cemento y agua, que aglutina a los agregados gruesos, finos, aire y vacíos, estableciendo un comportamiento resistente debido en gran parte a la capacidad de la pasta para adherirse a los agregados y soportar esfuerzos de tracción y compresión, así como a un efecto puramente mecánico propiciado por el acomodo de las partículas inertes y sus características propias.

Una conclusión inmediata que se desprende del esquema mencionado, es que la estructura del concreto no es homogénea, y en consecuencia no es isotrópica, es decir no mantiene las mismas propiedades en diferentes direcciones.

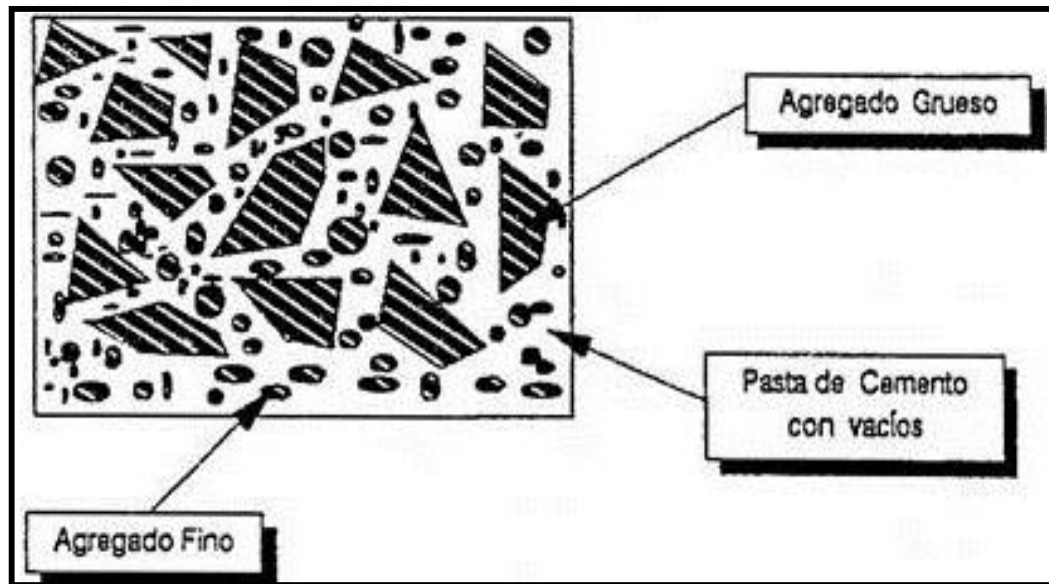
Esto se debe principalmente a los diferentes materiales que intervienen, su variabilidad individual, así como al proceso mismo de elaboración, en que durante la etapa en que la pasta es plástica, se posibilita el acomodo aleatorio de los diferentes componentes hasta su ubicación definitiva al endurecer.

Un aspecto sumamente importante en la estructura del concreto endurecido reside en la porosidad o sistema de vacíos. Gran parte del agua que interviene en la mezcla, sólo cumple la función de lubricante en el estado plástico, ubicándose en líneas de flujo y zonas de sedimentación de los sólidos, de manera que al producirse el endurecimiento y evaporarse, quedan los vacíos o poros, que condicionan el comportamiento posterior del concreto para absorber líquidos y su permeabilidad o capacidad de flujo a través de él.

(Pasquel Carbajal , 1993, pág. 129)



FIGURA N° 04: Esquema Típico De La Estructura Del Concreto Endurecido



FUENTE: Tópicos De Tecnología Del Concreto En El Perú – (Pasquel Carbajal , 1993)

#### 2.2.4.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

Las propiedades del concreto fresco son importantes porque afectan la calidad, la apariencia de la estructura terminada y su costo. Los materiales para el concreto deben elegirse no sólo para obtener la resistencia necesaria sino también para producir concreto fresco que pueda transportarse, colocarse, consolidarse y terminarse con facilidad.

Los agregados igualmente afectan mucho a las propiedades del concreto fresco, en primer lugar, por su forma, textura, granulometría y tamaño máximo. Las proporciones de los materiales empleados, así como la relación agua/cemento y la proporción del agregado, son factores importantes que incluyen en las propiedades del concreto fresco. Las propiedades del concreto al estado fresco a determinar son las siguientes: trabajabilidad, consistencia, flujo, contenido de aire, tiempo de fraguado, exudación y peso unitario.

(Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014, pág. 30)

##### 2.2.4.2.1. TRABAJABILIDAD

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia.

(Abanto Castillo, 2000, pág. 47)



El concreto deberá ser lo suficientemente trabajable para que, con los encofrados, cantidad y espaciamiento del refuerzo, procedimiento de colocación, y técnicas de consolidación utilizados, se pueda llenar completamente todos los espacios alrededor del refuerzo y permitir que la masa fluya en las esquinas y contra la superficie de los encofrados a fin de lograr una más homogénea sin una inconveniente separación de los ingredientes, o presencia de aire entrampado, burbujas macroscópicas, o bolsas de agua en el concreto.

(Rivva López , Naturaleza Y Materiales Del Concreto, 2000, pág. 205)

Es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin mediar la aplicación de fuerzas externas. Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación, evaluadas con métodos standard que permiten comparar dichas características entre varios diseños, siendo obvio que se debe buscar obtener los valores mínimos.

Es interesante notar que ambos fenómenos no dependen expresamente del exceso de agua en la mezcla sino del contenido de finos y de las propiedades adherentes de la pasta.

(Pasquel Carbajal , 1993, pág. 135)

#### **2.2.4.2.2. CONSISTENCIA**

La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. La consistencia de una mezcla es función de su contenido de agua, de la granulometría y características físicas del agregado, las que determinan la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia determinar.

Usualmente la consistencia de una mezcla se define por el grado de asentamiento de la misma. Corresponden los menores asentamientos a las mezclas más secas y los mayores a las consistencias fluidas.

(Rivva López , Naturaleza Y Materiales Del Concreto, 2000, págs. 208,209)



La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Así, por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimentos puede ser muy consistente, en tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica.

Los norteamericanos clasifican el concreto por el asentamiento de la mezcla fresca. El método de determinación empleado es el método de determinación empleado es el método del cono de asentamiento (método de cono de abrams) o método de slump, y define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o milímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica.

Por consiguiente, se puede definir al asentamiento como la medida de la diferencia de la altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría.

En la actualidad se acepta una correlación entre la norma alemana y los criterios norteamericanos, considerándose que:

A las consistencias secas corresponden asentamientos de 1" – 2" (25mm a 50mm).

A las consistencias plásticas corresponden asentamientos de 3" – 4" (75mm a 100mm).

A las consistencias fluidas corresponden asentamientos de 6" – 7" (150mm a 175mm).

(Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014, pág. 32)

#### **2.2.4.2.2.1. ENSAYO DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO**

Según Abanto Castillo, Tecnología Del Concreto, 2000, respecto al ensayo de consistencia del concreto estable en las págs. 47,48 y 49 que:

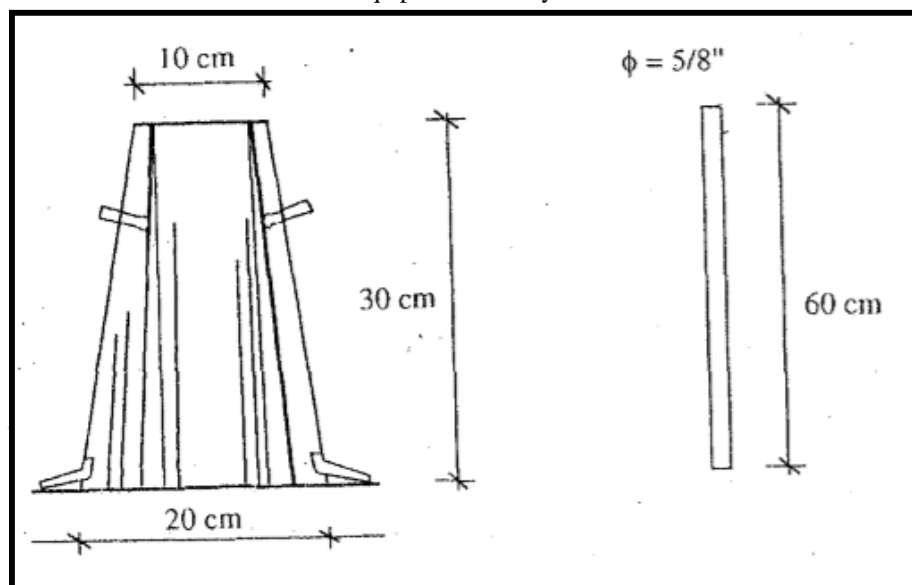
“El ensayo de consistencia, llamado también revenimiento o “slump test”, es utilizada para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Este ensayo está en la NTP 339.035.

El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldeado.

La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido del agua de mezcla.

El equipo necesario consiste en un tronco de cono. Los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20cm y 10cm, la altura del molde es de 30cm. El molde se construye con plancha de acero galvanizado, de espesor mínimo de 1.5 mm. Se utiliza una barra de acero liso de 5/8" de diámetro y 60cm de longitud punta semiesférica.

FIGURA N° 05: Equipos Del Ensayo De Consistencia.



FUENTE: (Abanto Castillo, Tecnología del Concreto, 1998)

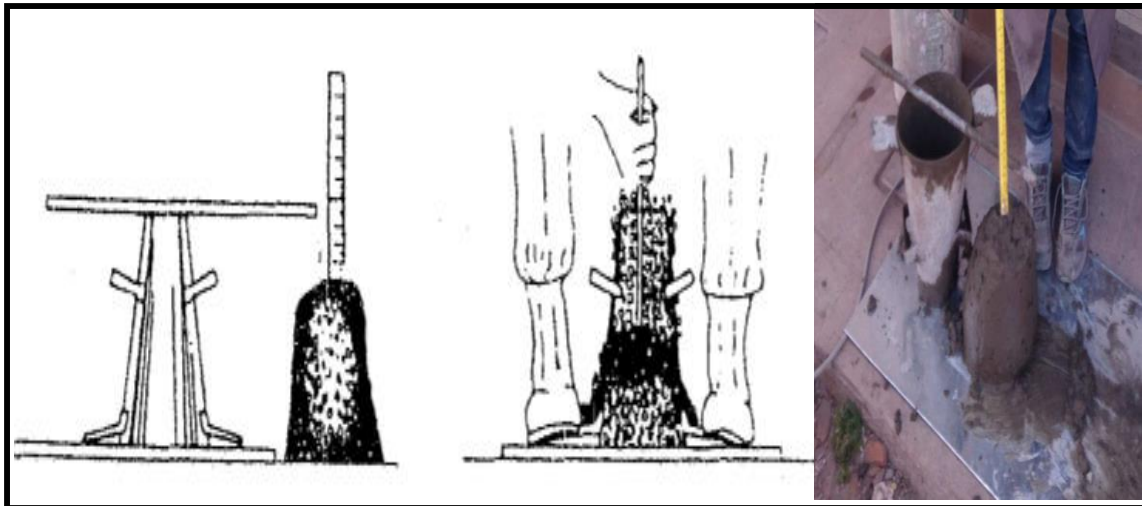
#### Procedimiento:

- ✓ El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuido uniformemente.
- ✓ En seguida se coloca otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.
- ✓ La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical.

✓ El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina slump.

✓ Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.”

FIGURA N° 06: Prueba De Revenimiento – Slump.



FUENTE: (Abanto Castillo, Tecnología del Concreto, 1998)

FIGURA N° 07: Clases De Mezcla Según Su Asentamiento.

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	METODO DE COMPACTACIÓN
Seca	0" a 2"	poco trabajable	vibración normal
Plástica	3" a 4"	trabajable	vibración ligera chuseado
Fluida	> 5"	muy trabajable	chuseado

FUENTE: Tecnología del concreto - (Abanto Castillo, 2000)

### 2.2.4.2.3. SEGREGACIÓN

En una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del agregado grueso del mortero.

Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas cangrejeras, etc.

Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocado son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. La segregación ocurre cuando parte del concreto

se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la “lechada” asciende a la superficie. El excesivo vibrado de la mezcla produce segregación.

(Abanto Castillo, 2000, pág. 50)

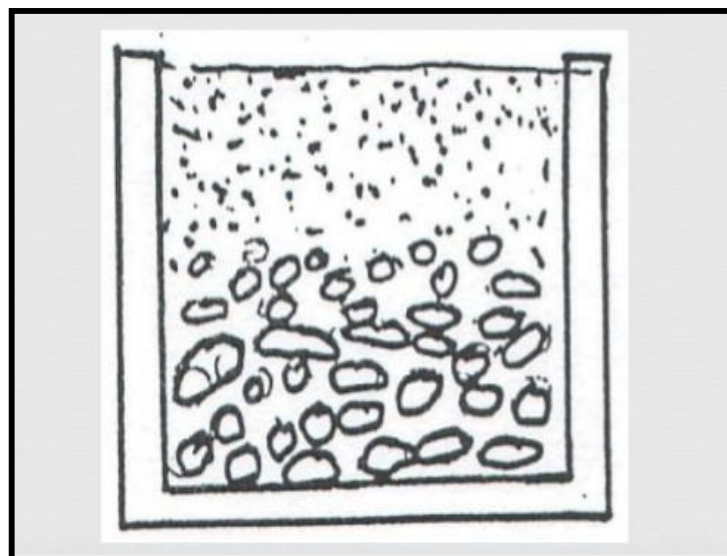
Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta de los agregados finos es solo un 20% menor que la de los gruesos, lo cual sumado a la viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz. Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación.

(Pasquel Carbajal , 1993, pág. 139)

Esta definición es entendible si se considera que el concreto es una mezcla de materiales de diferentes tamaños y gravedades específicas, por lo que se generan al interior de las mismas fuerzas las cuales tienden a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido. El resultado de la acción de estas fuerzas es definido como segregación.

(Rivva López , Naturaleza Y Materiales Del Concreto, 2000, pág. 210)

FIGURA N° 08: Esquema de segregación.



FUENTE: generalidades del concreto – Ing. Carlos Mario Quintana Picon, pág. 31, (2013).



#### 2.2.4.2.4. EXUDACIÓN

La exudación es definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos.

El proceso se inicia momentos después que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continua hasta que se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene máxima consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas.

(Rivva López , Naturaleza Y Materiales Del Concreto, 2000, pág. 211)

La exudación es la propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica.

El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades.

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla n° 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de la mezcla.

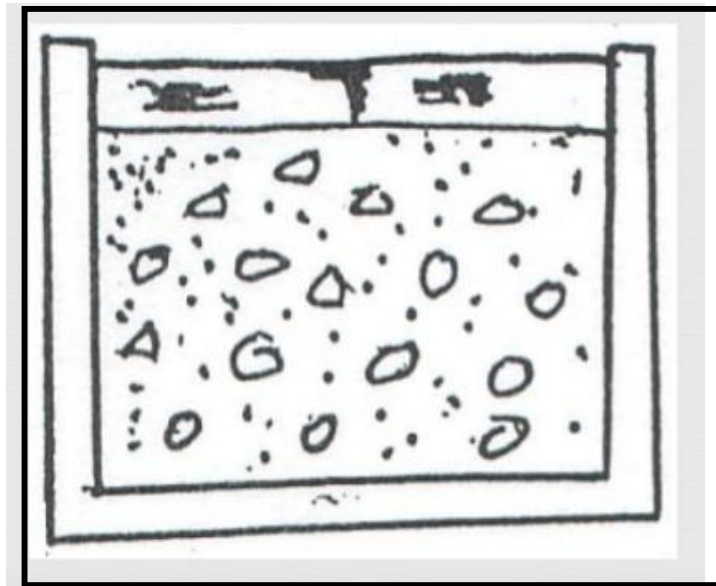
La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudieran tener.

(Pasquel Carbajal , 1993, pág. 141)

Según ( Quintana Picon, 2013), “La exudación puede ser controlada con aditivos inclusores de aire, cementos más finos, y un control de agregado fino.

El Fenómeno de la exudación se presenta en mezclas:

- ✓ De Deficiente contenido de arena
- ✓ De Deficiente contenido de cemento
- ✓ De Excesivo contenido de agua
- ✓ De Excesivo tiempo de vibrado”

**FIGURA N° 09:** Esquema de exudación.

**FUENTE:** generalidades del concreto – Ing. Carlos Mario Quintana Picon, pág. 34, (2013).

#### **2.2.4.2.5. CONTRACCIÓN**

Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia. Es la llamada contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.

Este proceso no es irreversible, ya que, si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida. Esta propiedad se tratará con mucha amplitud al tocar el tema de los cambios volumétricos en el concreto, el tener claro que el concreto de todas maneras se contrae y si no tomamos las medidas adecuadas indefectiblemente se fisura, y en muchos casos esta fisuración es inevitable por lo que sólo resta preveerla y orientarla.

(Pasquel Carbajal , 1993, pág. 142)

#### **2.2.4.3. PROPIEDADES CONCRETO ENDURECIDO**

Esta tesis considera que las propiedades del concreto endurecido se da después del fraguado del concreto, son la elasticidad, resistencia, durabilidad, extensibilidad e impermeabilidad. El concreto bien hecho es un material naturalmente resistente y durable.



#### **2.2.4.3.1. ELASTICIDAD**

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres.

(Pasquel Carbajal , 1993, pág. 142)

El concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo – deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva. Generalmente se conoce como Modulo de Elasticidad a la reacción del esfuerzo a la deformación medida en el punto donde la línea se aparta de la recta y comienza a ser curva.

(Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014, pág. 36)

#### **2.2.4.3.2. RESISTENCIA**

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

La resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.

(Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014, pág. 33)

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de las pastas, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto.

(Pasquel Carbajal , 1993, pág. 143)

#### **2.2.4.3.3. DURABILIDAD**

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural. Por lo tanto, se define como el concreto durable a aquel que pueda resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales él está sometida.

Entre los agentes externos o internos capaces de atentar contra la durabilidad del concreto se encuentran los procesos de congelación y deshielo; los de humedecimiento y secado; los de calentamiento y enfriamiento; la acción de agentes químicos, especialmente cloruros y sulfatos; y la de aditivos descongelantes.

(Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014, pág. 34)

#### **2.2.4.3.4. EXTENSIBILIDAD**

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones.

Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

(Pasquel Carbajal , 1993, pág. 145)

#### **2.2.4.3.5. IMPERMEABILIDAD**

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire (burbujas diminutas) así como un curado adecuado por un tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad.

(Abanto Castillo, 2000, pág. 58)

### 2.2.5. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

Entre los factores que hacen que el concreto un material de construcción universal tenemos:

- a) La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- b) Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- c) Su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua.

Pero el concreto también tiene desventajas como, por ejemplo:

- a) Como frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción, es decir el control de calidad no es tan bueno.
- b) El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción.

Para mejorar esta limitación se utiliza el acero, con su elevada resistencia a tracción. La combinación resultante de ambos materiales, se conoce como concreto armado, posee muchas de las mejores propiedades de cada uno.

(Abanto Castillo, 2000, págs. 11,12)

TABLA N° 02: Usos Y Ventajas Del Concreto

<i>Usos</i>	<i>Ventajas</i>
<p>Se utiliza para construir muchos tipos de estructuras, como autopistas, calles, puentes, túneles, presas, grandes edificios, pistas de aterrizaje, sistemas de riego y canalización, rompeolas, embarcaderos y muelles, aceras, silos o bodegas, factorías, casas e incluso barcos.</p> <p>En la albañilería el concreto es utilizado también en forma de ladrillos o bloques.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resistencia a fuerzas de compresión elevadas.</li><li>• Bajo costo.</li><li>• Larga duración (En condiciones normales, el concreto se fortalece con el paso del tiempo).</li><li>• Puede moldearse de muchas formas.</li><li>• Presenta amplia variedad de texturas y colores.</li></ul>

FUENTE: Manual De Laboratorio De Concreto - (Polanco Rodríguez , pág. 3)

### 2.2.6. ECONOMÍA DEL CONCRETO

La economía en una mezcla de concreto se obtiene encontrando la combinación más apropiada entre los agregados disponibles, agua, cemento y cuando se requiera aditivos, utilizando la mínima cantidad de pasta (menos cemento) por unidad de volumen de concreto y que dé por resultado una mezcla que cumpla con los requisitos de manejabilidad, resistencia y durabilidad necesarias para una estructura determinada.

Variando las proporciones de mezcla y escogiendo los materiales más apropiados, es posible obtener la más económica entre varias que cumplan igualmente con los requisitos de manejabilidad, resistencia y durabilidad necesarios para el tipo de obra en que se utilice.

(Rivera L., pág. 105)

El costo del concreto es la suma del costo de los materiales, de la mano de obra empleada y el equipamiento. Sin embargo, excepto para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipamiento son muy independientes del tipo y calidad del concreto producido. Por lo tanto, **los costos de los materiales son los más importantes y los que se deben tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes.**

Debido a que el cemento es más costoso que los agregados, es claro que minimizar el contenido del cemento en el concreto es el factor más importante para reducir el costo del concreto. En general, esto puede ser hecho del siguiente modo:

- Utilizando el menor slump que permita una adecuada colocación.
- Utilizando el mayor tamaño máximo del agregado
- Utilizando una relación óptima del agregado grueso al agregado fino.
- Y cuando sea necesario utilizando un aditivo conveniente.

Es necesario además señalar que, en adición al costo, hay otros beneficios relacionados con un bajo contenido de cemento. En general, las contradicciones serán reducidas y habrá menor calor de hidratación. Por otra parte, un muy bajo contenido de cemento, disminuirá la resistencia temprana del concreto y la uniformidad del concreto será una consideración crítica.



(Pucllas Quispe, 2017, pág. 1)

La economía del concreto tiene que ver mucho con el diseño de mezcla, la mano de obra, equipos. **La Presente Tesis Solo Analizara El Costo De Materiales** para un metro cubico de concreto para ello es necesario realizar el diseño de mezcla con lo cual se podrá tener las cantidades exactas de materiales a utilizar, como el cemento, agua, agregado grueso, agregado fino, y en algunos casos adicionales de fibras y aditivos.

### 2.2.7. CONCRETO CON FIBRAS

Es un concreto al cual se le han adicionado fibras que pueden ser de: acero, plástico, asbesto, vidrio, nylon, poliéster, polipropileno, polietileno, fique, caña de azúcar, coco, yute, etc. Este concreto con fibras puede ser útil cuando sea necesario absorber una gran energía (por ejemplo, cargas explosivas) o cuando se desea mejorar la resistencia a la tensión; luego es posible mermar el refuerzo por qué parte de la tensión lo absorbe la fibra. En el caso de los pavimentos rígidos, se pueden utilizar espesores de losas menores para las mismas cargas e igual periodo de diseño, la separación de juntas puede ser mayor porque las fibras aumentan la resistencia a la flexión del concreto.

El concreto con fibras proporciona también un buen aislamiento acústico y térmico, buena resistencia al impacto y a la erosión. Algunas fibras, en especial las naturales de origen vegetal, requieren de un tratamiento especial para ser usadas y así no perjudicar las propiedades del concreto.

(Rivera L., pág. 265)

Se pueden agregar materiales fibrosos a una mezcla de concreto para mejorar su resistencia, elasticidad y control de grietas. La longitud de las fibras es pequeña y éstas se pueden describir por la proporción de su aspecto, es decir, la proporción entre su longitud y su diámetro equivalente.

Las fibras deben repartirse de manera uniforme en la mezcla. La orientación de las fibras en el concreto suele ser aleatoria. Cualquiera que sea el tipo, las fibras son eficaces para el control de las grietas porque dan a la matriz de concreto un refuerzo en todas las direcciones.



Las fibras sintéticas se utilizan como refuerzo secundario para control de grietas en piezas planas. Según sea la longitud de la fibra, esta última puede limitar la medida y extensión de las grietas de contracción plástica o las grietas de contracción tanto plásticas como de secado.

Aun cuando las fibras sintéticas no están diseñadas para comunicar propiedades estructurales, las losetas probadas de acuerdo con la norma ASTM E72, "Standard Methods of Conducting Strength Tests of Panels for Building Construction", demostraron que las losetas de prueba reforzadas con fibras sintéticas soportaron mayores cargas uniformes que las losas de tela metálica de alambres soldados.

Otro beneficio de las fibras es que después del agrietamiento inicial, las fibras tienden a mantener junto el concreto.

(Merrit , Loftin, & Ricketts, 1982, pág. 5.23)

#### **2.2.8. LOS COMPONENTES DEL CONCRETO**

La Tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento.

(Pasquel Carbajal , 1993, pág. 13)

**TABLA N° 03:** Proporciones Típicas En Volumen Absoluto De Los Componentes Del Concreto.

<b>AIRE = 1% a 3%</b>
<b>CEMENTO = 7 % a 15%</b>
<b>AGUA = 15% a 22%</b>
<b>AGREGADOS = 60% a 75%</b>

**FUENTE:** Tópicos De Tecnología del Concreto En El Perú - (Pasquel Carbajal , 1993)

### 2.2.9. CEMENTO

El cemento es el componente más activo del concreto y, generalmente, tiene el mayor costo unitario. Por ello, y considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la calidad de sus componentes, la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada.

En el mercado peruano existe variedad de cementos para ser empleados por el usuario y la mayoría de ellos proporcionan adecuados niveles de resistencia y durabilidad en las obras usuales.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 28)

En el sentido más amplio, la palabra cemento indica un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas.

(Sanchez de Guzman, 2001, pág. 27)

#### 2.2.9.1. EL CEMENTO PORTLAND

El cemento portland del concreto es el material de construcción más importante en que se emplea un aglomerante. El conocimiento de los factores que influyen en los componentes del concreto, o sea, el cemento portland y los agregados son esenciales en la producción del concreto y su comportamiento.

(Merrit , Loftin, & Ricketts, 1982, pág. 5.2)



### 2.2.9.2. CLINKER PORTLAND

El Clinker es fabricado mediante un proceso que comienza por combinar una fuente de cal, tal como las calizas, una fuente de sílice y alúmina, como las arcillas, y una fuente de óxido de hierro, tal como el mineral de hierro. Una mezcla adecuadamente dosificada de los materiales crudos es finamente molida y luego calentada a una temperatura suficientemente alta, alrededor de los 1500 C, a fin que se produzcan las reacciones entre los componentes del cemento. El producto obtenido del horno es conocido como Clinker de cemento portland.

El producto obtenido del horno es conocido como Clinker de cemento portland. Después de enfriado, el Clinker es molido con una adición de cerca del 6% de sulfato de calcio (yeso) para formar el cemento portland.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 30)

Los elementos portland se elaboran con la incorporación de una mezcla de materiales calcáreos (piedra caliza) y arcillosos. La materia prima se dosifica con todo cuidado para tener las cantidades correctas de cal, sílice, óxido de aluminio y óxido de hierro. Después de triturarlos para facilitar la calcinación, la materia prima se pasa a un largo horno giratorio, que se mantiene a una temperatura alrededor de 2700°F. La materia prima, durante su calcinación, sufre una reacción química y forma nodos duros, del tamaño de una nuez, de un nuevo material llamado Clinker.

(Merrit , Loftin, & Ricketts, 1982, pág. 5.2)

### 2.2.9.3. TIPOS DE CEMENTO

Los tipos de cementos portland que podemos calificar de standard, ya que su fabricación está formada por requisitos específicos son:

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 36)

**TIPO I:** De uso general, donde no se requieren propiedades especiales.

Se empleará en todos aquellos casos en que no se requieren en el concreto las propiedades especiales especificadas para los otros tipos. Debe cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 Ó NTP 334 039.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 31)





Se usa donde el cemento o concreto no está sujeto a ataques específicos, como los sulfatos del suelo o del agua, o a elevaciones perjudiciales de temperatura, debido al calor generado por la hidratación.

Entre sus usos se incluyen pavimentos y aceras, edificios de concreto reforzado, puentes, estructuras para ferrocarriles, tanques y depósitos, alcantarillas, tuberías para agua, etc.

(Merrit , Loftin, & Ricketts, 1982, pág. 5.3)

**Tipo II:** De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o vaciados masivos.

Se recomienda para construcciones de concreto expuestos a moderado ataque por sulfatos, o en aquellos casos en que se requiere un moderado calor de hidratación. Este cemento tendrá un contenido de aluminato tricálcico (C3A) menor del 8%; menores cambios de volumen menor tendencia a la exudación; mayor resistencia al ataque por sulfatos; y menor generación de calor; así como adecuadas resistencias tanto en las edades iniciales como en las finales. Este cemento debe cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 150 ó de la Norma NTP 334.038.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 31)

**Tipo III:** Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en clima frio o en los casos en que se necesita adelantar la puerta en servicio de las estructuras, o para uso en climas fríos.

**Tipo IV:** De bajo calor de hidratación. Para concreto masivo.

**Tipo V:** Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos.

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 40)

Se recomienda cuando se requiere en el concreto alta resistencia a la acción de los sulfatos; alta resistencia en compresión; o baja generación de calor. Este cemento tendrá un contenido de aluminio tricalcico (C3A) menor del 5%. Deberá cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334.044.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 31)



Los denominados “cementos adicionados” son mezclas de cemento y un material de características puzolánicas molidos en forma conjunta. En el Perú se fabrican los Tipos IP, IPM, IS, Y ISM.

La justificación de la fabricación de los “cementos adicionados” es la necesidad, por una parte, de diluir la presencia del Clinker en el conglomerante, cuyos productos hidrolizados pueden ser atacados según las circunstancias por agentes agresivos diversos, y producir la destrucción del concreto.

Por otra parte, la conveniencia de reducir, con esta dilución, el calor desarrollado en la hidrólisis, que actúa desfavorablemente en la puesta en obra de grandes masas de concreto, elevando su temperatura como consecuencia del bajo grado de conductividad térmica del concreto (entre 0,002 y 0,004 cal/cm/°c) En el enfriamiento se producen contracciones importantes que pueden dar lugar a la formación de fisuras.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 96)

Cuando a los tres primeros tipos de cemento se le adiciona el sufijo A significa que son cementos a los que se les ha añadido incorporadores de aire en su composición, manteniendo las propiedades originales.

- **TIPO IS:** cemento al que se ha añadido entre un 25% a 70% de escoria de altos hornos referido al peso total.
- **TIPO ISM:** Cemento al que se ha añadido menos de 25% de escoria de altos hornos referido al peso total.
- **TIPO IP:** Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre el 15% y 40 % del peso total.
- **TIPO IPM:** cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que hasta del 15% del peso total.

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 40)



#### **2.2.9.4. VENTAJAS DEL CEMENTO PORTLAND**

Dentro de las ventajas de todo orden que pueden derivarse del empleo de estos cementos se encuentran las siguientes:

- Una economía en el costo del conglomerante, mejor trabajabilidad, menor segregación y menor exudación.
- Menor calor de hidratación, fraguado más lento y una consiguiente menor tendencia a la fisuración.
- Mayor valor de la relación tracción/compresión sobre todo a corto plazo.
- Mayor resistencia en general a largo plazo.
- Menor permeabilidad
- Mayor durabilidad en general ataques por sulfatos y reacciones expansivas.

(Sanchez de Guzman, 2001, pág. 51)

#### **2.2.9.5. CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD**

el cemento portland Yura IP, Alta Durabilidad, es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiosamente la emisión de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

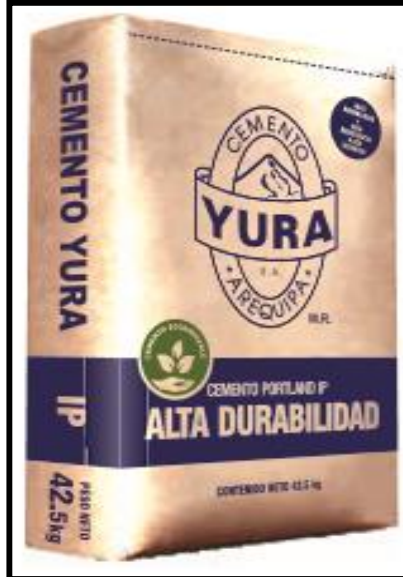
Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el cemento Portland puzolanico YURA IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de alta durabilidad, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, acidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

(Ficha Tecnica Yura, 2014)

FIGURA N° 10: Cemento Yura IP



FUENTE: Ficha técnica de yura, 2014

**Características técnicas:**

TABLA N° 04: Características Técnicas Del Cemento Yura IP.

REQUISITOS QUÍMICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP		Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM C-595	
MgO (%)	1.99		6.00 Máx.	
SO <sub>3</sub> (%)	1.75		4.00 Máx.	
Pérdida por ignición (%)	2.14		5.00 Máx.	

REQUISITOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP		Norma NTP 334.090 ASTM C-595		Comparativo con Norma Tipo I y Tipo V Requisitos Norma Técnica NTP 334.009 / ASTM C 150	
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.85		-		-	
Expansión en autoclave (%)	0		0.80 Máx.		-	
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170		45 Mín.		-	
Fraguado Vicat final (minutos)	270		420 Máx.		-	
Resistencia a la compresión	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa	Cemento Tipo I	
					Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa
1 días	104	10	-	-	-	-
3 días	199	20	133 Mín.	13	122	12
7 días	247	24	204 Mín.	20	194	19
28 días	342	34	255 Mín.	25	-	-
60 días	397	39	-	-	-	-
Resistencia a los sulfatos	Cemento IP				Cemento Tipo V	
% Expansión a los 14 días	0.018		-		0.04 Máx.	

FUENTE: Ficha técnica de yura,2014.

**Normas técnicas:**

El cemento portland puzolánico yura IP - alta durabilidad, cumple con las especificaciones técnicas de los siguientes países:

**TABLA N° 05:** Normas Técnicas Utilizadas Del Cemento.

PAIS	NORMA		DENOMINACIÓN	
Perú	Norma Técnica Peruana	NTP 334.090	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO IP
Chile	Norma Chilena Oficial	NCh 148 Of68	CEMENTO PUZOLÁNICO	GRADO CORRIENTE
USA	Norma Americana	ASTM C595	PORTLAND POZZOLAN CEMENT	TYPE IP
Bolivia	Norma Boliviana	NB-011	CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA	TIPO IP 30
Ecuador	Norma Técnica Ecuatoriana	NTE INEN 490	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO IP
Brasil	Norma Brasileña	NBR 5736	CIMENTO PORTLAND POZOLÁNICO	TIPO CP IV 32
Colombia	Norma Técnica Colombiana	NTC 121 - 321	CEMENTO PORTLAND	TIPO 1

FUENTE: Ficha técnica de yura, 2014.

**2.2.10. AGUA**

Ya hemos visto que el agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

Complementariamente, al evaluar el mecanismo de hidratación del cemento vimos como añadiendo agua adicional mediante el curado se produce hidratación adicional del cemento, luego esta agua debe cumplir también algunas condiciones para poderse emplear en el concreto.

En este capítulo abordaremos ambos aspectos, sin tocar campos especiales como son los efectos de variaciones en la presión de poros, así como las situaciones de temperaturas extremas en el concreto que ocasionan comportamientos singulares del agua.

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 59)

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia, potable.

Está prohibido el empleo de aguas acidas; calcáreas; minerales; carbonatadas; aguas provenientes de minas o relaves; aguas que contengan residuos minerales o industriales;



aguas con contenido de sulfatos mayor de 1%; aguas que contengan algas, materia orgánica, humus, o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o sus derivados.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 254)

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- I. Reaccionar con el cemento para hidratarlo,
- II. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- III. Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla del concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Los efectos más perniciosos que puedan esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencias, contribución a la corrosión del acero, cambios volumétricos, etc.

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 59)

La norma NTP 339 088 considera apta para el amasado y/o curado de concretos y morteros, el agua cuyas propiedades y contenido en sustancias disueltas estén comprendidas dentro de los límites siguientes:

- El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3 Mg/1 (3ppm).
- El contenido de residuo sólido no será mayor de 5 g/1 5,000ppm).
- El pH estará comprendido entre 5,5 y 8.
- El contenido de sulfatos, expresado en ion SO<sub>4</sub> será menor de (600ppm)
- El contenido de cloruros, expresado en ion Cl, será menor de 1 g/11,000ppm).



- El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en NaHCO<sub>3</sub> será mayor de 1 g/l (1,000ppm).

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 254)

### **2.2.11. AGREGADOS:**

Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las 3/4 partes del volumen total, luego la calidad de estos tiene una importancia primordial en el producto final.

La denominación de inertes es relativa, porque si bien no intervienen directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, para producir el aglomerante o pasta de cemento, sus características afectan notablemente el producto resultante, siendo en algunos casos tan importantes como el cemento para el logro de ciertas propiedades particulares de resistencia, conductividad, durabilidad, etc.

Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos y sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto.

La distribución volumétrica de las partículas tiene gran trascendencia en el concreto para obtener una estructura densa y eficiente, así como una trabajabilidad adecuada. Está científicamente demostrado que debe haber un ensamble casi total entre las partículas, de manera que las más pequeñas ocupen los espacios entre las mayores y el conjunto esté unido por la pasta de cemento.

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 69)

Como agregados para el concreto se pueden considerar todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia al grano), no perturban ni afectan las propiedades y características del concreto y garantizan su adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento.

(Sanchez de Guzman, 2001, pág. 65)



Los agregados seleccionados deberán ser procesados, trasportados, manipulados, almacenados y dosificados de manera tal de garantizar que:

- La pérdida de finos sea mínima;
- Se mantendrá la uniformidad del agregado;
- No se producirá contaminación con sustancias extrañas;
- No se producirá rotura o segregación importante en ellos.

(Rivva López, Concreto;Diseño de Mezclas, 1992, pág. 17)

### ➤ **POR SU PROCEDENCIA**

#### - **AGREGADOS NATURALES**

Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción del concreto.

Estos agregados son los de uso más frecuente a nivel mundial y particularmente en nuestro país por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto.

#### - **AGREGADOS ARTIFICIALES**

Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto.

Algunos agregados de este tipo, los constituyen la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la microsílíce, etc. El potencial de uso de estos materiales es muy amplio.

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 70)

### ➤ **POR SU GRADACIÓN**

La gradación es la distribución volumétrica de las partículas en el concreto. Se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y menores de 4.75 mm (Malla Standard ASTM # 4).



Esta clasificación responde además a consideraciones de tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) propenden a separarlos en esta forma con objeto de poder establecer un control más preciso en su procesamiento y empleo.

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 70)

Tenemos dos tipos de agregados por gradación que son los agregados finos y gruesos.

#### ➤ **POR SU DENSIDAD**

Entendiendo densidad como la Gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de los sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con  $G_e=2.5$  a  $2.75$ , ligeros con  $G_e<2.5$  y pesados con  $G_e>2.75$ .

Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso.

(Pasquel Carbajal E. , 1998, pág. 72)

#### **2.2.11.1. AGREGADO GRUESO**

El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial.

(Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 21)

Se define como el agregado grueso al material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la norma 400.037 o ASTM C 33.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 182)

**FIGURA N° 11:** Agregado Grueso.



**FUENTE:** Propio

2.2.11.1.1. GRANULOMETRIA

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la Norma NTP 400.037 o en la Norma ASTM C 33. Es recomendable tener en consideración lo siguiente:

- ✓ La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.
- ✓ La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- ✓ La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla ¼”.

(Especificaciones para Agregados, 2014, pág. 16)

**TABLA N° 06:** Límites Granulométricos Del Agregado Grueso de la NTP 400.037.

Huso	Tamaño Máximo Nominal	Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso														
		Porcentaje que pasa por las Tamices Normalizados														
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	300 mm	
		4 pulg.	3 1/2 pulg.	3 pulg.	2 1/2 pulg.	2 pulg.	1 1/2 pulg.	1 pulg.	3/4 pulg.	1/2 pulg.	3/8 pulg.	N° 4	N° 8	N° 16	N° 50	
1	90 mm a 37,5 mm	3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---	
2	63 mm a 37,5 mm	3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	
3	50 mm a 25,0 mm	2 pulg a 1 pulg	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	
357	50 mm a 4,75 mm	2 pulg a N° 4	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	
4	37,5 mm a 19,0 mm	1 1/2 pulg a 1/4 pulg	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	
467	37,5 mm a 4,75 mm	1 1/2 pulg a N° 4	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	
5	25,0 mm a 9,5 mm	1 pulg. a 1/2 pulg.	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	
56	25,0 mm a 9,5 mm	1 pulg. a 3/8 pulg.	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	
57	25,0 mm a 4,75 mm	1 pulg. a N° 4	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	
6	19,0 mm a 9,5 mm	3/4 pulg. a 3/8 pulg.	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	
67	19,0 mm a 4,75 mm	3/4 pulg a N° 4	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	
7	12,5 mm a 4,75 mm	1/2 pulg a N° 4	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	
8	9,5 mm a 2,36 mm	3/8 pulg. a N° 8	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	9,5 mm a 1,18 mm	3/8 pulg. a N° 16	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	
9	4,75 mm a 1,18 mm	N° 4 a N° 16	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	

FUENTE: (Rivva López, Instituto de la Construcción y Gerencia, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 24)



El agregado grueso estará conformado por fragmentos cuyo perfil será preferentemente angular o semiangular, limpios, duros, compactos, resistentes, de textura preferentemente rugosa, y libres de material escamoso, materia orgánica, partículas blandas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, sales u otras sustancias dañinas.

(Rivva López, Concreto; Diseño de Mezclas, 1992, pág. 22)

Para realizar el ensayo de granulometría de los agregados gruesos podemos seguir los pasos que nos indica la norma técnica peruana 400.012.

#### **2.2.11.1.2. TAMAÑO MÁXIMO**

De acuerdo a la Norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

Granulometrías muy disímiles pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso, Ello debe tenerse presente en la selección del agregado, de su granulometría y las proporciones de la mezcla.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 183)

#### **2.2.11.1.3. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL**

De acuerdo a la Norma NTP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. El tamaño máximo nominal del agregado no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados, o
- Un tercio del peralte de las losas; o
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones, o ductos de presfuerzo.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá disminuir el tamaño del agregado grueso siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido y se obtenga la resistencia especificada.

Las limitaciones anteriores también pueden ser obviadas si, a criterio de la Supervisión, la trabajabilidad y consistencia del concreto y los procedimientos de compactación son tales que el concreto puede ser colocado sin que se formen vacíos o cangrejeras.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 183)

#### 2.2.11.1.4. PARTÍCULAS PERJUDICIALES

Las partículas perjudiciales presentes en el agregado no deberán exceder de los siguientes valores:

**TABLA N° 07:** Porcentaje De Partículas Inconvenientes En El Agregado Grueso

Arcilla.....	0.25%
Partículas Deleznables.....	5,00%
Material mas fino que la malla N° 200.....	1.00%
Carbón y lignito:	
a) Cuando el acabado superficial del concreto es de importancia.....	0,50%
b) Otros concretos.....	1,00%

**FUENTE:** (Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014)

El agregado cuyos límites de partículas superficiales excedan a los indicados, podrá ser aceptado siempre que un concreto, preparado con agregados de la misma fuente, haya cumplido con los requisitos especificados o, en ausencia de un registro de servicios, tenga características satisfactorias cuando es ensayado en el laboratorio.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 184)

#### 2.2.11.2. AGREGADO FINO

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el Tamiz N° 9.4 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 179)

El agregado fino estará compuesto de partículas limpia, de un perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente; libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

(Rivva López, Instituto de la Construcción y Gerencia, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 23)

El agregado podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes, libres de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 180)

FIGURA N° 12: Agregado Fino.



FUENTE: Propio.

**2.2.11.2.1. GRANULOMETRÍA**

En esta tesis el agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Normas NTP 400.037 o ASTM C 33. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la Serie Tyler. Se recomiendan para el agregado los siguientes límites.

TABLA N° 08: Límites Granulométricos Para El Agregado Fino de la NTP 400.037.

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
3/8" (9.50 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.36 mm)	80 a 100
N° 16 (1.18 mm)	50 a 85
N° 30 (600 micrones)	25 a 60
N° 50 (300 micrones)	10 a 30
N° 100 (150 micrones)	2 a 10

FUENTE: NTP 400.037.



En esta tesis para realizar el ensayo de granulometría de agregado fino se utilizará la norma técnica peruana 400.012.

#### **2.2.11.2.2. MODULO DE FINEZA**

Preferentemente el módulo de fineza no deberá ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 debiendo ser mantenido dentro de los límites de más o menos 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla. Si se sobrepasa el valor asumido, por exceso o por defecto, la Supervisión podrá autorizar reajustes en las proporciones de la mezcla o rechazar el agregado, para compensar las variaciones en la granulometría. Estos ajustes no deberán significar reducción en el contenido de cemento.

El agregado fino que no cumple con los requisitos de granulometría y módulo de fineza indicados podrá ser empleado si el Contratista demuestra a la Supervisión que:

- Concretos preparados con agregado fino similar de la misma fuente de abastecimiento tienen un registro de servicios aceptable en construcciones de concreto similares.
- En la ausencia de un registro de servicios aceptable, pueda demostrar que concretos de la clase especificada, preparados con el agregado fino bajo consideración, tienen sus propiedades más importantes por lo menos iguales a las de aquellos concretos preparados con los mismos ingredientes.
- El agregado fino es seleccionado de una fuente que tiene un registro de servicios aceptable en construcciones de concreto similares.

El agregado fino que cumple con los requisitos de granulometría de las especificaciones de otra entidad y que es de empleo general en el área, deberá ser considerado como que tiene un registro de servicios satisfactorios en relación a aquellas propiedades del concreto que pueden ser afectadas por la granulometría del agregado fino.

Adicionalmente, en relación con su granulometría, el agregado fino deberá:

- Contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 a fin de obtener en el concreto adecuada trabajabilidad, ello especialmente en mezclas con pastas pobres.

- Tener un máximo de 350gr/m<sup>3</sup> a 5% de material que pasa la Malla N° 200 No se confundirá los finos del agregado con el limo, la marga u otras impurezas indeseables.
- Emplear un agregado grueso con poco o ningún material en las Mallas N° 4 y N° 8 en aquellos casos en que el agregado fino tiene un porcentaje importante en esas mallas, a fin de evitar un concreto áspero, granuloso y de acabado difícil.
- Evitar emplear, salvo que las circunstancias del entorno obliguen a ello, como en el caso de la selva baja peruana, agregado excesivamente fino.
- Recordar que los límites permisibles para el agregado fino dependen en alguna forma del perfil y características superficiales de las partículas.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 180)

### 2.2.11.2.3. PARTÍCULAS INCONVENIENTES

La cantidad de partículas inconvenientes presentes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites, expresados como porcentaje en peso de la muestra total:

**TABLA N° 09:** Porcentaje De Partículas Inconvenientes En El Agregado Fino.

Lentes de arcilla y partículas desmenuzables .....	3%
Material mas fino que Malla N° 200	
a) Concreto sujeto a abrasión .....	3%
b) Otros concretos .....	5%
Carbón	
a) cuando la apariencia superficial del concreto es importante .....	0.5%
b) Otros concretos .....	1%

**FUENTE:** (Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014)

El agregado no deberá indicar presencia de materia orgánica. No deberá emplearse agregados que en el ensayo de la Norma ASTM C 40 o NTP 400.013 den una coloración mayor del N°1, excepto si:

- ✓ La coloración en el ensayo se debe a la presencia de muy pequeñas cantidades de carbón; lignito o partículas similares, o
- ✓ Realizado el ensayo a que se refiere la Norma ASTM C 87, la resistencia a la compresión a los 7 días, de morteros preparados con dicho agregado, no es menor del 95% de la de morteros similares preparados con otra porción de la misma

muestra de agregado previamente lavada con una solución al 350gr/m<sup>3</sup> de hidróxido de sodio de acuerdo a los requisitos de la Norma NTP 400 013.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 182)

### 2.2.11.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación. Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas.

Es importante para evaluar estos requerimientos el tener claros los conceptos relativos a las siguientes características físicas de los agregados y sus expresiones numéricas:

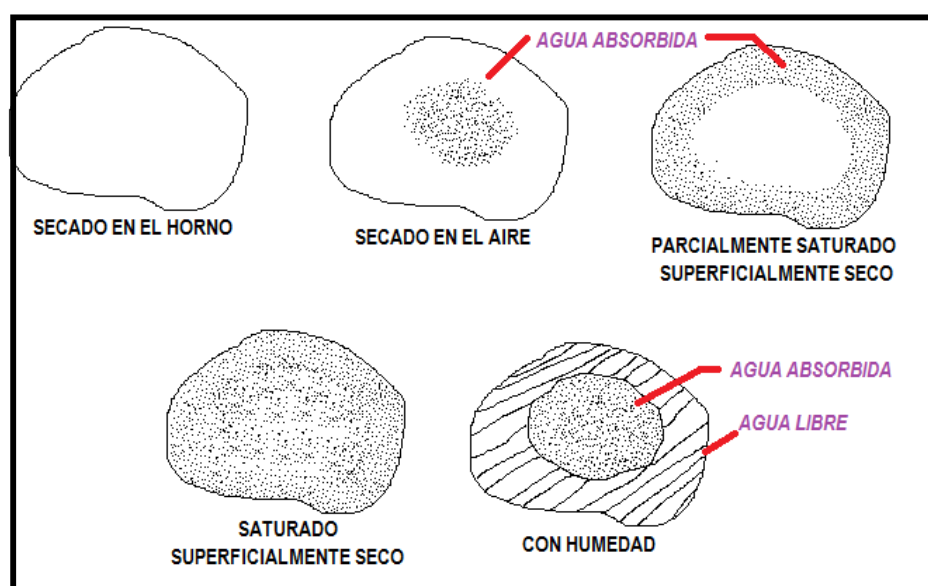
(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 72)

#### 2.2.11.3.1. CONDICIONES DE SATURACIÓN

En la FIGURA N° 13, se han esquematizado las condiciones de saturación de una partícula ideal de agregado, partiendo de la condición seca hasta cuando tiene humedad superficial, pudiéndose asimilar visualmente los conceptos de saturación en sus diferentes etapas, que servirán a lo largo de la investigación.

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 73)

FIGURA N° 13: Estados De Saturación Del Agregado



FUENTE: (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 73)





Los agregados en obra pueden encontrarse en cuanto a humedad se refiere en cuatro condiciones: 1° Totalmente secos, 2° Semisecos (algo de humedad, pero menos que la necesaria para saturarse), 3° Saturados, pero superficialmente secos (condición ideal en que los agregados ni añaden ni quitan agua a la mezcla), 4° húmedos o mojados (conteniendo entre sus partículas más agua que la necesaria para saturarse).

En los cálculos para el proporcionamiento del concreto, se considera al agregado en condiciones de saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial, condición ideal que pocas veces se da en la práctica.

(Abanto Castillo, 1998, pág. 38)

#### **2.2.11.3.2. PESO ESPECÍFICO**

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas.

La (American Society for Testing Materials, 2009); en sus normas ASTM C-127 y ASTM C-128, establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación.

Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Su valor para agregados normales oscila entre 2500 y 2750 kg/m<sup>3</sup>.

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 74)

##### **2.2.11.3.2.1. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO ( $P_{em}$ )**

Según la NTP 400.021 (Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso):

##### PESO ESPECÍFICO DE MASA (PEM)

$$P_{em} = \frac{A}{B - C}$$

FUENTE: NTP 400.021



Dónde:

Pem = Peso específico de masa.

A= Peso de la muestra seca en el aire, gramos.

B=Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos.

C=Peso en el agua de la muestra saturada, gramos.

#### PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (PESSS)

$$PeSSS = \frac{B}{B - C}$$

FUENTE: NTP 400.021

#### PESO ESPECÍFICO APARENTE (PEM)

$$Pea = \frac{A}{A - C}$$

FUENTE: NTP 400.021

#### **2.2.11.3.2.2. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO (Pem)**

Según la NTP 400.022 (Peso Específico y absorción del agregado Fino):

#### PESO ESPECÍFICO DE MASA (PEM)

$$Pem = \frac{A}{B + S - C}$$

FUENTE: NTP 400.022

Dónde:

Pem = Peso específico de masa.

A = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, gramos.

B = Peso del picnómetro con agua, gramos.

C = Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración, en gramos. S = Peso de la muestra saturada y superficialmente seca, gramos.

#### PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (PESSS)

$$PeSSS = \frac{S}{B + S - C}$$

FUENTE: NTP 400.022

PESO ESPECÍFICO APARENTE (PEM)

$$Pea = \frac{A}{B + A - C}$$

FUENTE: NTP 400.022

**2.2.11.3.3. PESO UNITARIO**

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas; está influenciado por la manera en que se acomodan éstas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo.

La (American Society for Testing Materials, 1987), en su norma ASTM C 29, define el método estándar para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en el molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8” en tres capas.

El valor obtenido, es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezcla para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. En este último caso hay que tener en cuenta que estas conversiones asumen que el material en estado natural tiene el peso unitario obtenido en la prueba estándar, lo cual no es cierto por las características de compactación indicadas.

Algunas personas aplican el mismo ensayo, pero sin compactar el agregado para determinar el peso unitario suelto, sin embargo, este valor tampoco es necesariamente el de material en cancha, por lo que se introducen también errores al hacer conversiones de diseños en peso a volumen.

La mejor recomendación para reducir el error aludido, es hacer por lo menos cinco determinaciones de peso unitario suelto en porciones de muestras de agregados que representen varios niveles de las pilas de almacenaje para reflejar las probables variaciones por segregación. El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1500 y 1700 kg/m<sup>3</sup>.

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 75)



Según la NTP 400.017 (Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad “Peso Unitario” y los vacíos en los agregados):

#### PESO UNITARIO DEL AGREGADO (PU)

$$PU = PA / VM$$

FUENTE: NTP 400.017

Donde:

PU= Peso Unitario Del Agregado

PA= Peso De Agregado

VM= Volumen Del Molde

#### **2.2.11.3.4. PORCENTAJE DE VACÍOS**

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

La (American Society for Testing Materials, 1987), en su norma ASTM C-29 Y NTP 400.017, indicada anteriormente establece la fórmula para calcularlo, empleando los valores de peso unitario estándar.

#### PORCENTAJE DE VACIOS (% VACIOS)

$$\% \text{ Vacios} = 100 * \frac{((S * W) - M)}{(S * W)}$$

FUENTE: NTP 400.017

Donde:

S = Peso específico de masa.

W = Densidad del agua.

M = Peso unitario compactado seco.

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 76)



#### 2.2.11.3.5. ABSORCIÓN

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados, pues siempre queda aire atrapado. Tiene importancias pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

Según la (American Society for Testing Materials, 2009), en su norma ASTM C-127 y ASTM C-128, establecen la siguiente fórmula:

#### PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (% ABSORCIÓN)

$$\% \text{ Absorción} = \frac{\text{Peso S.S.S} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}}$$

Donde:

% Absorción = Porcentaje De Absorción

Peso S.S.S = Peso específico de masa saturada con superficie seca

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 76)

#### 2.2.11.3.6. POROSIDAD

Es el volumen de espacios dentro las partículas de agregados. Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas. No hay un método estándar en ASTM para evaluarla, sin embargo, existen varias formas de determinación, por lo general complejas y cuya validez es relativa. Una manera indirecta de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, ya que como hemos indicado en el párrafo indicado, nunca llegan a saturarse completamente todos los poros de las partículas.

Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar entre 0 y 15%, aunque por lo general el rango común es de 1 al 5% en agregados ligeros, se pueden tener porosidades del orden del 15% al 50%.

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 77)

#### 2.2.11.3.7. HUMEDAD

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado. Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas para que se cumplan las hipótesis asumidas.

Según la (American Society for Testing Materials, 1984), en su norma ASTM C-566, la humedad se expresa de la siguiente manera:

#### PORCENTAJE DE HUMEDAD

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 77)

#### 2.2.11.3.8. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

La granulometría está definida como la distribución de los tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados. Se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en dividir una muestra de agregado en fracciones de igual tamaño. La medida de la cuantía de cada una de estas fracciones es lo que se conoce como granulometría.

(Sanchez de Guzman, 2001, pág. 72)

#### 2.2.11.3.9. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

Es la resistencia al desgaste por la acción de unas partículas sobre otras o por agentes externos.

En los agregados para concreto se cuantifica por medio de la resistencia a la abrasión en la Máquina de Los Ángeles, que consta de un cilindro metálico donde se introduce el agregado conjuntamente con 12 esferas de acero de 46.8 mm de diámetro y entre 390 y 445 gr. De peso cada una, con un peso total de 5000 +- 25 gr; haciéndose girar el conjunto un cierto número de revoluciones (100 o 500) que provocan el roce entre partículas, y de las esferas sobre la muestra provocando el desprendimiento superficial de material el cual se mide y expresa en porcentaje.

(Pasquel Carbajal c. , 1993, pág. 79)



Según la NTP 400.019: (Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles.)

#### PORCENTAJE DE DESGASTE

$$\text{DESGASTE (\%)} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

Donde:

DESGASTE (%)= Porcentaje Resistencia A La Abrasión

P1= peso del agregado inicial total

P2= peso final retenido en el tamiz N°10

#### **2.2.12. FIBRAS**

Las fibras se han utilizado para reforzar materiales frágiles. La paja por ejemplo fue usada para reforzar los ladrillos de arcilla cocidos al sol.

El desarrollo moderno del hormigón reforzado con fibras, da comienzos a partir de 1960. Una gran cantidad de fibras y de materiales de refuerzo, fueron introducidos y están siendo incorporados en el mercado mundial.

Los primeros intentos de utilizar fibras sintéticas (nylon, polipropileno) no fueron tan exitosos como los que utilizan vidrio o fibras de acero. Sin embargo, una mejor comprensión de los conceptos del refuerzo con fibra, nuevos métodos de fabricación, y los nuevos tipos de fibras orgánicas han llevado a los investigadores a la conclusión de que las fibras sintéticas y naturales pueden satisfactoriamente reforzar el concreto. Ya en la década del ochenta, el asunto fue tomado por la industria civil, continuando su desarrollo por sus propios medios y con la colaboración de universidades. Siendo estas Fibras de Polipropileno de entre las distintas fibras sintéticas, unas de las que mejor satisfacen técnica y económicamente. Las fibras sintéticas de elevadas prestaciones (elevado módulo de elasticidad, alta resistencia a tracción y poco peso) derivadas de polímeros ligeros como el polietileno, polipropileno, nylon, tienen su aplicación fundamental en el control de la fisuración en morteros y concretos y, en menor medida, en el reforzamiento del concreto.



Es así que una amplia gama de materiales de ingeniería (incluyendo cerámicas, plásticos, cemento y productos de yeso) incorporan fibras para mejorar las propiedades de los compuestos. Las propiedades mejoradas incluyen resistencia a la tracción, fuerza de compresión, el módulo de elasticidad, resistencia al agrietamiento, control de la fisuración, durabilidad, resistencia a la fatiga, resistencia al impacto y a la abrasión, la contracción, expansión, las características térmicas, y resistencia al fuego.

(Louis Lambot, 1867)

### **2.2.12.1. TIPOS DE FIBRAS EN EL CONCRETO**

#### **2.2.12.1.1. MICROFIBRAS**

Son fibras de plástico, polipropileno, polietileno o nylon, que ayudan a reducir la segregación de la mezcla de concreto y previenen la formación de fisuras durante las primeras horas de la colocación del concreto o mientras la mezcla permanece en estado plástico. Los mejores resultados se obtienen con fibras multifilamento, cuyas longitudes oscilan entre los 12 y 75 mm y se dosifican en el concreto entre 0.6 kg/m<sup>3</sup> y 1 kg/m<sup>3</sup>.

La microfibra se utiliza para el control de la fisuración en estado plástico, perdiendo toda utilidad en el estado endurecido del concreto. El diámetro de las microfibras es similar al de un cabello y tienen una longitud de aproximadamente dos centímetros. Para el caso de las fibras estructurales el tamaño es de aproximadamente 5 centímetros de largo, 2 mm de ancho y 0,19 mm de espesor. La fibra estructural ayuda en la fisuración plástica, pero no es su función principal.

(Sánchez Laparade, 2009, pág. 30)

#### **2.2.12.1.2. MACROFIBRAS**

Son de materiales como acero, vidrio, sintéticos o naturales fique y otros, los cuales se usan como refuerzo distribuido en todo el espesor del elemento y orientado en cualquier dirección. Las fibras actúan como la malla electrosoldada y las varillas de refuerzo, incrementando la tenacidad del concreto y agregando al material capacidad de carga posterior al agrietamiento.





Otro beneficio del concreto reforzado con fibras (CRF) es el incremento de resistencia al impacto. Adicionalmente, controlan la fisuración durante la vida útil del elemento y brindan mayor resistencia a la fatiga. Su diámetro oscila entre 0.25 mm y 1.5 mm, con longitudes variables entre 13 mm y 70 mm.

La más importante propiedad del CRF es la tenacidad, descrita como la capacidad de absorción de energía de un material, que se refleja en el concreto una vez se han presentado fisuras, momento en que las fibras trabajan como refuerzo.

(MENDOZA VARGAS , VÁSQUEZ, & VILLA ARCHILA, 2012, pág. 15)

#### **2.2.12.2. FIBRAS SINTÉTICAS**

Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por acrílico, aramid, carbón, polipropileno, poliestileno, nylon, poliéster etc. Investigaciones realizadas en Estados Unidos, Canadá y Australia han comprobado que las fibras sintéticas (polietilenos y polipropilenos densos, entre otras) debidamente diseñadas, pueden usarse exitosamente como alternativa a la tradicional malla electro soldada. En este caso, las fibras sintéticas se clasifican dentro del grupo de las macro fibras, cuyo efecto principal dentro del concreto es asegurar una tenacidad acorde con las necesidades del diseño estructural. Al igual que las fibras metálicas, las macro fibras están diseñadas para mejorar las características mecánicas del concreto y se suministran en longitudes y diámetros distintos.

La proporción de la mezcla depende de la longitud y el diámetro, pero las dosificaciones usualmente empleadas están comprendidas entre 1 y 2% en volumen (9 a 18 kg/m<sup>3</sup>), si bien existen aplicaciones con contenidos mínimos del 0,1%, o máximos del 8%, en volumen. Para establecer con claridad cuáles son los elementos que se trabajarán, es importante configurar las características del concreto y de las fibras.

(MENDOZA VARGAS , VÁSQUEZ, & VILLA ARCHILA, 2012, pág. 16)

### **2.2.12.3. DESARROLLO DE FIBRA EMPLEADA EN LA INVESTIGACIÓN (FIBRA SIKAFIBER® PE MEJORADA).**

Según la ficha técnica de la fibra sintética SikaFiber® PE (Ficha Técnica Sika Perú S.A.C., 2017):

#### **2.2.12.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:**

“SIKAFIBER® PE: Fibra sintética para el refuerzo de concreto.

SikaFiber® PE, es un refuerzo de fibra sintética de alta tenacidad que evita el agrietamiento de concretos y morteros. SikaFiber® PE está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados. Durante la mezcla SikaFiber® PE se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme.

#### **2.2.12.3.2. USOS:**

- ✓ Losas de hormigón (pavimentos, placas, techos).
- ✓ Hormigón y Mortero proyectado (shotcrete).
- ✓ Revestimiento de canales de regadío y/o cisterna.
- ✓ Paneles de fachada.
- ✓ Elementos prefabricados.
- ✓ Morteros de reparación e impermeabilización.

#### **2.2.12.3.3. CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS:**

La adición de SikaFiber® PE sustituye a la armadura destinada a absorber las tensiones que se producen durante el fraguado y endurecimiento del concreto, aportando las siguientes ventajas:

- ✓ Reducción de la fisuración por retracción e impidiendo su propagación.
- ✓ Aumento importante del índice de tenacidad del concreto.
- ✓ Mejora la resistencia al impacto, reduciendo la fragilidad.
- ✓ En mayor cuantía, mejora la resistencia a la tracción y a la compresión.
- ✓ La acción del SikaFiber® PE es de tipo físico y no afecta el proceso de hidratación del cemento.

**2.2.12.3.4. DATOS BÁSICOS DE LA FIBRA SIKAFIBER® PE:**

ASPECTO: Fibra

COLOR: Crema claro

PRESENTACIÓN: Bolsa de 600 g

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL

Un año en un lugar seco y bajo techo, en envases bien cerrados.

**2.2.12.3.5. DATOS TÉCNICOS DE LA FIBRA SIKAFIBER® PE:**

DENSIDAD REAL APROX.	1.17 kg/L
ABSORCIÓN DE AGUA	< 2%
MÓDULO DE ELASTICIDAD	15,000 kg/cm <sup>2</sup>
ALARGAMIENTO DE ROTURA	26%
RESISTENCIA A TRACCIÓN	468 kg/cm <sup>2</sup>

**RESISTENCIA QUÍMICA DE LA FIBRA SIKAFIBER® PE:**

Inerte a los álcalis del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. No se pudre y es resistente a hongos y bacterias.

DURABILIDAD	Indefinida
TRANSICIÓN VÍTREA	310 °C
LONGITUD	20 mm

**NORMA:** A los concretos a los que se agregado SikaFiber® PE cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116.

**PRECAUCIONES:** SikaFiber® PE no sustituye a las armaduras principales y secundarias resultantes del cálculo. La adición de SikaFiber® PE no evita las grietas derivadas de un mal dimensionamiento y aunque ayuda a controlarlo, no evita las grietas producto de un deficiente curado. La adición de SikaFiber® PE es compatible con cualquier otro aditivo de Sika.

**2.2.12.3.6. INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE LA FIBRA SIKAFIBER® PE:**



**MODO DE EMPLEO:** Se agrega, en planta o a pie de obra, directamente a la mezcla de concreto o mortero. Una vez añadido el SikaFiber® PE, basta con prolongar el mezclado al menos 5 minutos. No disolver en el agua de amasado.

**DOSIFICACIÓN:** El SikaFiber® PE se empleará para todo tipo de concretos Hasta  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ , utilizar 600 g de SikaFiber® PE por  $\text{m}^3$  de concreto.

Para concretos de alta resistencia, mayores a  $f'c = 300 \text{ kg/m}^2$ , utilizar 1 kg de SikaFiber® PE por  $\text{m}^3$  de concreto.

Para mezclas de shotcrete, utilizar de 2 a 8 kg de SikaFiber® PE por  $\text{m}^3$  de concreto.

(Ficha Tecnica Sika Perú S.A.C., 2017)

#### **2.2.12.4. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD DE LA FIBRA SIKAFIBER® PE:**

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

**OBSERVACIONES:** La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web.

**NOTAS LEGALES:** La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que, de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 2 la misma que deberá ser destruida”**

(Ficha Tecnica Sika Perú S.A.C., 2017)

FIGURA N° 14: Fibra Sikafiber® Pe Mejorada.



FUENTE: Propia

### 2.2.13. DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente la aplicación técnica y práctica 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 Carbajal c. , 1993, pág. 173)

La selección de las proporciones del concreto, implica un balance entre economía razonable y requerimiento de ciertas características, las cuales están regidas por el uso futuro del concreto y las condiciones esperadas a ser encontradas en el momento de la colocación de la mezcla. Estas son a menudo, pero no siempre expresadas en las especificaciones de trabajo.

(Abanto Castillo, Tecnologia Del Concreto, 2000, pág. 59)

#### 2.2.13.1. CONSIDERACIONES BÁSICAS

Para el diseño de mezcla se debe tener la información requerida de los componentes del concreto como el tipo, marca, peso específico del cemento; En el caso del agua potable no se requiere ninguna información adicional, si empleamos agua no potable se requiere la información del Análisis químico del agua; del agregado grueso y fino se requiere que se tengan los datos del ensayo de granulometría, peso específico, peso unitario, contenido de humedad, resistencia de abrasión.

**2.2.13.2. PASOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA**

- 1) Estudiar cuidadosamente los requisitos indicados en los planos y especificaciones técnicas de obra.
- 2) Seleccionar la resistencia promedio requerida para obtener en obra la resistencia de diseño especificada por el proyectista. En esta etapa se deberá tener en cuenta la desviación estándar y el coeficiente de variación de la compañía constructora, así como el grado de control que se ha de ejercer en obra.
- 3) Seleccionar, en función de las características del elemento estructural y del sistema de colocación del concreto, tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- 4) Elegir la consistencia de la mezcla y expresarla en función del asentamiento de la misma. Teniendo en las características de los elementos estructurales.
- 5) Determinar el volumen de agua de mezclado por unidad de volumen de concreto, consistencia, considerando el tamaño máximo nominal del agregado grueso, la consistencia deseada y la presencia de aire.
- 6) Determinar el porcentaje de aire atrapado o el de aire total.
- 7) Seleccionar la relación agua/cemento requerida para obtener la resistencia deseada en el elemento estructural.
- 8) Seleccionar la relación agua/cemento requerida por condición de durabilidad.
- 9) Seleccionar la menor de las relaciones agua/cemento elegidas por resistencia y durabilidad.
- 10) Determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto, en función del volumen unitario de agua y de la relación agua cemento seleccionada.
- 11) Determinar las proporciones relativas de los agregados fino y grueso. En una unidad cubica de concreto.
- 12) Determinar, empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla.
- 13) Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados fino y grueso.
- 14) Ajustar las proporciones seleccionadas de acuerdo a los resultados de los ensayos de la mezcla realizados en el laboratorio.



15) Ajustar las proporciones finales de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados bajo condiciones de obra.

(Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014, págs. 40,41)

### **2.2.13.3. MÉTODO DEL ACI 211**

El procedimiento para la selección de las proporciones que se presenta es aplicable a concretos de peso normal y a las condiciones que para cada una de las tablas se indican en ellas.

Aunque los mínimos datos básicos y procedimientos pueden ser empleados en el diseño de concretos pesados y concretos ciclópeos, al tratar estos se da la información complementaria.

Es usual que las características de obra establezcan limitaciones a quien tiene la responsabilidad de diseñar la mezcla. Entre dichas limitaciones pueden estar:

- Relación agua/cemento.
- Contenido mínimo de cemento
- Contenido máximo de aire
- Asentamiento.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso
- Resistencia en compresión mínima.
- Requisitos especiales relacionados con la resistencia promedio, el empleo de aditivos, o la utilización de tipos especiales de cemento o agregados.

La estimación de las cantidades de materiales requeridas para preparar una unidad cúbica de concreto implica una secuencia cuyo cumplimiento permite, en función de las características de los materiales, preparar la mezcla adecuada para el trabajo que se va a efectuar.

(Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014)

#### **2.2.13.3.1. SECUENCIA DE DISEÑO**

Independientemente que las características finales del concreto sean indicadas en las especificaciones o dejadas al criterio del profesional responsable del diseño de la mezcla, las cantidades de materiales por metro cubico de concreto pueden ser determinadas,

cuando se emplea el método del comité 211 del ACI, siguiendo la secuencia que a continuación se indica:

### **PASO 1: Selección de la resistencia promedio.**

El concreto debe dosificarse y producirse para lograr una resistencia de diseño  $f'_c$  dada por el calculista. Dada la variabilidad del concreto por la cantidad de parámetros que se involucran en su fabricación, es necesario dosificarlo para una resistencia  $f'_{cr}$  mayor que la  $f'_c$  especificada.

(Gutiérrez de lopez, 2003, págs. 69,70)

### **DESVIACIÓN ESTÁNDAR:**

#### **Método 1**

Si se posee un registro de resultados de ensayos de obras anteriores deberá calcularse la desviación estándar. El registro deberá:

- a) Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar.
- b) Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño  $f'_c$  que este dentro del rango de  $\pm 70 \text{ kg/cm}^2$  de la especificada para el trabajo a iniciar.

Si se posee un registro de 3 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_{prom})^2}{(n - 1)}}$$

Fuente: (Rivva López, 2014)

Dónde:

S = Desviación estándar, en  $\text{kg/cm}^2$

$X_i$  = Resistencia de la probeta de concreto, en  $\text{kg/cm}^2$

$X$  = Resistencia promedio de n probetas, en  $\text{kg/cm}^2$

n = Número de ensayos consecutivos de resistencia

- c) Consistir de por lo menos 30 ensayos consecutivos o dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.



Si se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos consecutivos, la desviación estándar promedio se calculará con la siguiente fórmula:

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(s_1)^2 + (n_2 - 1)(s_2)^2}{(n_1 + n_2 - 2)}}$$

Fuente: (Rivva López, 2014)

Dónde:

s = Desviación estándar promedio en kg/cm<sup>2</sup>.

s<sub>1</sub>, s<sub>2</sub> = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2. Respectivamente en kg/cm<sup>2</sup>.

n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub> = Número de ensayos en cada grupo, respectivamente

(Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014)

## MÉTODO 2

Según (Rivva López, 2014), Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculará la desviación estándar "s" correspondiente a dichos ensayos y se multiplicará por el factor de corrección indicado en la tabla Nro 09, para obtener el nuevo valor de "s". El registro de ensayos a que se hace referencia en este Método deberá cumplir con los requisitos a), b) del método 1 y representar un registro de ensayos consecutivos que comprenda un periodo de no menos de 45 días calendario.

**TABLA N° 10:** Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 ensayos.

MUESTRAS	FACTORES DE CORRECCIÓN
menos de 15	usar la tabla 5.2
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

FUENTE: (Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014)

**CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA**

Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (1) y (2). La ecuación (1) proporciona una probabilidad de 1 en 100 que el promedio de tres ensayos consecutivos estará por debajo de la resistencia especificada  $f'_c$ . La ecuación (2) proporciona una probabilidad de similar de que ensayos individuales estén 35kg/cm<sup>2</sup> por debajo de la resistencia especificada  $f'_c$ .

a) Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el Método 1 o el Método 2, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las formulas siguientes usando la desviación estándar "s" calculada.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.345s \dots\dots\dots (1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.31s - 35 \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

S= Desviación estándar, en kg/cm<sup>2</sup>

b) Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la Tabla nro. 10, para la determinación de la resistencia promedio requerida.

(Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014)

**TABLA N° 11:** Resistencia Promedio A La Compresión Requerida Cuando No Hay Datos Disponibles Para Establecer Una Desviación Estándar De La Muestra.

RESISTENCIA ESPECIFICADA A LA COMPRESIÓN, Kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA A LA COMPRESION, Kg/cm <sup>2</sup>
$f'_c < 210$	$f'_{cr} = f'_c + 70$
$210 < f'_c < 350$	$f'_{cr} = f'_c + 85$
$f'_c > 350$	$f'_{cr} = f'_c + 5.0$

FUENTE: (Reglamento De Edificaciones, 2015, pág. 340)

**Paso 2: Selección de tamaño máximo nominal del agregado.**

La norma NTP 400.037 define al tamaño máximo: es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

La norma NTP 400.037 define al tamaño máximo nominal: es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. Se considera que, en ningún caso, el tamaño máximo nominal del agregado grueso deberá exceder de los siguientes valores.

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

Las limitaciones anteriores pueden ser obviadas si, a criterio de la inspección, la trabajabilidad de la mezcla y los procedimientos de colocación de la misma tienen características tales que el concreto puede ser acomodado en los encofrados sin peligro de cangrejeras o vacíos.

(Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014)

### **Paso 3: Selección del asentamiento (slump).**

La consistencia es aquella propiedad del concreto que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia, las mezclas de concreto se clasifican en:

**TABLA N° 12:** Consistencia y Asentamientos.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
seca	0" (0mm) a 2" (50mm)
plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)
fluida	$> = 5"$ (125mm)

**FUENTE:** (Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014)

El asentamiento a emplearse en obra deberá ser aquel indicado en las especificaciones. Si las especificaciones de obra no indican el asentamiento que debe tener el concreto, se seguirá alguno de los criterios siguientes:

- El concreto se dosificará para una consistencia plástica, con un asentamiento entre tres a cuatro pulgadas (75 mm a 100 mm) si la consolidación es por vibración; y de cinco pulgadas o menos (125 mm o menos) si la compactación es por varillado.
- Se seleccionará el valor más conveniente empleando la siguiente tabla según el ACI 211. Los rangos indicados en esta tabla corresponden a concretos consolidados por vibración. Deberá emplearse mezclas de mayor consistencia compatible con una adecuada colocación.

(Rivva López, Instituto de la Construcción y Gerencia, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 55)

**TABLA N° 13:** Asentamiento Recomendados Para Diversos Tipos De Obras.

<b>ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA DIVERSOS TIPOS DE OBRAS</b>		
<b>TIPO DE ESTRUCTURA</b>	<b>SLUMP MAXIMO</b>	<b>SLUMP MINIMO</b>
ZAPATAS Y MUROS DE CIMENTACION REFORZADOS	3"	1"
CALZADURAS	3"	1"
VIGAS Y MUROS ARMADOS	4"	1"
COLUMNAS	4"	2"
LOSAS Y PAVIMENTOS	3"	1"
CONCRETO CICLOPEO	2"	1"

**FUENTE:** (Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014)

El asentamiento puede incrementarse en 1" si se emplea un método de consolidación diferente a la vibración.

#### **Paso 4: Selección de volumen unitario del agua de diseño.**

La selección del volumen unitario de agua se refiere a la determinación de la cantidad de agua que se debe incorporar a la mezcladora, por unidad cúbica de concreto, para obtener una consistencia determinada cuando el agregado está en estado seco.

No presentándose generalmente el agregado en estado seco, la cantidad de agua seleccionada deberá posteriormente ser corregida en función del porcentaje de absorción y contenido de humedad del agregado.

La TABLA N° 14, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

(Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014, pág. 57)

**TABLA N° 14:** Volumen Unitario De Agua, con aire o sin aire incorporado.

<i>Agua en l/m<sup>3</sup>, para los tamaños máx, Nominales de agregado grueso y consistencia indicada</i>								
SIN AIRE INCORPORADO								
SLUMP	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	170	160	---
CON AIRE INCORPORADO								
SLUMP	TAMAÑO MAXIMO							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

**FUENTE:** (Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014)

Como se observa, la tabla N° 14, no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Debemos hacer presente que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que, dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores.

Al mismo tiempo, podemos usar la tabla N°15, para calcular la cantidad de agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil del mismo. Los valores de la tabla corresponden a mezclas sin aire incorporado y deben ajustados de acuerdo a su porcentaje de absorción y contenido de humedad de los agregados.

(Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 58)

**TABLA N° 15:** Volumen Unitario De Agua, sin aire incorporado y el perfil del agregado.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Contenido de agua en el concreto, expresado en $lt/m^3$ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
		25mm a 50mm (1"-2")		75mm a 100mm (3"-4")		150mm a 175mm (6"-7")	
mm.	Pulg.	Agregado redondeado	Agregado anguloso	Agregado redondeado	Agregado anguloso	Agregado redondeado	Agregado anguloso
9.5	3/8"	185	212	201	227	230	250
12.7	1/2"	182	201	197	216	219	238
19.1	3/4"	170	189	185	204	208	227
25.4	1"	163	182	178	197	197	216
38.1	1 1/2"	155	170	170	185	185	204
50.8	2"	148	163	163	178	178	197
76.2	3"	136	151	151	167	163	182

FUENTE: (Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014)

Obtenidos los valores de cantidad de agua y de aire atrapado para un metro cúbico de concreto procedemos a calcular el volumen que ocupan dentro de la unidad de volumen de concreto:

$$Volumen\ de\ agua(m^3) = \frac{Contenido\ de\ Agua\ De\ Mezclado\ (\frac{ltrs}{m^3})}{Peso\ Especifico\ Del\ Agua\ (1000\ \frac{kg}{m^3})}$$

**Paso 5: Selección de contenido de aire.**

Las burbujas de aire pueden estar presentes en la pasta como resultado de las operaciones propias del proceso de puesta en obra, en cuyo caso se le conoce como aire atrapado o aire natural; o pueden encontrarse en la mezcla debido a que han sido intencionalmente incorporadas a ella, en cuyo caso se les conoce como aire incorporado.

**TABLA N° 16:** Contenido Aire Atrapado.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso. 2	Aire atrapado
3/8 "	3.0 %
1/2 "	2.5 %
3/4 "	2.0 %
1 "	1.5 %
1 1/2 "	1.0 %
2 "	0.5 %
3 "	0.3 %
4 "	0.2 %

FUENTE: (Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014)

**Paso 6: Selección de la relación agua/cemento.**

La relación agua/cemento de diseño, que es el valor a ser seleccionado de la siguiente tabla, se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado está en condición de saturado superficialmente seco, es decir; no toma ni aporta agua. La relación agua/cemento efectivo se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se tienen consideración la condición real de humedad del agregado. Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

(Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014)

**TABLA N° 17:** Relación Agua/Cemento Por Resistencia.

f'cr a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación Agua-Cemento A/C 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: (Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014)

La Norma Técnica de Edificación E.060 prescribe que, si se desea un concreto de baja permeabilidad, o el concreto ha de estar sometido a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la TABLA N° 18.

**TABLA N° 18:** Relación Agua/Cemento Por Durabilidad

CONDICIONES DE EXPOSICION	RELACIÓN AGUA/CEMENTO MÁXIMA.
Concreto de baja permeabilidad:	
a) Expuesto a agua dulce.	0.50
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres.	0.45
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales. (*)	0.45
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda:	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45
b) Otros elementos.	0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45

FUENTE: (Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014)

(\*) La resistencia  $f'c$  no deberá ser menor de 245kg/cm<sup>2</sup> por razones de durabilidad.

### **Paso 7: Determinación del factor cemento.**

Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c. Sin embargo, es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima.

$$\text{Contenido de Cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de Agua De Mezclado (} \frac{\text{ltrs}}{\text{m}^3}\text{)}}{\text{Relacion a/c (Para } f'cr\text{)}}$$
$$\text{Volumen de Cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de Cemento (kg)}}{\text{Peso Especifico (Kg/m}^3\text{)}}$$

(Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014).



**Paso 8: Determinación del contenido de agregado grueso.**

La selección de las proporciones de los agregados fino y grueso en la unidad cúbica de concreto tiene por finalidad obtener una mezcla en la que, con un mínimo contenido de pasta (cemento + agua), se puedan obtener las propiedades deseadas en el concreto.

Se determina el contenido de agregado grueso mediante la Tabla N°19, elaborada por el comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino.

(Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014)

**TABLA N° 19:** Peso Del Agregado Grueso Por Unidad De Volumen Del Concreto.

TAMAÑO MÁXIMO  NOMINAL  DEL AGREGADO	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO PARA DIFERENTES MÓDULOS DE FINURA DEL AGREGADO FINO			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.46	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
1 1/2 "	0.75	0.73	0.71	0.69
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.82	0.80	0.78	0.76
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

FUENTE: (Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014)

Obtenido  $b / b_o$ , procedemos a calcular la cantidad de agregado grueso necesario para un metro cúbico de concreto, de la siguiente manera:

$$\text{Peso seco del A. grueso } \left( \frac{kg}{m^3} \right) = \frac{b}{b_o} \times (\text{Peso unitario compactado del A. grueso})$$

Entonces los volúmenes de los agregados grueso serán:

$$\text{Vol. agregado grueso } (m^3) = \frac{\text{Peso seco del A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}}$$

Peso del agregado grueso.

$$\text{Peso agregado grueso } (kg/m^3) = (\text{Vol. agregado grueso})(\text{Peso específico del agregado grueso})$$

(Rivva López, 2014)

**Paso 9: Determinación de la suma de volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire, y agregado grueso.**

Se hará la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire, agregado grueso, para luego obtener el volumen del agregado fino.

$$\text{Suma De Volúmenes} = (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. Cemento} + \text{Vol agregado grueso})$$

(Rivva López, 2014)

**Paso 10: Determinación del volumen absoluto de agregado fino.**

El volumen absoluto de agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso del agregado fino será igual a su volumen absoluto multiplicado por su peso específico.

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. Cemento} + \text{Vol agregado grueso})$$

(Rivva López, 2014)

**Paso 11: Determinación del peso seco del agregado fino.**

El peso seco del agregado fino se realizará después de obtener el volumen del agregado fino el cual es la multiplicación del volumen por el peso específico.

$$\text{Peso agregado fino (kg/m}^3\text{)} = (\text{Vol. agregado fino})(\text{Peso específico del agregado fino})$$

(Rivva López, 2014)

**Paso 12: Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso.**

Para teniendo todos los datos anteriores se realiza un cuadro resumen de la determinación los valores de diseño, con los pesos kg por metro cubico.

**Paso 13: Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.**

Según (Rivva López, Diseño De Mezclas, 2014), “Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de concreto deben ser corregidos en función de las condiciones

de humedad de los agregados finos y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra. Las cantidades de agregado que deben ser pesadas para preparar el concreto deberán considerar la humedad de aquel. Generalmente en obra los agregados están en condición de humedad y su peso seco deberá incrementarse en el porcentaje de agua que ellos contienen la absorbida como la superficial.

El agua de mezclado incorporada a la mezcladora deberá ser algebraicamente reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal al contenido de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción. Los conceptos de absorción, contenido de humedad y humedad superficial deben ser igualmente definidos:

- a) 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.

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

**FUENTE:** (Rivva López, 2014)

Donde:

% absorción= porcentaje de absorción.

SSS = Peso del agregado al estado saturado superficialmente seco

S = Peso del agregado al estado seco

- b) 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.

$$\text{Contenido de humedad (\% Humedad)} = \frac{100(H - S)}{S}$$

**FUENTE:** (Rivva López, 2014)

Donde:

H = Peso del agregado

S = Peso del agregado al estado seco

El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectado por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación  $a / c$  y la trabajabilidad. Por otro lado, si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportarán algo de agua a la pasta aumentando la relación  $a / c$ , la trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a compresión. Por lo tanto, estos efectos deben ser tomados en cuenta y la mezcla debe ser ajustada tomándolos en cuenta.

Por lo tanto:

$$\begin{array}{l} \text{Agregado Grueso} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \%Wg \\ \% \text{ absorción} = \%ag \end{array} \right\} \\ \text{Agregado Fino} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \%Wf \\ \% \text{ absorción} = \%af \end{array} \right\} \end{array}$$

**FUENTE:** (Rivva López, 2014)

Los pesos húmedos de los agregados fino y grueso serán igual al respectivo peso seco multiplicado por la unidad más el contenido de humedad expresado en forma decimal.”

$$\begin{array}{l} \text{Peso A. grueso húmedo (kg)} = (\text{Peso A. grueso seco}) \cdot \left(1 + \frac{\%Wg}{100}\right) \\ \text{Peso A. fino húmedo (kg)} = (\text{Peso A. fino seco}) \cdot \left(1 + \frac{\%Wf}{100}\right) \end{array}$$

**FUENTE:** (Rivva López, 2014)

### AGUA EFECTIVA:

El agua de absorción no es parte del agua de mezclado, por lo que deberá ser excluida de las correcciones por humedad del agregado, para ello se debe calcular la humedad superficial que será igual al porcentaje de humedad menos el porcentaje de absorción ( $\%Wg - \%ag$ ).

$$\begin{array}{l} \text{Agua en agregado grueso} = (\text{Peso A. grueso seco}) \cdot \left(\frac{\%Wg - \%ag}{100}\right) = X \\ \text{Agua en agregado fino} = (\text{Peso A. fino seco}) \cdot \left(\frac{\%Wf - \%af}{100}\right) = Y \\ \text{Agua efectiva (Lts)} = \text{Agua de diseño} - (X + Y) \end{array}$$

(Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014)

**Paso 14: Determinación de la proporción en peso.**

$$\text{CEMENTO:} \quad \text{AGREGADO FINO:} \quad \text{AGREGADO GRUESO} \quad / \quad \text{AGUA}$$

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A. fino húmedo}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A. grueso húmedo}}{\text{Peso cemento}} / \frac{\text{Agua efectiva}}{\text{Peso cemento}}$$

**CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN****Datos necesarios:**

Peso unitario suelto del cemento.

Pesos unitarios sueltos de los agregados finos y gruesos.

**Volúmenes en estado suelto:**

○ Cemento: 
$$\text{Vol. Cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Cemento (kg)}}{\text{P.U. Cemento (1500Kg/m}^3\text{)}}$$

○ Agregado Fino: 
$$\text{Vol. Fino (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso A. Fino (kg)}}{\text{P.U. Agregado Fino (Kg/m}^3\text{)}}$$

○ Agregado Grueso: 
$$\text{Vol. Grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Cemento (kg)}}{\text{P.U. Agregado Grueso (Kg/m}^3\text{)}}$$

En el caso del agua, éste se calculará en litros por bolsas de cemento (Lts/ Bls), de la siguiente manera:

$$\text{Agua (Lts/Bls)} = \frac{\text{Cantidad de agua por m}^3 \text{ de C}^\circ}{\frac{\text{Peso cemento por m}^3 \text{ de C}^\circ}{\text{Peso cemento por bolsa (42.5)}}}$$

**Proporciones En Volumen**

$$\text{CEMENTO:} \quad \text{AGREGADO FINO:} \quad \text{AGREGADO GRUESO} \quad / \quad \text{AGUA}$$

$$\frac{\text{Vol. cemento}}{\text{Vol. cemento}} : \frac{\text{Vol. A. fino}}{\text{Vol. cemento}} : \frac{\text{Vol. A. grueso}}{\text{Vol. cemento}} / \text{Agua(Lts/Bls)}$$

$$C \quad : \quad F \quad : \quad G \quad / \quad A$$

(Rivva López, Instituto de la Construcción y Gerencia, Diseño de Mezclas, 2014)



#### **2.2.14. ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.**

Para efectuar la elaboración de los especímenes de concreto en muestras de briquetas y viguetas, se tiene en consideración la norma NTP 339.033-2009.

El vaciado de los especímenes se debe elaborar sobre una superficie plana, nivelada y rígida, libre de vibraciones y otras alteraciones, en un lugar cerca como sea posible a la localización de los ambientes donde serán almacenados para el curado.

(Norma ASTM C 31)

##### **2.2.14.1. ESPECÍMENES CILÍNDRICOS (BRIQUETAS)**

La manera tradicional y práctica de evaluar la resistencia y uniformidad del concreto en las diversas estructuras, consiste en moldear briquetas con el concreto empleado en obra, que luego son llevadas a rotura en una prensa, bajo cargas de compresión.

Los resultados de ensayo muestran la dispersión del concreto debido a la heterogeneidad de sus constituyentes y a las condiciones propias de los procesos de mezcla, transporte y colocación. Además, a esta natural variación debe agregarse la posible segregación de la muestra y las diferencias producidas en las operaciones de moldeo, curado y ensayo. Para obtener una resistencia representativa, la Norma Técnica Peruana determina los procedimientos a seguir en cada etapa de la preparación de las briquetas; y el Reglamento Nacional de Construcciones señala el tamaño y número de la muestra de ensayo.

Conviene efectuar correctamente el proceso de muestreo, preparación y curado de probetas para evitar resultados erróneos de resistencia, que pueden llevar al cuestionamiento de la calidad del concreto, la posible paralización de la obra y un dilatado proceso de evaluación. El costo de la buena preparación de probetas es una mínima fracción del costo del concreto, pero su importancia es decisiva.

(Capeco, 2002, pág. 449)

Las probetas de concreto deben de ser de altura el doble del diámetro ( $h=2d$ ) donde  $h$ : altura,  $d$ : diámetro, Eso nos especifica la NTP. los moldes de los cilindros más estándares es de 15cm de diámetro y 30cm de altura. Los moldes que se utilizó en esta tesis fue 10cm de diámetro y 20cm de altura, la cual cumple con la norma de que debe ser  $h=2d$ .

FIGURA N° 15: Especímenes Cilíndricos.



FUENTE: Propia

Debemos determinar el método de consolidación de la siguiente tabla, a menos que se especifique otro método.

TABLA N° 20: Método De Consolidación.

Asentamiento, mm	Método de Consolidación
$\geq 25$	Apisonado o vibración
$< 25$	vibración

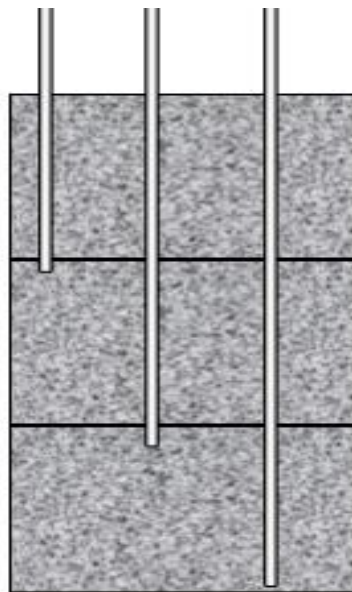
FUENTE: NTP 339.033, 2009.

En este caso usamos el método de apisonado, se coloca el concreto en el molde en el número requerido de capas de aproximadamente igual volumen. Apisonar cada capa con el extremo semiesférico de la barra compactadora, aplicando el número requerido de golpes.

En la primera capa la barra debe penetrar hasta el fondo de la capa a través de su altura. Distribuir uniformemente los golpes de la barra sobre la sección transversal del molde. Para cada capa superior, la barra debe penetrar toda la capa a través de su altura, de manera que la barra penetre hasta la capa precedente aproximadamente 25 mm. Después de consolidar cada capa, se procederá con el martillo a golpear ligeramente las paredes del molde unas 10 a 15 veces, con el fin de eliminar los vacíos y burbujas de aire que puedan haber quedado atrapadas.

Después de golpear los lados del molde, se acomoda el concreto de cada capa, a lo largo de los lados del molde cilíndrico y extremo del molde viga, con un badilejo o herramienta adecuada.

**FIGURA N° 16:** Proceso De Apisonado.



**FUENTE:** control de calidad de concreto “DINO”.

Mientras se coloca el concreto en el molde, se mueve la cuchara alrededor del perímetro del molde para asegurar una distribución del concreto con la mínima segregación. Cada capa de concreto debe ser consolidada conforme se requiere en la siguiente tabla.

**TABLA N° 21:** Número De Capas Por Tamaño De Especímenes.

Tipo de espécimen y Tamaño	Número de capas de igual altura	Número de golpes por capa
cilindro: diámetro, mm		
100	2	25
150	3	25
225	4	50

**FUENTE:** NTP 339.033, 2009.

Al colocar la capa final, se debe adicionar una cantidad de concreto de manera de enrasar a tope con el borde superior del molde después de la consolidación.

Después de la consolidación de la última capa, dar el acabado a la superficie superior, utilizando la barra compactadora para enrasar, cuando la consistencia del concreto lo permita o, con una paleta de mano o badilejo. Si se desea se refrenta, la superficie superior





del cilindro de concreto fresco con una fina capa de pasta de cemento que se endurece y cura con el espécimen.

NTP 339.033, 2009.

#### **2.2.14.2. ESPECÍMENES VIGA (VIGUETA)**

Los especímenes para determinar la resistencia a la flexión deben ser vigas de concreto vaciadas y fraguadas en posición horizontal. La longitud debe ser por lo menos 50 mm mayor que tres veces la altura del testigo. La relación entre el ancho a la altura de molde no debe exceder 1,5.

La viga normal debe ser de 150 mm por 150 mm de sección transversal, y debe ser usada para concreto con agregado grueso de tamaño nominal máximo hasta de 50 mm.

(Catálogo Especializado de Normas Técnicas Peruanas, Indecopi, 2010).

Para el proceso de consolidado hacemos referencia a la TABLA N° 20: Método De Consolidación. Al realizar la consolidación por el método del apisonado, además se debe usar una varilla circular recta de acero liso y que tenga su extremo de compactación, o ambos, terminados en punta semiesférica del mismo diámetro de la varilla.

Determinar el número de golpe por capa, uno cada 14 cm<sup>2</sup> del área de la superficie superior de la viga. Usando una pala o cuchara, colocar el concreto en el molde a la altura requerida en cada capa. Colocar el concreto de tal forma que se distribuya uniformemente en cada capa, con la mínima segregación. Cada capa se debe consolidar conforme se requiere. Al colocar la capa final, se debe adicionar una cantidad de concreto de manera que el molde quede sobrellenado, después de la consolidación.

Después de la consolidación del concreto, se utiliza una paleta de mano para enrasar la superficie superior y producir una superficie plana y lisa dentro de las tolerancias requeridas.

**FIGURA N° 17:** Especímenes De Vigueta.FUENTE: **Propio.****2.2.15. MUESTREO.**

La muestra de concreto se colocará en una vasija impermeable y no absorbente, de tamaño tal que sea posible el mezclado antes de llenar los moldes. No deben transcurrir más de 15 minutos entre las operaciones de muestreo y moldeo del concreto.

Se deben preparar dos probetas de ensayo de cada muestra para evaluar la resistencia a la compresión determinada edad; por el promedio. Sin embargo, por una mayor precisión es recomendable moldear tres probetas.

Generalmente la resistencia del concreto se evalúa a las edades de 7 y 28 días.

(Capeco, 2002, pág. 450)

**2.2.16. CURADO.**

Después de desmoldar las probetas cilíndricas se colocan en la cámara de curado, en recipientes conteniendo una solución saturada de agua de cal, a temperatura de  $23^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$ .

La saturación se puede obtener incorporando tentativamente 2grm de cal hidratada por litro de agua. El agua utilizada será potable y limpia, no se encontrará en movimiento y cubrirá por completo todas las caras de la probeta.

Eventualmente será permitido el curado de la probeta en ambientes de 95% a 100% de Humedad relativa a temperaturas de  $23^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$ . Los valores de la temperatura y humedad serán observados y registrados durante el periodo de curado, para evaluar el proceso. Se recomienda el empleo de termómetros de máxima y mínima. Cuando no se cumplen los términos del curado húmedo, se reduce la resistencia. Una reducción de siete días podrá afectar en un 10% la resistencia, aun en climas suaves.

(Capeco, 2002, pág. 450)

Las muestras prismáticas rectangulares se deben curar de la misma forma que los cilindros. Debe evitarse el secado de las superficies de los prismas rectangulares durante el lapso que se tiene entre el retiro del almacenamiento en agua y el término del ensayo.

**FIGURA N° 18:** Curado De Especímenes.



FUENTE: Propio.

### **CURADO INICIAL**

Después del moldeo y del acabado, las probetas deben almacenarse durante un periodo de hasta 48 horas, en un rango de temperatura entre 60 y 80 °F (16 a 27 °C) y en un ambiente húmedo para prevenir cualquier pérdida de humedad. Para las mezclas de concreto con una resistencia especificada de 6000 psi (40 MPa) o más, la temperatura inicial de curado debe encontrarse entre 68 y 78 °F (20 y 26 °C). Se pueden emplear diversos procedimientos para mantener las condiciones de humedad y temperatura.



La temperatura de almacenamiento debe ser controlada mediante aparatos de refrigeración o calefactores si fuera necesario. Anote la temperatura, usando un termómetro de máximas y mínimas. Si los moldes son de cartón, proteja la superficie externa de manera que no quede en contacto con la arpillera húmeda u otras fuentes de agua. (Civilgeeks., 2010)

#### **CURADO FINAL:**

Al finalizar el curado inicial y dentro de los 30 minutos siguientes a la remoción de los moldes, las probetas deben curarse manteniendo agua libre en las superficies del cilindro, durante todo el tiempo, a una temperatura de  $73 \pm 3$  °F ( $23 \pm 2$  °C) usando el agua almacenada en los estanques o cuartos húmedos, que cumplan con los requisitos de la Especificación C 511, excepto cuando se dé acabado con mortero de azufre e inmediatamente antes del ensayo.

Cuando se dé acabado con un compuesto de mortero de azufre, los extremos del cilindro deben estar lo suficientemente secos para evitar la formación de bolsas de vapor o espuma de más de 1/4 pulg (6 mm) bajo o en el acabado, como lo describe la Práctica C 617. Durante un periodo que no exceda de 3 horas inmediatamente antes del ensayo, no se requiere de una temperatura estándar de curado, siempre que se mantenga la humedad libre en los cilindros y la temperatura ambiente se encuentre entre 68 y 86 °F (20 y 30 °C).

(Civilgeeks., 2010)

#### **2.2.17. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

La resistencia del concreto está definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

(Rivva López, Concreto;Diseño de Mezclas, 1992)

FIGURA N° 19: Ensayo De Resistencia A La Compresión.



FUENTE: Propia

**OBJETO:**

La verificación del cumplimiento de los requisitos para  $f'c$ , se basará en los resultados de probetas de concreto preparadas y ensayadas de acuerdo a las Normas. Se considera como un ensayo de resistencia, al promedio de los resultados de dos probetas cilíndricas preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días de moldeadas las probetas.

(Vásquez Bustamante, 2015, pág. 340)

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

NTP 400.002:1968	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. Terminología y definiciones.
NTP 339.034:1999	CONCRETO. Método de Ensayo a la Compresión de probetas de concreto.
ASTM C39:2015	CONCRETO. Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto

**RESUMEN DEL MÉTODO:**

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra.

El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

El esfuerzo a la compresión del espécimen es calculado dividiendo la máxima carga obtenida durante el ensayo por el área de la carga axial del espécimen.

Los resultados a la compresión obtenidos pueden depender de la forma y el tamaño del espécimen, la pasta del cemento, los procedimientos de la mezcla, los métodos de muestreo, fabricación, la edad y las condiciones de humedad durante le curado.

(American Society for Testing Materials, 2008, pág. 17)

**APARATOS Y MUESTRAS:**

La máquina de ensayo es de cualquiera de los tipos de uso corriente, de suficiente capacidad y capaz de mantener una velocidad de carga continua y uniforme.

Deberá tener espacio suficiente para colocar la probeta de ensayo con comodidad, así como los dispositivos de calibración.

Los moldes deben cumplir con las dimensiones y tolerancias especificadas en el método para los especímenes que requieran.

Los moldes deben mantener sus dimensiones y forma bajo todas las condiciones de uso.

Los moldes reusables deben ser ligeramente recubiertos con aceite mineral o un material desengrasante no reactivo adecuado, antes de su uso.

(American Society for Testing Materials, 2008, pág. 17)

- Las probetas de ensayo deben cumplir en cuanto a dimensiones, preparación y curado con las normas NTP.339.033 y NTP.339.034, según se trate de probetas de obra o de laboratorio.
- Las probetas se ensayan inmediatamente después de ser retiradas del agua o de la cámara de curado. En caso que debe transcurrir cierto tiempo entre el curado y el ensayo, se mantienen húmedas, cubriéndolas con paños y lienzos humedecidos, hasta el momento del ensayo. El ensayo se realiza con la probeta en estado húmedo.

(INDECOPI, 2010)

**MEDICIONES:**

El diámetro de la probeta se determina, mediante un calibrador micrométrico, con la aproximación de 0.1 mm promediando las longitudes de dos diámetros normales medidos en la zona central de la probeta. La altura de la probeta, incluyendo las capas de terminado se miden con aproximación al milímetro.

**COLOCACIÓN DE LA PROBETA:**

Antes de iniciar cada ensayo, se limpian cuidadosamente las superficies planas de contacto de los bloques superior e inferior de la máquina y también ambas bases de cada probeta. Se coloca la probeta sobre el bloque inferior de apoyo y se centra sobre la superficie del mismo, tratando que la probeta quede centrada con el bloque superior.

(INDECOPI, 2010)

**EXPRESIÓN DE RESULTADOS:**

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula mediante la siguiente fórmula:

Para el cálculo del área estará dado de la siguiente manera:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

La fuerza a la compresión estará dada por:

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

Donde:

F'c = Resistencia a la compresión

F = Carga axial

A = Área de la cara de contacto de la briqueta

D = Diámetro de la briqueta Se muestra los resultados de la calidad de diseño a la compresión de las briquetas patrón a las edades de 7 y 28 días.

Si la relación altura/diámetro (L/D) de la probeta es menor de 1.75, corregir el resultado obtenido multiplicando por el correspondiente factor de corrección:

L / D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

(INDECOPI, 2010)

### 2.2.18. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO.

La resistencia a la flexión del concreto es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (hormigón). Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto en una sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C293 (cargada en el punto medio).

(American Society for Testing, 2012, pág. 254)

**FIGURA N° 20:** Ensayo A Flexión.



FUENTE: Propia

### VIGAS:

Se llama viga con soporte simple o viga sencilla. Tiene soportes cerca de sus extremos que solo la restringen contra movimiento vertical. Los extremos de la viga están libres para girar. Cuando las cargas tienen una componente horizontal o cuando el cambio en la longitud de la viga debido a la temperatura puede ser importante, los soportes también